

**Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России)  
Отделение нанотехнологий и информационных технологий  
Российской академии наук  
Министерство транспорта Российской Федерации  
ОАО «Российские железные дороги»  
Институт проблем транспорта  
им. Н.С. Соломенко Российской академии наук**

**ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ  
КОГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ  
СИСТЕМ**

**30-31 МАЯ 2018 ГОДА**

**Материалы  
Всероссийской  
научно–практической конференции**

Санкт-Петербург – 2018

Настоящий сборник составлен по материалам Всероссийской научно-практической конференции «ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ», проводимой в Санкт-Петербурге на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

Полные тексты статей в открытом доступе размещены в Научной электронной библиотеке **Elibrary.ru** и зарегистрированы в наукометрической базе **РИНЦ** в соответствии с Договором № SIO-7225/2017 от 10 октября 2017 г.

*Под редакцией Малыгина Игоря Геннадьевича  
доктора технических наук, профессора,  
директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко  
Российской академии наук*

С65 Технологии построения когнитивных транспортных систем. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 30-31 мая 2018 г. СПб.: ИПТ РАН. – Санкт-Петербург. 2018. 278 с.

ISBN 978-5-9908209-1-3

ББК 39

© ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2018  
© Коллектив авторов, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Малыгин И.Г., Комашинский В.И.</b><br>ВВЕДЕНИЕ В КОГНИТИВНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ.....  | 6   |
| <b>Малыгин И.Г.</b><br>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СВЕТОФОРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ ИХ<br>В МЕГАПОЛИСАХ.....  | 15  |
| <b>Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Шаталова Н.В., Асаул А.Н.</b><br>КОГНИТИВНАЯ ЭКОНОМИКА И ТРАНСПОРТ .....  | 21  |
| <b>Королев О.А., Саид Моджиб Абдулхаким Саиф, Сорокин К.Н., Блонский Ю.П.</b><br>РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ КОГНИТИВНЫХ<br>САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ.....   | 30  |
| <b>Селиверстов Я.А. Сильников М.В</b><br>УЧЕТ МОДЕЛЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В КО-<br>ГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ.....  | 37  |
| <b>Зайцев Е.Н., Пашкевич А.Г., Тецлав И.А., Шайдуров И.Г.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ<br>ПОТОКАМИ ПАССАЖИРОВ В АЭРОВОКЗАЛАХ .....  | 42  |
| <b>Маринов Марин Любенов</b><br>КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ЧЕЛОВЕКА – ВОЗМОЖНОСТИ И<br>ПЕРСПЕКТИВЫ.....  | 47  |
| <b>Шукина М.А., Крайнюков С.В.</b><br>ВОЗМОЖНОСТИ ПСИХОСЕМАНТИКИ В ОЦЕНКЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ<br>(НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА).....  | 53  |
| <b>Кокурин И.М.</b><br>РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО<br>ПОДХОДА.....  | 58  |
| <b>Гладких А.А., Волков А.К, Сулимов Ю.В.</b><br>АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ КОГНИТИВНЫХ СИСТЕМ АВИАЦИОННОЙ БЕЗ-<br>ОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ... ..                                    | 63  |
| <b>Пономарев К.Ю.</b><br>ЦВЕТОГРАФИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ<br>РАЦИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИСПЕТЧЕРА ПО УПРАВЛЕНИЮ ВОЗДУШНЫМ<br>ДВИЖЕНИЕМ.....  | 68  |
| <b>Гладких А.А., Волков А.К</b><br>ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ<br>ДОСМОТРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА<br>ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ.....  | 72  |
| <b>Марихин С.В., Пяткова Н.В.</b><br>КОГНИТИВНАЯ НАГРУЗКА ПРИ ПОДГОТОВКЕ АВИАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА.....   | 77  |
| <b>Дрещинский В. А.</b><br>ИНТЕГРАЦИЯ КОГНИТИВНОЙ И АФФЕКТИВНОЙ ПОДСИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗ-<br>ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....  | 83  |
| <b>Дерябин В.В.</b><br>НЕЙРОКОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ<br>СЧИСЛИМОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СУДНА.....  | 87  |
| <b>Каминский В.Ю., Скороходов Д.А, Королев О.А.</b><br>ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ БОРЬБЕ ЗА<br>ЖИВУЧЕСТЬ СУДНА.....   | 93  |
| <b>Круглеевский В.Н., Маринов Марин Любенов, Васьков В.Т.</b><br>ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ОПЕРАТОРА ПРИ<br>УПРАВЛЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ.....   | 99  |
| <b>Круглеевский В.Н., Маринов Марин Любенов, Вислогузов В.В.</b><br>АНАЛИЗ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ<br>СИГНАЛИЗАЦИИ.....  | 107 |
| <b>Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Артемьев И.А.</b><br>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА<br>КРУИЗНЫМИ СУДАМИ И АВТОТРАНСПОРТОМ В РАЙОНЕ ПАССАЖИРСКОГО ПОРТА<br>«МОРСКОЙ ФАСАД САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»..... | 111 |
| <b>Фахми Ш.С., Крюкова М.С., Шваров Н.Н., Еид Муса Мухамед</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА И АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ<br>ПОЖАРОВ.....   | 115 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Селиверстов С. А. Кураков А.В.</b><br>О ПРИМЕНЕНИИ РЕЛЯЦИОННОГО РЕГУЛЯТОРА СОГЛАСОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ<br>КОГНИТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ .....                                  | 124 |
| <b>Михалев О.А., Комиссаров С.А., Сыса Е.Т., Ткачев Д.Ф., Сорокин К.Н.</b><br>ВОЕННАЯ КОГНИТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СИ-<br>СТЕМА И ВОЕННЫЙ ТРАНСПОРТ.....                   | 130 |
| <b>Таранцев А.А., Комашинский В.И., Маринов Марин Любенов, Потапенко В.В.</b><br>О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ИСКУССТВЕННЫМИ<br>НЕЙРОНАМИ.....                              | 136 |
| <b>Лукомская О.Ю.</b><br>КОГНИТИВНЫЕ НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ<br>ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ.....  | 141 |
| <b>Далингер Я.М.</b><br>ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНОСНОГО ПРОГРАММНОГО<br>ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ<br>РЕГИОНАЛЬНОГО АЭРОПОРТА.....                                 | 147 |
| <b>Завальнюк С.И., Рыбицкий В.А.</b><br>КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ<br>МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ.....   | 152 |
| <b>Завальнюк С.И., Мардас Д.А.</b><br>ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ (КОНСТРУКТИВНЫХ)<br>РЕШЕНИЙ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВНЕКЛАССНЫХ И БОЛЬШИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ<br>МОСТОВ .....              | 157 |
| <b>Мураьев И.С., Коваленко Г.В., Муксимова Р.Р.</b><br>СОДЕРЖАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОПЕРАТОРА В ПРОЦЕССЕ<br>УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОМ ПРИ ЗАХОДЕ НА ПОСАДКУ С САМОПОДБОРОМ С<br>ВОЗДУХА..... | 163 |
| <b>Гальшев Ю.В., Добрецов Р.Ю., Увакина Д.В.</b><br>ОСОБЕННОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТРАНСМИССИИ БЕСПИЛОТНОГО ТРАКТОРА 6-8<br>ТЯГОВОГО КЛАССА .....   | 168 |
| <b>Цыганов В.В., Савушкин С.А.</b><br>ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ УСЛУГИ .....   | 173 |
| <b>Цыганов В.В., Савушкин С.А.</b><br>ВОПРОСЫ ОБОСНОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАТАЛОГА ТРАНСПОРТНЫХ<br>УСЛУГ .....   | 178 |
| <b>Цыганов В.В., Савушкин С.А., Лемешкова А.В.</b><br>СХЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАТАЛОГА УСЛУГ .....   | 181 |
| <b>Савушкин С.А.</b><br>СОСТАВ И СТРУКТУРА КАТАЛОГА ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ<br>ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ .....   | 186 |
| <b>Бобрин П.П.</b><br>КОГНИТИВНЫЕ ОБОБЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ .....  | 190 |
| <b>Крылов Ю.Е., Каминский В.Ю.</b><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОРОДНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ .....   | 193 |
| <b>Палкина Е.С.</b><br>КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА<br>ТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ .....   | 198 |
| <b>Башмакова Е.П.</b><br>ОПОРНЫЕ ЗОНЫ КАК ОСНОВА ТРАНСПОРТНОЙ СВЯЗАННОСТИ РОССИЙСКОЙ<br>АРКТИКИ .....  | 203 |
| <b>Ульченко М.В.</b><br>ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ .....  | 210 |

## СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

|   |     |
|---|-----|
| <b>Селиверстов Я.А., Чигур В.И.</b><br>«ТЕХТ MINING» В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ .....   | 214 |
| <b>Кушпиль И.В.</b><br>ДИСПЕТЧЕРСКИЕ ЦЕНТРЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ – КОГНИТИВНЫЕ БАЗИСЫ<br>ОАО «РЖД». ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ .....   | 217 |
| <b>Кушпиль И.В.</b><br>ПОРЯДОК ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЕЗДНОГО ДИСПЕТЧЕРА С ЛОКОМОТИВНОЙ<br>БРИГАДОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ<br>НА МАЛОДЕЯТЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ОАО «РЖД» ..... | 221 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Иголкин Г.В.</b><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В<br>МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ .....   | 224 |
| <b>Борисов А.Н., Борисова М.А.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В<br>ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ .....  | 228 |
| <b>Фахми Ш.С., Крюкова М.С., Алексеенко Я.В., Альмахрук Мухиб Мухамед</b><br>МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ....                                 | 231 |
| <b>Фахми Ш.С., Крюкова М.С., Алексеенко Я.В., Салем Али</b><br>ВИДЕОСИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЧС РОССИИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ<br>УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ .....                    | 236 |
| <b>Сергеева Н.Г.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В<br>ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ .....  | 243 |
| <b>Тарабаев А.А., Азеев О.Н., Егорова А.Ф.</b><br>КОГНИТИВНЫЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ: ЭВОЛЮЦИОННОЕ ВИДЕНИЕ .....  | 249 |
| <b>Тарабаев А.А., Азеев О.Н., Егорова А.Ф.</b><br>КОГНИТИВНЫЙ ИНТЕРНЕТ. ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ .....  | 253 |
| <b>Парфенов А.С.</b><br>КОГНИТИВНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ .....   | 259 |
| <b>Парфенов А.С.</b><br>КОГНИТИВНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ .....  | 262 |
| <b>Добрецов Р.Ю., Увакина Д.В.</b><br>О ПЕРСПЕКТИВАХ УЧАСТИЯ ВУЗОВ В СОЗДАНИИ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ И<br>ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН .....                              | 266 |
| <b>Селиверстов Я.А., Гергель Г.Ю., Селиверстов С.А.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СОЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ<br>НАСЕЛЕНИЯ В КОГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ ..... | 271 |
| <b>Лавская К.К.</b><br>АНАЛИЗ РОЛИ ОБУЧЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА КАК ФАКТОРА<br>РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....                                   | 275 |

## ВВЕДЕНИЕ В КОГНИТИВНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

*Малыгин Игорь Геннадьевич – доктор технических наук, профессор, директор  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, malygin\_com@mail.ru*

*Комашинский Владимир Ильич – доктор технических наук, заместитель директо-  
ра по научной работе*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, kama54@rambler.ru*

*Аннотация. В статье рассмотрены актуальные направления дальнейшей интеллектуализации транспортных систем и сетей, а также особенности архитектурного построения когнитивных транспортных инфраструктур.*

*Ключевые слова: когнитивная транспортная система, когнитивная информационно-телекоммуникационная система, интеллектуальный транспорт, интеллектуальная транспортная магистраль, сети сенсоров, сети исполнительных устройств.*

## INTRODUCTION TO COGNITIVE TRANSPORT SYSTEMS

*Malygin Igor' – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, malygin\_com@mail.ru*

*Komashinsky Vladimir – Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Research of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kama54@rambler.ru*

*Abstract. In the article current directions of further intellectualization of transport systems and networks, as well as features of architectural construction of cognitive transport infrastructures are considered.*

*Keywords: cognitive transport system, cognitive information-telecommunication system, intellectual transport, intellectual transport highway, sensor networks, networks of executive devices.*

Особенностью наступающей постинформационной эпохи является усиление акцента общества на технологии получения новых знаний и разработки способов их применения посредством специальных технических систем, получивших название искусственных **когнитивных технических систем**. Применительно к транспортной сфере эти технологии находят применение в рамках создания автономных (в т.ч. когнитивных) транспортных средств (рис.1) и соответствующей (совместимой) им транспортной инфраструктуры.

Траектория автономизации транспорта и транспортной инфраструктуры включает ряд этапов, в течение которых происходит постепенное повышение их интеллектуальности (рис. 2), начиная от роли помощника водителя до полностью автономных транспортных средств и поддерживающих их интеллектуальной транспортной инфраструктуры.

Под **интеллектуальной транспортной инфраструктурой** понимается все, что обеспечивает их жизненный цикл (рис. 3), включая производственные подсистемы, сетевой маркетинг, специальное оборудование автодорог и сервисные подсистемы.

Ожидается, что полностью безопасные и надежные автономные автомобили будут без ограничений использоваться уже через 10-15 лет (рис. 4).

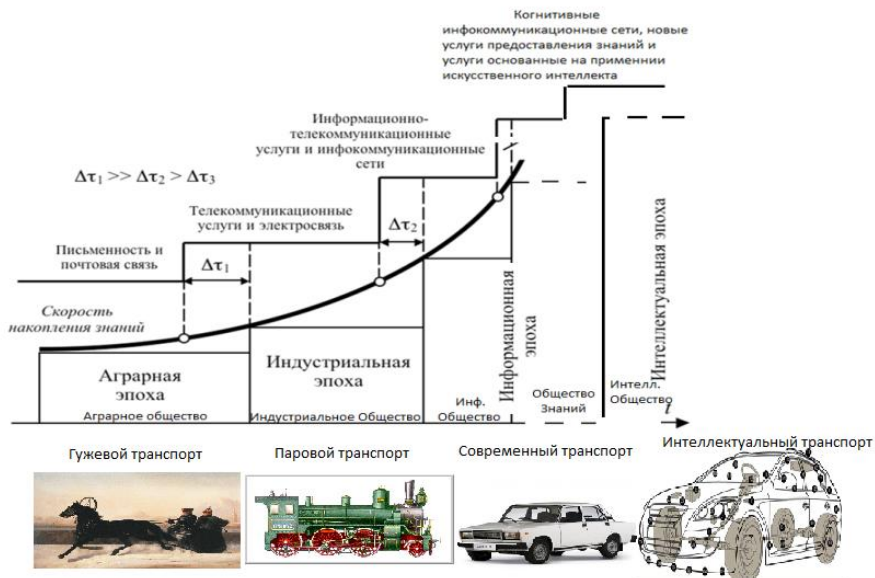


Рисунок 1 – Козволюция информационных технологий и транспорта



Рисунок 2 – Траектория автономизации транспорта

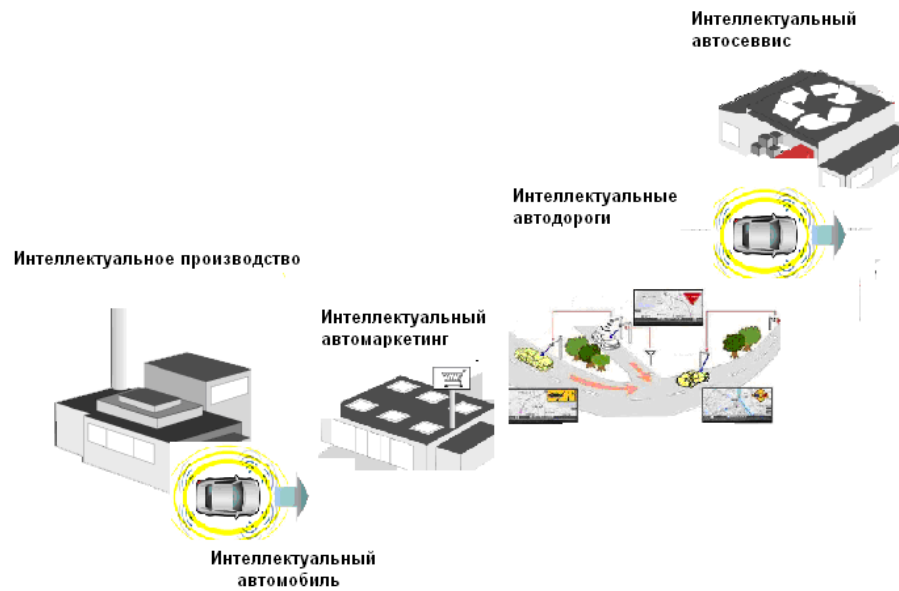


Рисунок 3 – Составные части интеллектуальной транспортной инфраструктуры

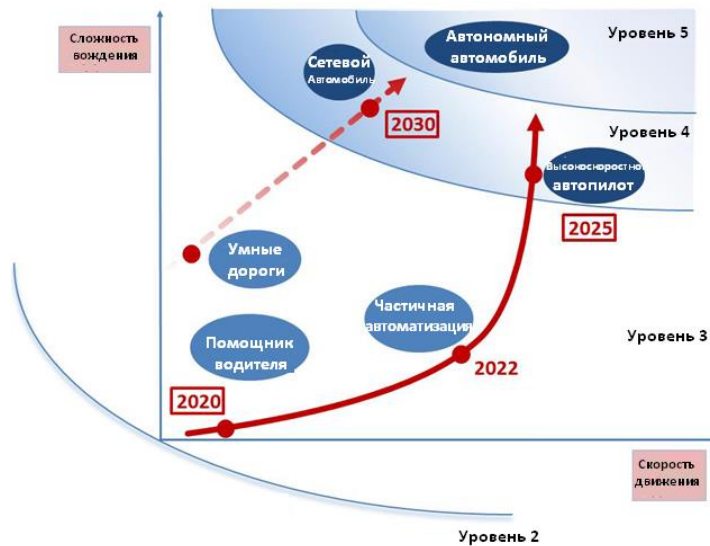


Рисунок 4 – Интеллектуальный транспорт и время

Вместе с тем, современное понятие автономных автомобилей (автономных транспортных средств) не является полностью определенным, продолжаются дальнейшие исследования, направленные на повышение степени интеллектуализации автомобилей (от рефлексивных до когнитивных).

В настоящее время для когнитивных систем есть несколько определений:

**Когнитивная система** может быть определена как система, которая способна познавать свое окружение и адаптироваться к нему или изменять его за счет накопленных в процессе функционирования знаний и приобретенных навыков [1,2].

**Искусственные когнитивные системы.** Развитие искусственного интеллекта привело к формированию нового подхода, который предполагает создание искусственных интеллектуальных обучаемых систем на основе раскрытых в последнее время нейрофизиологических принципов построения нервной системы и когнитивных методов познавательной и мыслительной деятельности человека [3-5].

Теоретические основы искусственных когнитивных систем составляют когнитивные методы, которые объединяют методы познания, т.е. восприятия и накопления информации, а также мышления, т.е. использования этой информации при «рассудительном» решении задач. В основе этих методов лежат понятия когнитивных функций, отношений и процессов (рис. 5).

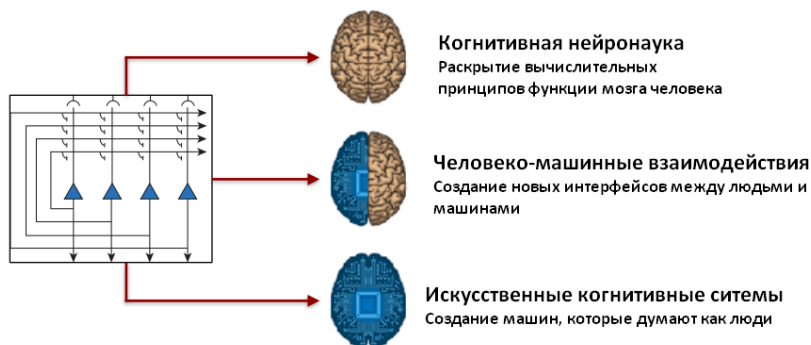


Рисунок 5 – Истоки искусственных когнитивных систем

Человеческий организм (мозг, нервная система и тело) является одним из лучших примеров когнитивной системы в природе.

В инженерном смысле техническая система может быть названа когнитивной, если она имеет память, обладает способностью ощущать, учиться у окружающей среды, общаться



с окружающей средой, извлекать выгоду из коллективного интеллекта, может адаптироваться в течение определенного периода времени и поддерживает обратную связь.

Одним из ключевых понятий как природных, так и искусственных когнитивных систем, является понятие когнитивного цикла (рис. 6 - рис. 8), который в природе может включать как простейшие врожденные и приобретенные рефлексы (рис. 6), так и сложные психологические процессы, основанные на них (рис. 7).

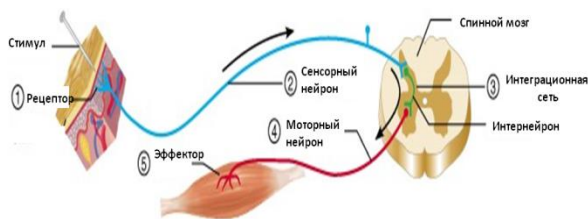


Рисунок 6 – Малый когнитивный цикл

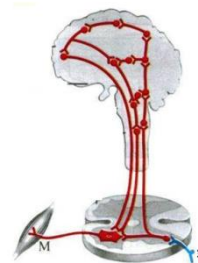


Рисунок 7 – Большой когнитивный цикл

Процесс изучения природных когнитивных процессов и перенос их в искусственную область (область искусственных когнитивных систем) является ключом к созданию перспективных когнитивных транспортных систем (КТС).

В последнее время происходит формирование и уточнение понятия «когнитивное транспортное средство» (рис. 8). В частности, когнитивные автомобили в настоящее время рассматриваются [4-6] как перспективный вид городских транспортных средств. Когнитивный автомобиль подразумевает применение искусственного интеллекта не в изолированной форме, которая включает только внутреннюю функциональность, но также и в контексте группы, которая будет включать соседние транспортные средства и интеллектуальную транспортную систему (ИТС). Когнитивный автомобиль будет способен самонастраиваться на оптимальную работу (с точки зрения безопасности, экономичности, трафика и экологичности), контролировать себя и другие окружающие его автомобили, а также характер и условия движения. Ключевыми особенностями когнитивного автомобиля являются коммуникация, интеллект, информация и восприятие окружающего его пространства.

В настоящее время имеется несколько научных направлений, которые вызывают пристальный интерес у исследователей когнитивных транспортных систем [1]:

- 1) искусственный когнитивный процесс управления автомобилем;
- 2) взаимодействие автомобиля с внешней транспортной средой;
- 3) автономное управление транспортной системой в целом;
- 4) сетевая инфраструктура, поддерживающая когнитивные транспортные процессы.

**Первое направление** (рис.8) исследований включает в себя «идентификацию» когнитивного процесса вождения автомобиля (необходимые когнитивные задачи и компетенции), которые могут быть переданы компонентам технологической системы [1].

**Второе направление** исследований включает: создание, внедрение и применение интеллектуальных интерфейсов для взаимодействия между водителем, транспортным средством и разнородной окружающей средой на конечном пространственно-временном интервале движения (рис. 9).

**Третье направление** исследований предполагает создание основанной на знаниях автономной системы управления транспортом (городским, национальным или международным) в целом (рис.10).

**Когнитивный цикл транспортного средства** (рис. 11) начинаются с сетей датчиков, охватывающих его различные активные и пассивные элементы, и оканчиваются исполнительными устройствами, оказывающими управляющие воздействия на основные активные элементы транспортного средства.

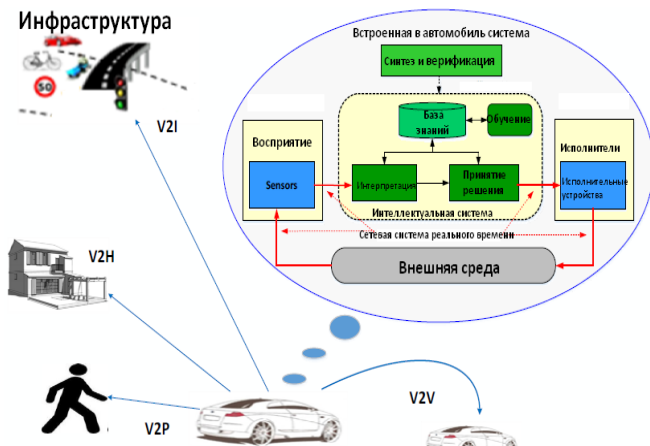


Рисунок 8 – Вождение автомобиля как когнитивный процесс

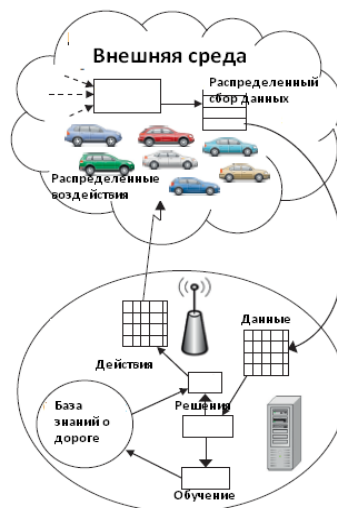


Рисунок 9 – Основанное на знаниях управление транспортными средствами на конечном пространственно-временном интервале движения

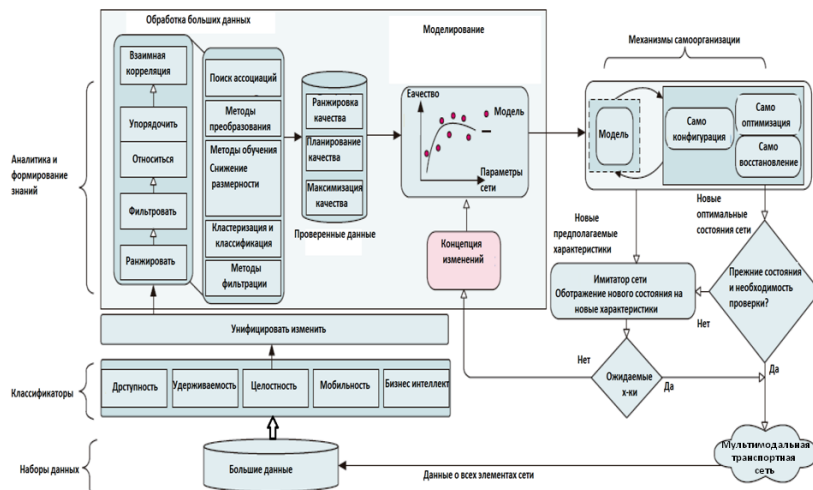


Рисунок 10 – Автономное управление автотранспортной системой в целом

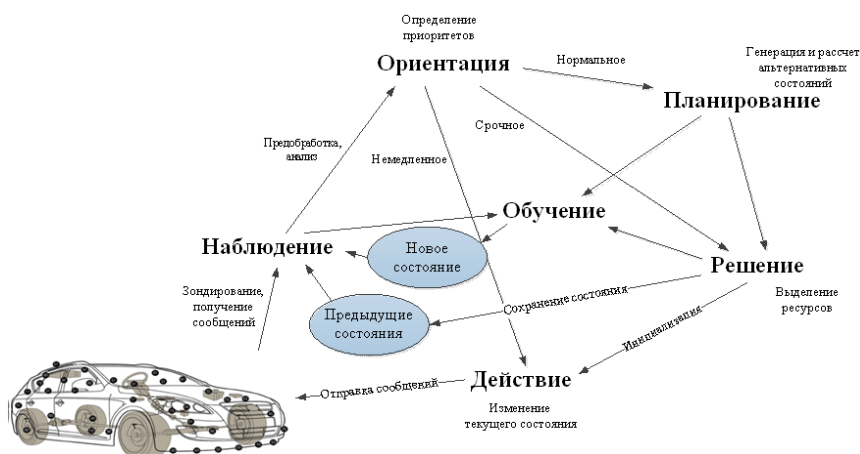


Рисунок 11 – Когнитивный цикл автономного автомобиля

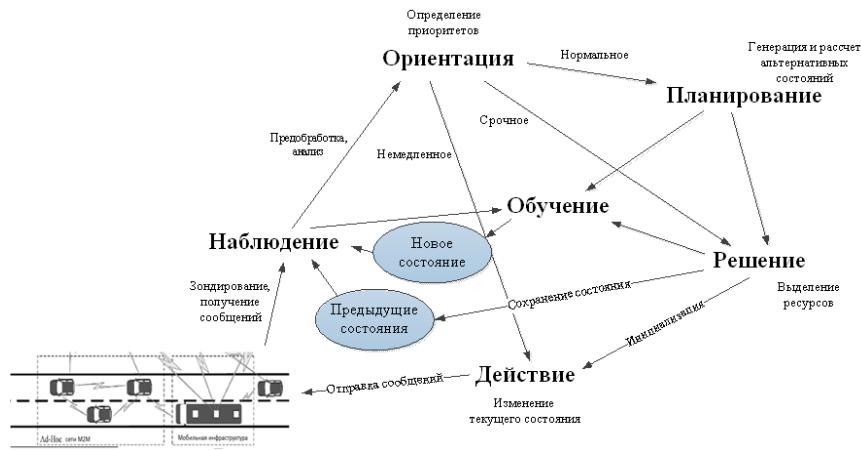


Рисунок 12 – Когнитивный цикл управления группой транспортных средств на конечном пространственно-временном интервале движения

Когнитивный цикл управления транспортными средствами на конечном пространственно-временном интервале движения начинается с сетей датчиков, охватывающих основные активные (светофоры, шлагбаумы, управляемые дорожные видеокамеры и т.д.) и пассивные (дорожные знаки, элементы разметки, дорожное покрытие и т.д.) элементы, и оканчиваются на исполнительных устройствах, оказывающих управляющее воздействие на активные элементы участка дороги.

Когнитивный цикл автономного управления городской транспортной системой представлен на рис. 13. и включает все ее инфраструктурные элементы (автомобили, светофоры, остановки и т.д. и т.п.) разной степени интеллектуальности. При более тщательном рассмотрении в когнитивном цикле автономного управления городской транспортной системой могут быть выделены подциклы, охватывающие отдельно каждое транспортные средство и все городские участки дороги (как показано на рис. 11 и 13).



Рисунок 13 – Когнитивный цикл автономного управления городской транспортной системой

Таким образом, когнитивная транспортная система представляет собой когнитивную иерархию (рис. 14.), в которой взаимодействие между уровнями осуществляется на основе обмена данными и знаниями (в отличие от традиционной системы управления, здесь отсутствуют команды обязательные для исполнения).

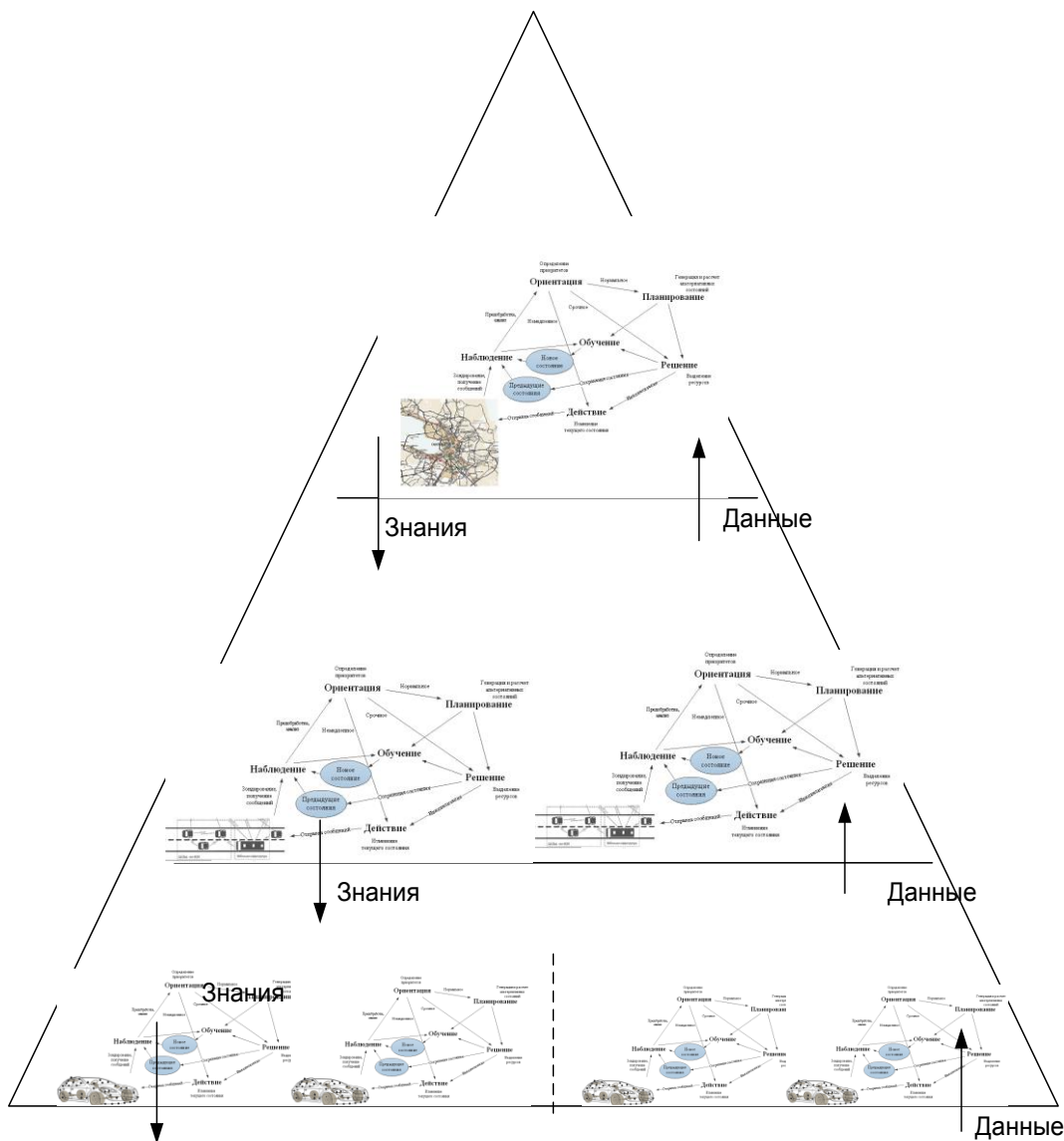


Рисунок 14 – Когнитивная иерархия управления транспортом

**Четвертое направление исследований** направлено на создание информационно-телекоммуникационной системы обеспечивающей поддержку когнитивных транспортных процессов (рис. 15).

Информационно-телекоммуникационная система обеспечивающая поддержку когнитивных транспортных процессов может быть декомпозирована на ряд слоев:

- *сенсорный слой* имеет прямые интерфейсы с физической средой, в которых сенсоры воспринимают окружающую среду, обрабатывая поступающие сигналы стимулов и сигналов обратной связи, при этом исполнительные механизмы имеют возможность управлять сенсорными полями;

- *слой данных* анализирует данные поступившие от сенсоров и организует их к виду удобному для передачи на информационный слой;

- *информационный слой* осуществляет семантическую обработку организованных данных и формирует информацию в виде (в контексте) необходимом для получения из них знаний;

- *слой знаний* осуществляет контекстную обработку информации и формирует знания, необходимые для принятия решений.

**Слой когнитивных прикладных процессов**, в котором решаются задачи:

- *принятия решений* (для этого используются данные, семантика и знания, абстрагированные от нижнего уровня, чтобы позволить нескольким или даже массивным интерак-

тивным агентам рассуждать, планировать и выбирать наиболее подходящие действия, используя двойные функции для поддержки услуг для человеческих или социальных сетей и стимулирования действий или адаптации к физической среде);

- реализации решений (для этого осуществляется планирование и управление действиями исполнительных устройств осуществляющих перевод физических объектов в требуемое состояние);

- оценки результативности каждого шага когнитивного цикла.

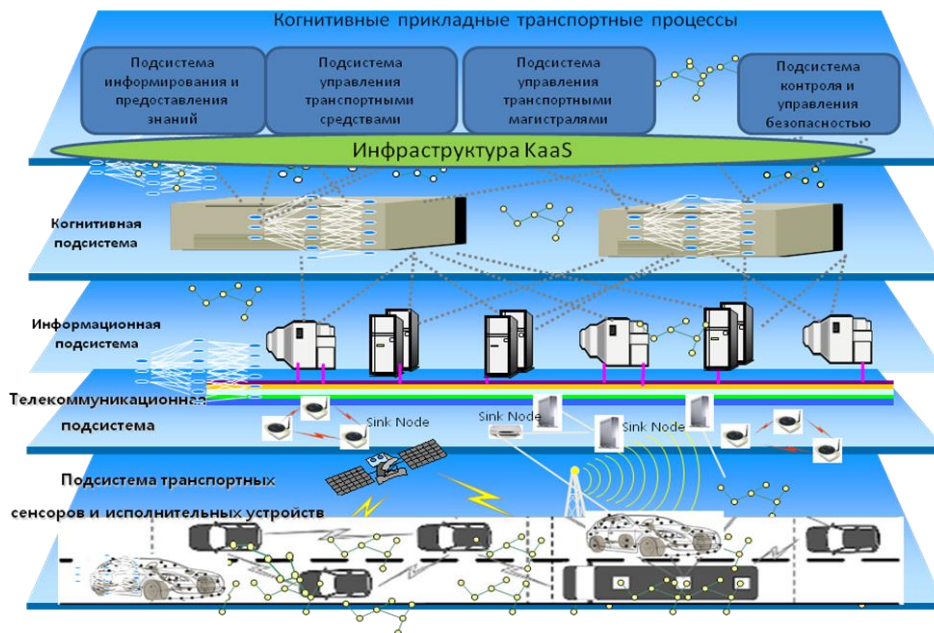


Рисунок 15 – Сети управления когнитивной транспортной системы

Важной особенностью информационно-телекоммуникационной системы обеспечивающей поддержку когнитивных транспортных процессов является архитектура ее оконечных устройств (рис. 16), встраиваемых в различные элементы транспортной инфраструктуры.

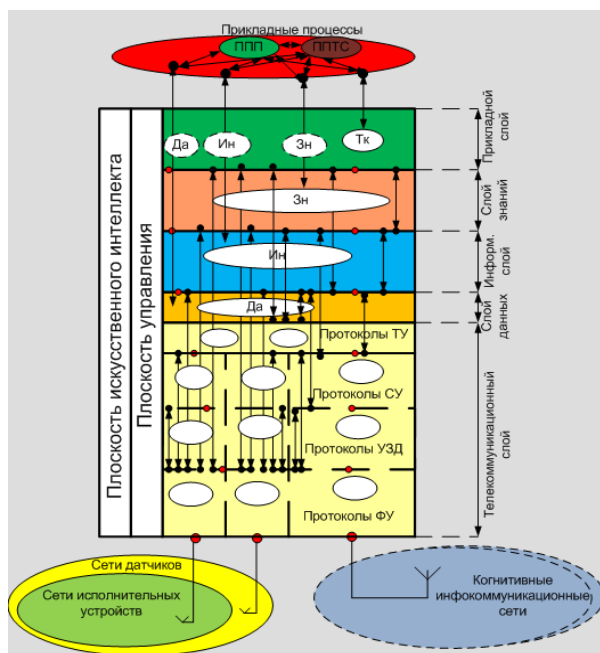


Рисунок 16 – Архитектура оконечных устройств когнитивной транспортно системы

На подобное устройство могут возлагаться как функции когнитивного помощника водителя [4,5] так и средства автономного управления транспортным средством [7].

Обычно вождение включает в себя четыре подзадачи: долгосрочные планы, мгновенные стимулы, принятие решений и действия [7]. В настоящее время основное внимание уделяется:

1. Моделированию ситуаций «стимул-реакция» и анализ физиологических и психологических ответов водителя на экологические стимулы.
2. Изучению физиологического и психологического статуса водителя и объяснению поведения водителя физиологическими и психологическими способами.
3. Анализу решений водителя и распознавания реакций для оценки рациональности поведения водителя.

Основными направлениями дальнейших исследований могут быть:

1. Вопросы построения когнитивного (самообучающегося) автомобиля, поведение которого не зависит от настроек, заданных на производстве, когнитивный автомобиль будет иметь возможность самообучаться и обмениваться знаниями с другими автономными автомобилями.
2. Вопросы построения самоорганизующихся автономных мультимодальных транспортные систем.
3. Вопросы построения автономной транспортной экологии (обладающей функциями самонаблюдения, самопрогнозирования и самовосстановления).
4. Вопросы построения когнитивной транспортной телемедицины.

#### *Список литературы*

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Катцын Д.В. Некоторые проблемы построения когнитивных транспортных систем и сетей // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2015». С.-Петербург, 24-25 ноября, 2015 г. СПб: ИПТ РАН. 2015. Т. 1. С. 3–8.
2. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Афонин П.Н. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей // Электронный научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 68– 73.
3. Комашинский В.И., Комашинский Д.В. Когнитивная метафора в развитии телекоммуникационных и промышленных сетевых инфраструктур, или первые шаги к постинформационной эпохе // Журнал «Технологии и средства связи». 2015. № 1. С. 62– 67.
4. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й промышленной революции (проблемы и перспективы) // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2017». С.-Петербург, 14-15 ноября, 2017 г. СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 13–20.
5. Малыгин И.Г., Шаталова Н.В., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Михалев О.А. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й промышленной революции (проблемы и перспективы) // Информация и Космос. 2018. № 1. С. 6–13.
6. Andrea Heide, Klaus Henning, The “Cognitive Car”: A roadmap for research issues in the automotive sector, RWTH Aachen University, Elsevier, 2006.
7. Jorge Moreno, Micah Ortuzar, Juan Dixon, Energy-Management System for a Hybrid Electric Vehicle, Using Ultracapacitors and Neural Networks, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2006.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СВЕТОФОРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ ИХ В МЕГАПОЛИСАХ

*Малыгин Игорь Геннадьевич* – доктор технических наук, профессор, директор  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, malygin\_com@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ существующих и перспективных интеллектуальных светофорных комплексов, а также предложены новые научные подходы для совершенствования автоматизированных систем управления дорожным движением на их основе. Предложены пути их внедрения в мегаполисах и возможности доработки существующих систем до уровня полноценных интеллектуальных транспортных систем, что должно повысить эффективность транспортных систем крупных городов и всего транспортного комплекса России.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, интеллектуальные светофорные комплексы, автоматизированные системы управления дорожным движением.

## PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF USING INTELLECTUAL TRANSPORT SAFETY SYSTEMS IN THE MEGACITIES

*Malygin Igor' – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Solomenko Institute of  
Transport Problems of the Russian academy of sciences*

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, malygin\_com@mail.ru

Abstract. Represented analysis of existed and perspective intellectual transport safety systems, suggested new scientific ways of improvement of intellectual transport safety systems. Proved that all-round implementation of intellectual transport safety systems will significantly reduce the number of dead and injured in the accidents, technological transport accidents and catastrophes, which decrease losses of the Russian economy and will increase the efficiency of the transport complex of Russia.

Keywords: intellectual transport systems, intellectual transport safety systems, automatic management systems of traffic control, automatic management systems of traffic safety.

Одновременно с появлением на автомобильных дорогах первых светофоров в конце XIX века возникла задача выстроить управление сигналами таким образом, чтобы всем участникам движения (и водителям, и пешеходам) не приходилось ждать своей очереди на перекрестке слишком долго. Изначально светофоры находились под ручным управлением полицейского, который переключал сигналы вручную или при помощи специального пульта.

Развитие электроники позволило заменить живых людей таймерами и реле, которые переключают фазы светофоров — сочетания запрещающих сигналов для одних направлений и разрешающих — для других. Для каждого светофора может существовать свое расписание переключений (то есть своя продолжительность каждой фазы), которое в часы пик или ночью может меняться в зависимости от алгоритма или переходить в режим «мигающего желтого».

Поэтому, одной из важнейших задач повышения безопасности перевозки пассажиров общественным и личным транспортом, и регулирования трафика дорожного движения является внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД). На основе существующего мирового опыта, существуют две основные схемы создания АСУДД [1, 2]. В соответствии с первой (рис. 1) существует единый центр, который аккумулирует всю информацию от видеокамер и датчиков на перекрестках, и уже из центра в автоматическом

(и/или в ручном) режиме поступают сигналы по адаптивному регулированию трафика путем переключения светофоров. Вторая (рис. 2) заключается в независимой работе интеллектуальных светофорных комплексов по автоматически выбираемым алгоритмам с учетом дорожной ситуации и информации от датчиков с соседних перекрестков [3]. Возможен третий путь, например на так называемых «правительственных трассах», или других важных магистралях и элементах улично-дорожной сети (УДС), когда светофоры, работающие по принципу АСУДД-2, могут принудительно переключаться централизованно с Центра управления транспортом.



Рисунок 1 – АСУДД (тип 1)

Большинство существующих в настоящее время в мире систем имеют два характерных признака, сформированные многолетним опытом организации движения: они пытаются улучшить обстановку для всех контролируемых перекрестков и регулируют работу светофоров не напрямую, а через изменение циклов. В 2008 году в США впервые запустили систему InSync, лишенную обоих этих ограничений. В InSync упор делается на так называемый «жадный алгоритм» — когда предполагается, что найденные оптимальные локальные решения (на отдельных перекрестках) позволят прийти к оптимальному глобальному решению — уменьшению заторов во всем городе [3].

На каждом перекрестке InSync точно вычисляет, сколько времени стоящие машины ждут «зеленого» сигнала — это делается при помощи камер и технологии распознавания образов (рис. 3).

Сами светофоры в системе управляются не циклами и расписаниями, а моделями автоматов — программами, в которых прописаны условия смены сигналов. Например, алгоритм может вообще не включить «зеленый» для направления, на котором нет ни одной машины. «Сетевой» режим система предусматривает только для тех случаев, когда необходимо пропустить уже упоминавшуюся очередь автомобилей. В таком случае длительность фаз отдельных светофоров корректируется, чтобы сформировать «зеленую волну». Количество запускаемых «волн» регулируется параметрами системы в зависимости от времени суток и пожеланий оператора.



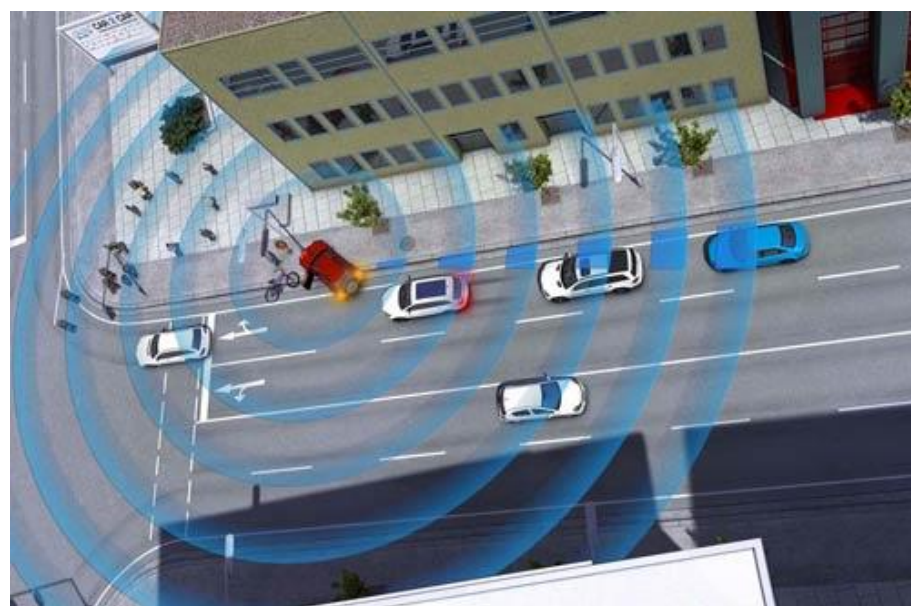
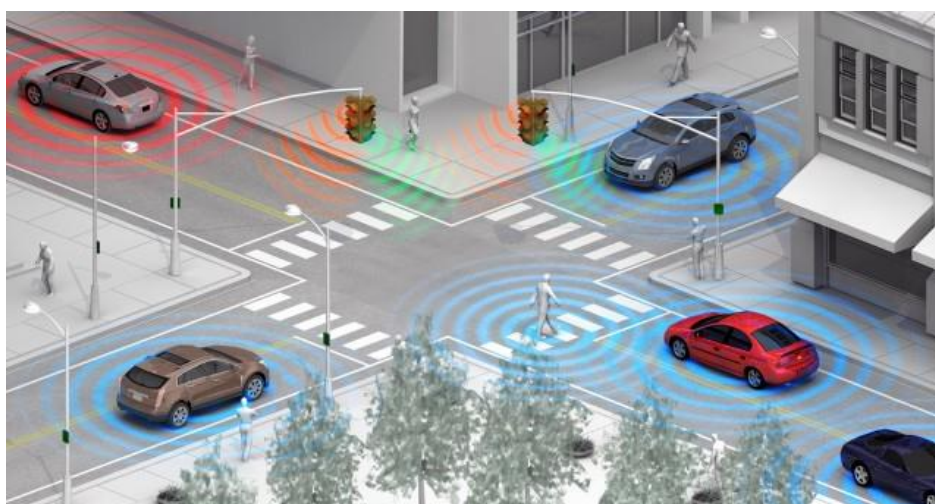


Рисунок 2 – АСУДД (тип 2)



Рисунок 3 – Интерфейс InSync

Самый оригинальный подход к регулированию движения в городах предложили в 2011 году в канадском Торонто — MARLIN-ATSC (Multiagent Reinforcement Learning for Integrated Network of Adaptive Traffic Signal Controllers — обучение с подкреплением агентов интегрированной сети адаптивного управления светофорами). Авторы разработки решили уйти от централизованной системы, заменив ее светофорами-агентами — устройствами, которые наделены искусственным интеллектом и общаются между собой для выбора схемы движения [3].

В программе, которую загружают в каждый светофор, описан Марковский процесс принятия решений, а точнее, его частный случай — Q-обучение. Этот принцип машинного обучения предполагает общение светофора с системой дорожного движения. Каждое действие светофора каким-то образом влияет на дорожную ситуацию, об изменении которой можно судить по информации, получаемой с датчиков. Получив эту информацию, светофор вычисляет функцию своей полезности  $Q$  и в дальнейшем опирается на приобретенный опыт.

Для координации светофоров между собой использована теория игр, а именно — стохастическая игра. Во время игры микропроцессоры светофоров перебирают варианты своих решений (оставить или сменить фазу светофора) и получают данные о простое автомобилей, основанные на общих решениях. Каждое решение светофора привязано к набору показателей текущего состояния: какая включена фаза, как давно включена эта фаза, какая пробка скопилась по каждому из направлений перекрестка.

«Игроки» должны выработать такие модели поведения, которые приведут к наилучшему общему результату — так называемому равновесию Нэша. Полученные таблицы «полезности» для пар «состояние-решение» и становятся той политикой, которой в дальнейшем будет руководствоваться каждый «умный светофор». «Обучаются» светофоры, естественно, на компьютерной модели, а не в реальных дорожных условиях [4].

Самая современная интеллектуальная транспортная система (ИТС) мегаполиса создана в Токио, в которой присутствует АСУДД 2-го типа с возможностью ручного переключения светофорных комплексов. В столице Японии информацию о ситуациях на дорогах аккумулируют 17 тыс. инфракрасных датчиков, которые передают всю информацию в Центр управления транспортом (ЦУТ) города, подведомственный токийской полиции. В помещении центра на стене установлен огромный информационный дисплей высотой 5 метров и шириной 25 метров со схематичным изображением городских дорог (рис. 4) [1]. В режиме реального времени на этом гигантском электронном табло отображается вся транспортная ситуация в городе — информация поступает в центр ежеминутно. Оценка степени загруженности дорог происходит по такому же принципу, что и у российского сервиса «Яндекс-Пробки»: красным цветом обозначены места серьезного скопления машин, желтым — небольшие затруднения.



*Рисунок 4 – Центр управления транспортом города Токио*

Также в ЦУТ установлены 144 пятидесяти дюймовых монитора (рис. 4), на которых отображается информация, поступающая с 2 тыс. видеокамер, размещенных по всему периметру токийской транспортной системы. В японской столице нет участка дорог, который бы не покрывала современная система видеонаблюдения. При этом в помещении центра за всей ситуацией в городе наблюдают всего четыре полицейских. Они и формируют смену, которая

дежурит в течение суток. Всего на службу поочередно заступают три такие смены [1]. 15 тысяч «умных» светофоров города вовлечены в ИТС Токио. Помимо того, что они в автоматическом режиме распределяют потоки, умные японские светофоры предотвращают многие аварийные ситуации. Например, если машина не успевает проехать перекресток на разрешающий сигнал светофора, то система задерживает зеленый на несколько секунд, чтобы машины в потоке не столкнулись. Реагирует светофор и на пешеходов, которые не успевают перейти перекресток. Кроме того, к единой интеллектуальной системе подключены все экстренные службы, включая полицию и скорую помощь. При движении спецавтомобилей, для предотвращения аварийных ситуаций светофоры включают для них «зеленую волну».

Российские водители могут испытать на себе все прелести адаптивных систем управления дорожным движением лишь в очень ограниченном формате. В Москве и Казани используется итальянская система UTOPIA (Urban Traffic Control System Architecture — архитектура системы управления городским дорожным движением) — она сочетает в себе механизмы прогнозирования и создания преимуществ для общественного и специального транспорта [3].

Постановление Правительства РФ от 20.01.2014 г. №39 [5] придало новый импульс для развития и внедрения ИТС в крупных региональных центрах. Созданные аппаратно-программные комплексы (АПК) «Безопасный город» в Москве, Санкт-Петербурге, Казани и др. городах страны позволяют обеспечивать взаимодействие с существующими АСУДД 1-го типа, что предусмотрено соответствующими региональными программами. Однако, при построении полноценной ИТС города с интеллектуальными светофорными комплексами (АСУДД 2-го типа) необходимо на законодательном, техническом и программных уровнях закрепить информационно-техническое сопрягаемость на уровне интерфейсов и протоколов обмена данными с АПК «Безопасный город» и создаваемыми перспективными ЦУТ крупных городов России.

Таким образом, повсеместное внедрение ИТС с интеллектуальными светофорными комплексами, связанными беспроводными технологиями связи в информационно-телекоммуникационные сети, позволяют существенно снизить количество погибших и пострадавших в ДТП, за счет оптимального регулирования транспортных потоков, увеличения приоритетности, и соответственно, скорости, доступности общественного транспорта, и качества обслуживания населения, что, безусловно, уменьшит потери экономики России, в том числе и за счет экологического ущерба, повысит эффективность транспортного комплекса России, что благотворно скажется на росте ВВП страны.

#### *Список литературы*

1. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Применение интеллектуальных систем транспортной безопасности в мегаполисах: проблемы и перспективы // Научно-технический журнал "Вопросы оборонной техники", Серия 16 "Технические средства противодействия терроризму". Выпуск 3-4 (69-70), 2014. С. 76-82.
2. Malygin I.G., Komashinskiy V.I., Asaul A.N. The Project of Intellectual Multimodal Transport System // 12th International Conference "Organization and Traffic Safety Management in Large Cities", SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia. SCOPUS. Transportation Research Procedia. 20 (2017) p. 25–30. doi: 10.1016/j.trpro. 2017.01.006
3. www: Lenta.ru: наука и техника 06.12.2013 (Михаил Зеленский).
4. Malygin I.G., Krulатов A.Yu., Zakharov V.V. Competitive traffic assignment in road networks // Transport and Telecommunication, 2016, volume 17, issue 3 (Sep 2016). p. 212-222.
5. <http://government.ru/> Постановление Правительства РФ от 20.01.2014 г. №39 "О Межведомственной комиссии по вопросам, связанным с внедрением и развитием систем аппаратно-программного комплекса технических средств "Безопасный город".

## КОГНИТИВНАЯ ЭКОНОМИКА И ТРАНСПОРТ

**Малыгин Игорь Геннадьевич** – доктор технических наук, профессор, директор  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, malygin\_com@mail.ru

**Комашинский Владимир Ильич** – доктор технических наук, заместитель директо-  
ра по научной работе

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, kama54@rambler.ru

**Шаталова Наталья Викторовна** – кандидат технических наук, ведущий научный  
сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, shatillen@mail.ru

**Асаул Анатолий Николаевич** – доктор экономических наук, профессор, заслужен-  
ный деятель науки РФ, профессор кафедры экономики предпринимательства и инноваций

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный  
университет

190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, asaul@yandex.ru

Аннотация. Широкое понимание того, что развитие экономики всегда базировалось  
на развитии знаний пришло только в конце XX века. Вместе с тем, системные исследования  
вопросов построения когнитивной экономики только начинается. В статье основное вни-  
мание уделяется системному подходу к когнитивной экономике, исследованию процессов  
информационно-телекоммуникационного и интеллектуального взаимодействия государ-  
ства, науки, образования промышленности и экономики. Применение системного подхода  
позволяет лучше понимать механизмы функционирования когнитивной экономики.

Ключевые слова: искусственные когнитивные системы, когнитивная экономика, 4я  
индустриальная эпоха, когнитивная информационно-телекоммуникационная система.

## COGNITIVE ECONOMY AND TRANSPORT

*Malygin Igor' – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Solomenko Institute of  
Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, malygin\_com@mail.ru*

*Komashinsky Vladimir – Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Research of  
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kama54@rambler.ru*

*Shatalova Natalya – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Solomenko  
Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, shatillen@mail.ru*

*Asaul Anatolii – Doctor of Economic Sciences, Professor, Saint-Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE),*

*2-nd Krasnoarmeiskaya str., 4, St.Petersburg, 190005, Russian Federation,  
asaul@yandex.ru*

Abstract. Economic development has always been based on the development of knowledge  
came only at the end of the XX century. A systematic study of questions of creation of the cognitive  
economy is just beginning. The article focuses on a systematic approach to the cognitive economy,

*the study of the processes of information and telecommunications and intellectual interaction of the state, science, industry and economy. The use of a systematic approach allows to better understand the mechanisms of the cognitive economy.*

*Keywords: artificial cognitive systems, cognitive economy, 4th industrial era, cognitive information and telecommunication system.*

Анализируя траекторию развития технологий построения транспортных средств и транспортных магистралей, трудно не заметить положительную ее корреляцию с траекторией развития информационных и телекоммуникационных технологий (в широком их смысле). Это объясняется, прежде всего, тем, что технологии построения транспортных систем являются информационно емкими (для их реализации требуется некоторый, критичный объем информации и знаний). Например, для перехода от гужевого транспорта к паровозам и железным дорогам потребовалось несколько тысяч лет формирования, технологий сбора, накопления и применения знаний в самых разных областях, прежде чем появилась возможность изобрести и внедрить технологии построения транспортных систем на паровой тяге.

Переход от паровых двигателей к двигателям внутреннего сгорания и современным транспортным системам (рис. 1) произошел гораздо быстрее в связи с ускорением прогресса в области информационных, телекоммуникационных и индустриальных технологий и формированием новых, электронных методов получения, хранения, переноса и применения данных информации и знаний.

Особенностью наступающей постинформационной эпохи является усиление акцента на технологиях получения новых знаний и разработке способов их применения посредством специальных технических систем, получивших название искусственных когнитивных технических систем [1-3]. Применительно к транспортной сфере эти технологии уже находят применение в рамках создания автономных (роботизированных) транспортных средств и интеллектуальных магистралей.

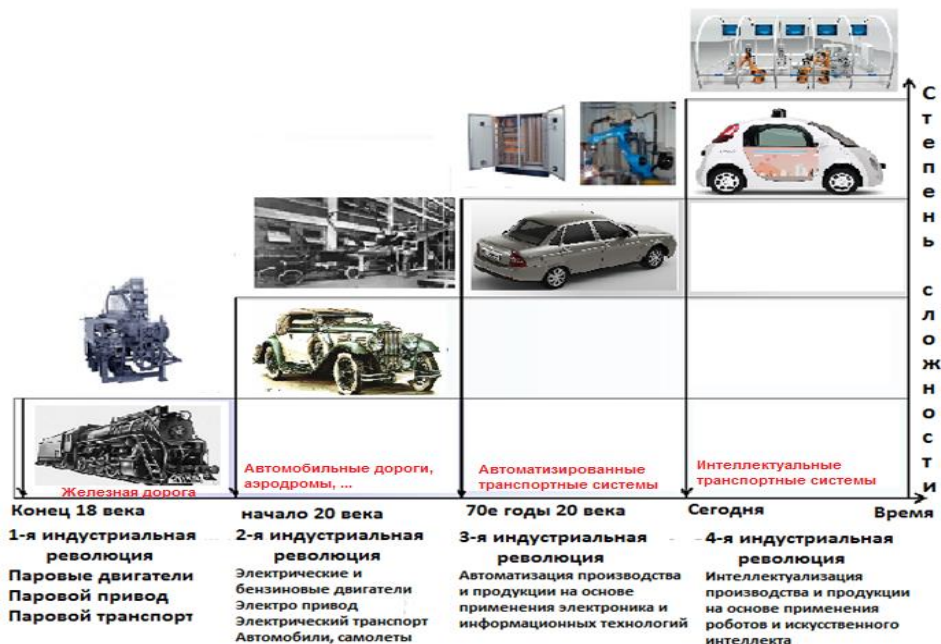


Рисунок 1 – Коэволюция науки и индустрии

Совершенствование информационных и сетевых технологий провоцирует, так называемые "Индустриальные революции" (рис. 2), которые всегда были и остаются ключевыми движущими силами развития национальных и глобальной экономик на протяжении последних двух столетий. Опыт прошедших лет свидетельствует о том, что смена индустриальной парадигмы не происходит в одночасье, она протекает последовательно шаг за шагом [4-8].

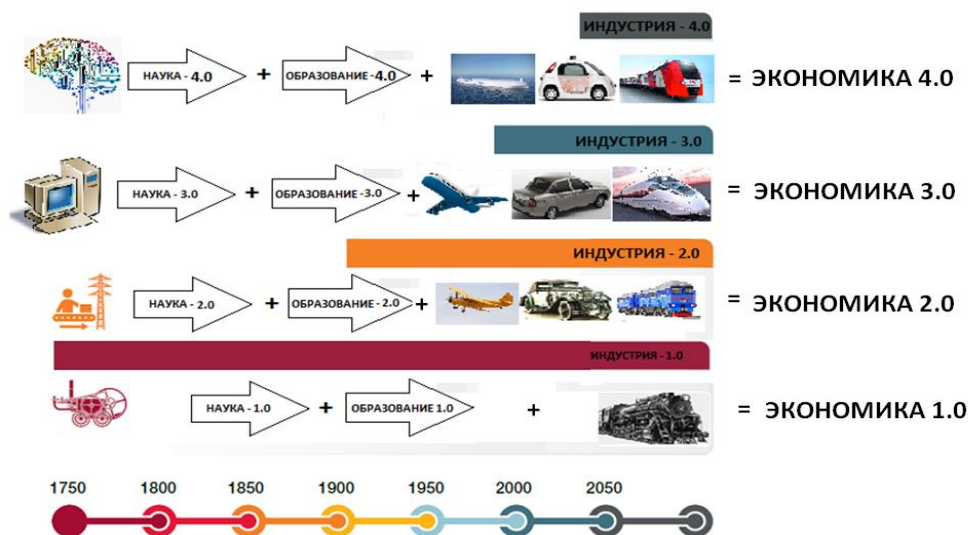


Рисунок 2 – Основные активные составные части экономического развития

То, что доминирование в научно-техническом развитии страны в условиях глобальной рыночной экономики является основой для достижения ею конкурентных экономических преимуществ, отчетливо проявилось в ходе трех предшествующих индустриальных революций, поэтому во многих странах осуществляется непрерывный поиск путей ускорения научного и индустриального развития. Анализ хода предыдущих индустриальных революций показывает, что в ходе их протекания происходят трансформации (коэволюции) таких важнейших общественных подсистем, как наука, образование и экономика (рис.2), при этом на предыдущих этапах преобразования происходили спонтанно и воспринимались учеными, экономистами и политиками интуитивно. В последние несколько лет было проведено ряд исследований, которые показывают, что развитие экономики является одним из звеньев в цепи развития науки, образования и индустрии.

**«Когнитивная экономика, характеризуется трансформацией знаний в сырье, капитале, продуктах, факторы производства, необходимых для экономики и экономических процессах, в которых производство, продажа, приобретение, обучение, хранение, разработка, разделение и защита знаний стали преобладающими и решающими для получения прибыли и для обеспечения экономической устойчивости на в долгосрочной перспективе».**

Для того чтобы построить когнитивную экономику, необходим надежный фундамент, состоящий из стройной системы платформ (рис. 3):

- **Институциональной платформы**, которая способствует формированию идеологической и законодательной ориентации общества на технологические изменения.
- **Научной платформы**, обеспечивающей эффективное формирование потока новых, качественных, фундаментальных и прикладных знаний.
- **Образовательной платформы**, обеспечивающей передачу (перенос) новых теоретических и прикладных знаний от научной платформы населению.
- **Индустриальной платформы**, обеспечивающей преобразование (конвергенцию) новых знаний, энергетических и материальных ресурсов в новые товары и услуги.
- **Когнитивной информационно-телекоммуникационной платформы**, обеспечивающей сбор, хранение, обработку и предоставление больших данных, точной информации и достоверных знаний.

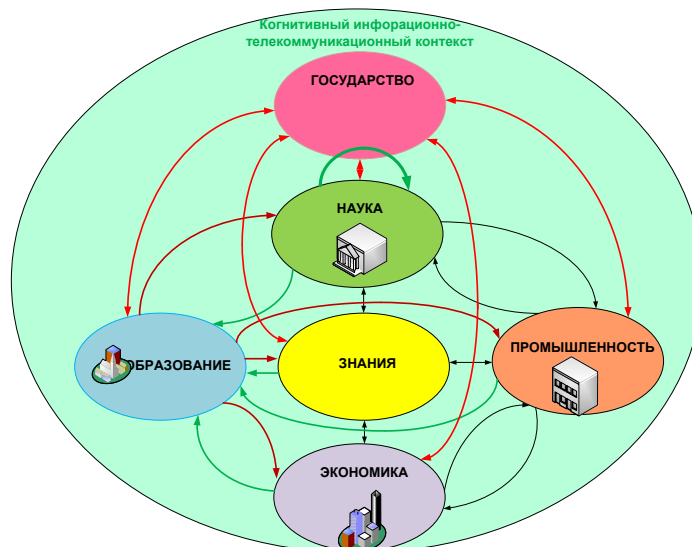


Рисунок 3 – Системное представление основных подсистем когнитивной экономики

– **Новой когнитивной экономики, которая в отличие от традиционной является:**

- **Экономикой изобилия.** В отличие от большинства ресурсов, которые истощаются при использовании, использование информации и знаний приводит к их увеличению.
- **Снижение влияния местоположения объектов и субъектов экономики.** Использование инфокоммуникационных технологий, позволяет создавать виртуальные торговые площадки и виртуальные организации, которые обладают преимуществами скорости и гибкости, круглосуточной работы и глобального охвата.
- **Законы, барьеры и налоги трудно применять только на национальной основе.** Знания и информация «утекает» туда, где спрос на них является самым высоким, а барьеры являются самыми низкими.
- **Продукты или услуги, усиленные знаниями,** могут управлять ценовыми премиями по сравнению с сопоставимыми продуктами с низкими встроенными знаниями или интенсивностью знаний.
- **Ценообразование и стоимость товаров и услуг в значительной степени зависят от контекста.** Таким образом, одна и та же информация или знание могут иметь разную ценность для разных людей в разное время.
- **Знание, когда оно заложено в системах или процессах, имеет более высокую присущую ему ценность,** чем когда он может только «выходить из двери» из голов людей.

Исторически, **научное открытие было основано на научном методе, который относится к древним временам и включает как философский, так и практический подход к науке.** Аристотель был одним из первых, кто приблизился к открытию знаний через строгое, систематическое наблюдение, хотя только спустя тысячелетия научный метод был фактически формализован и реализован, в основном благодаря работам Коперника (1473-1543), Тихо Браге (1546-1601), Иоганна Кеплера (1571-1630), Галилео Галилея (1564-1642), Рене Декарта (1596-1765) и Исаака Ньютона (1643-1727) (Gower 1997; Betz 2011).

На первый взгляд научный метод представляется относительно простым и понятным (рис.4), он состоит из повторяющегося цикла стандартизированных шагов включающих процесс начинающийся с **наблюдения** окружающего мира, **постановки вопросов** на основе наблюдений и **обзора существующих знаний (ориентации)**, для того чтобы определить, существует ли разумное объяснение наблюдаемому явлению. Предполагая, что вопрос остается открытым, ученые затем **формулируют гипотезы**, разрабатывают и **проводят экспе-**



**рименты** для проверки гипотез и анализирует результаты экспериментов. **Результаты анализа используются для формального принятия или отклонения гипотеза.** В последующем гипотеза может быть скорректирована и уточнена по мере проведения повторных экспериментов или в результате разработки и проведения новым экспериментов. Результаты научных исследований распространяются, посредством обсуждений и публикаций, что позволяет коллективно принимать решения относительно действительности научные результаты. На качество функционирования научных организаций существенное влияние оказывают применяемые технологии (рис.4), используемые для наблюдения за физическим миром, технологии проведения экспериментов, технологии верификации результатов исследования и распространения новых результатов. Другими словами, чем чаще обновляется научный инструментарий, тем эффективней работает наука.

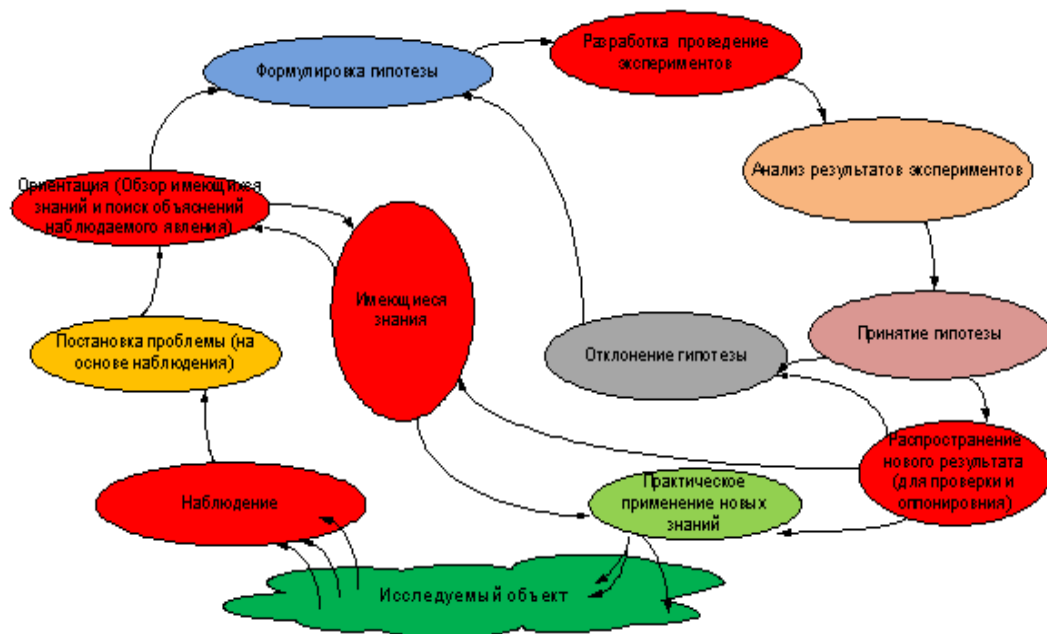


Рисунок 4 – Системное представление научных исследований

**К современным инструментам научных исследований, которые являются мощными ускорителями научного прогресса, относятся:**

- научные сенсорные сети (сети наблюдения, сети сбора научных данных),
- системы обработки больших данных (системы поиска знаний в базах данных и информационных хранилищах),
- системы искусственного интеллекта для формулирования гипотез,
- компьютерные системы моделирования и проведения экспериментов,
- технологии осуществления электронных сетевых публикаций и проведения сетевых научных конференций.

**Одной из важнейших целей системы образования являются подготовка и переподготовка специалистов, уровня соответствующего требованиям текущей и наступающей технологических эпох.** Процесс образования (обучения, подготовки и переподготовки кадров) тоже носит циклический характер (рис.5), при этом предполагается периодическая корректировка учебных программ и технологий обучения, которая должна проходить согласовано как с наукой и производством, так и с требованиями экономики в целом. Другими словами, система образования должна иметь информационно-когнитивные интерфейсы с наукой и промышленностью. Очевидно, что система образования, в зависимости от ее настройки, может, как способствовать, так и тормозить развитие промышленного и экономического развития.

Наращение темпов перехода к 4й индустриальной эпохе, естественным образом ведет к изменению содержательного наполнения и особенности построения среднего, специального и высшего образования. **Происходит усиление акцента на персонализацию и непре-**

рывность обучения при широком применении электронных учебников, обучающих программ, интеллектуальных обучающих систем и сетей. В ближайшее время могут быть востребованы технологии гибридного обучения (совместного обучения людей и интеллектуальных машин).

В период четвертой индустриальной революции процесс обучения приобретет непрерывный трехмерный (человек-человек, человек-машина, машина-машина) характер. Уже в настоящее время, становится очевидным, что увеличение темпов осуществления 4й индустриальной революции определяется темпами адаптации поддерживающей ее науки и образования.

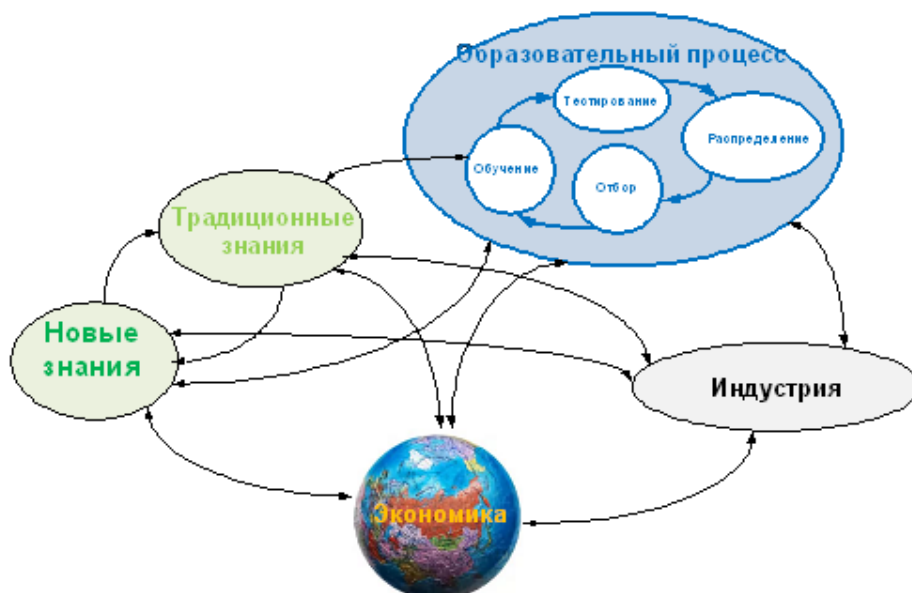


Рисунок 5 – Системное представление образовательного процесса

**Промышленность представляет собой систему материального производства,** (рис.6), которая вносит основополагающий вклад в создание валового внутреннего продукта экономически развитой страны.

Промышленность, как система преобразует природные, энергетические, производственные и интеллектуальные ресурсы в продукты (товары и услуги). Важно отметить, что именно интеллектуальные ресурсы определяют не только характер производственных, энергетических и используемых природных ресурсов, но и облик создаваемых товаров и услуг (наглядным примером, научно-технологических пар является железная дорога, пар – паровоз, дизель – тепловоз, электричество – электровоз).

**Промышленность представляет собой систему материального производства,** (рис.6), которая вносит основополагающий вклад в создание валового внутреннего продукта экономически развитой страны.

Промышленность, как система преобразует природные, энергетические, производственные и интеллектуальные ресурсы в продукты (товары и услуги). Важно отметить, что именно интеллектуальные ресурсы определяют не только характер производственных, энергетических и используемых природных ресурсов, но и облик создаваемых товаров и услуг (наглядным примером, научно-технологических пар является железная дорога, пар – паровоз, дизель – тепловоз, электричество – электровоз).

**Отличительной особенностью наступающей 4й промышленной эпохи является:**

- интеллектуализация производства,
- дополнение интеллектуальных и физических ресурсов рабочих системами индустриального искусственного интеллекта и роботами,
- применение контекстных природных и энергетических ресурсов,
- интеллектуализация производимых товаров и услуг.

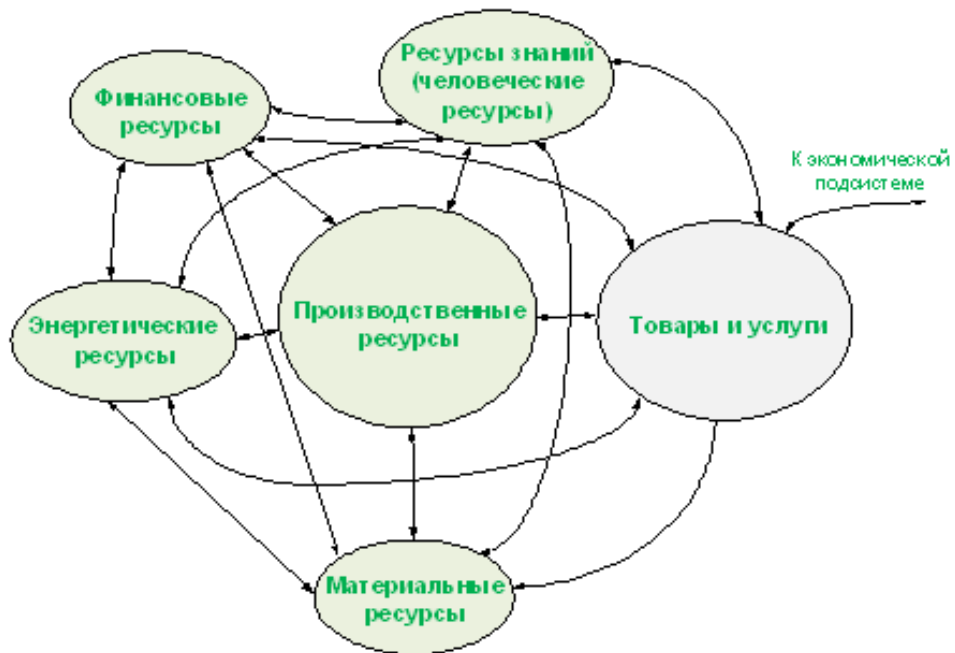


Рисунок 6 – Системное представление процесса промышленного производства

Очевидно, что развивающееся промышленное производство предполагает плотное информационно-когнитивное взаимодействие с наукой, образованием и рынком.

Такое взаимодействие имело место на протяжении всех этапов развития экономики (от Экономики-1.0 до Экономики-4.0), при этом каждому этапу развития соответствовал очередной этап развития информационно - когнитивного взаимодействия (рис.7).

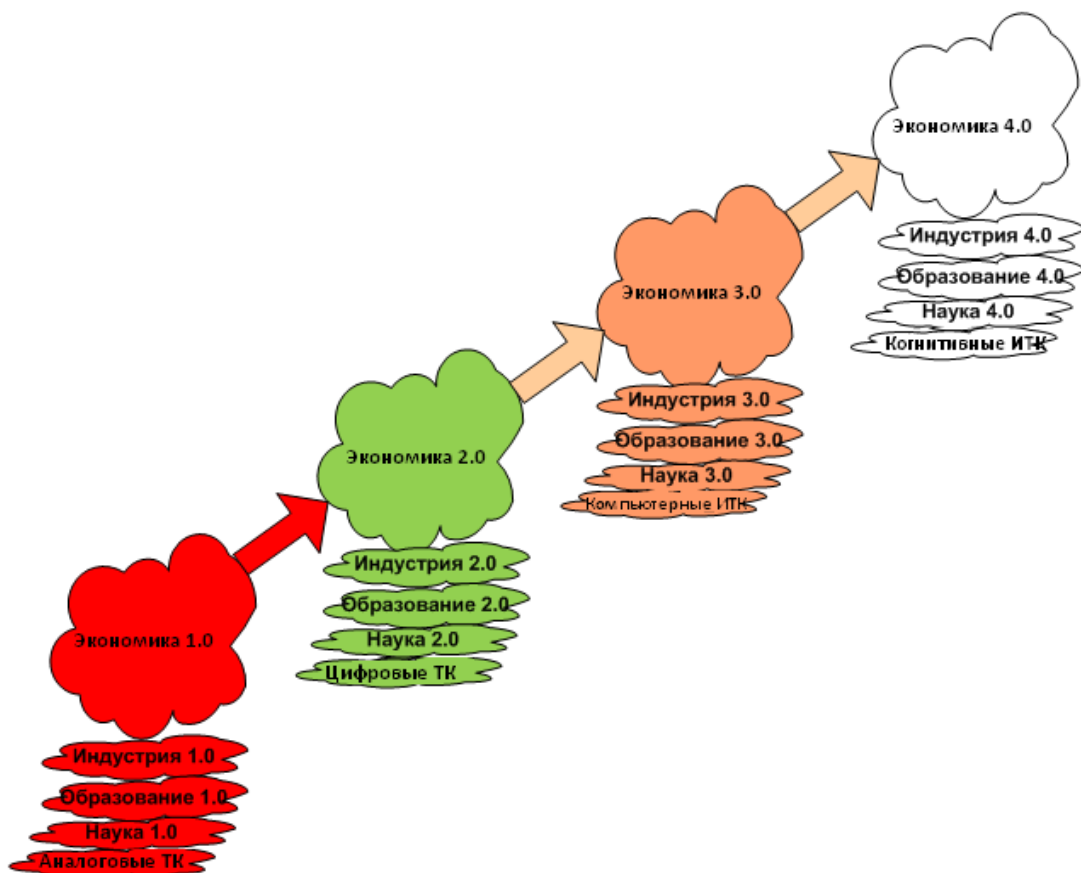


Рисунок 7 – Роль телекоммуникационных технологий в экономическом развитии

Особенностью развития когнитивной экономики является ее управляемая конвергенция (взаимное слияние) с подсистемами науки, образования, индустрии и правительственными учреждениями на основе широкого использования новых информационно – телекоммуникационных технологий (рис.8). К таким технологиям относятся когнитивные проводные и беспроводные системы и сети (например, когнитивное радио и когнитивные информационно-телекоммуникационные системы) [9-11].

На нижнем слое когнитивной информационно-телекоммуникационной системы (когнитивной ИТКС) располагаются как традиционная подсистема абонентских устройств, так и специализированные (контекстные науке, образованию, индустрии, маркетингу) подсистемы датчиков (сенсоров) и исполнительных устройств (активаторов). Сенсорные датчики выполняют функции "рецепторов" ("рецептивные поля"), исполнительные устройства – выполняют функции технических "акцепторов", а сети исполнительных устройств реализуют модель действия. Сети сенсоров и исполнительных устройств могут быть встроены в персональных многофункциональных роботов (новый вид оконечного абонентского устройства) или роботизированный автомобиль с автопилотом (взаимодействующий с другими интеллектуальными автомобилями через телекоммуникационную сеть) и т.д.

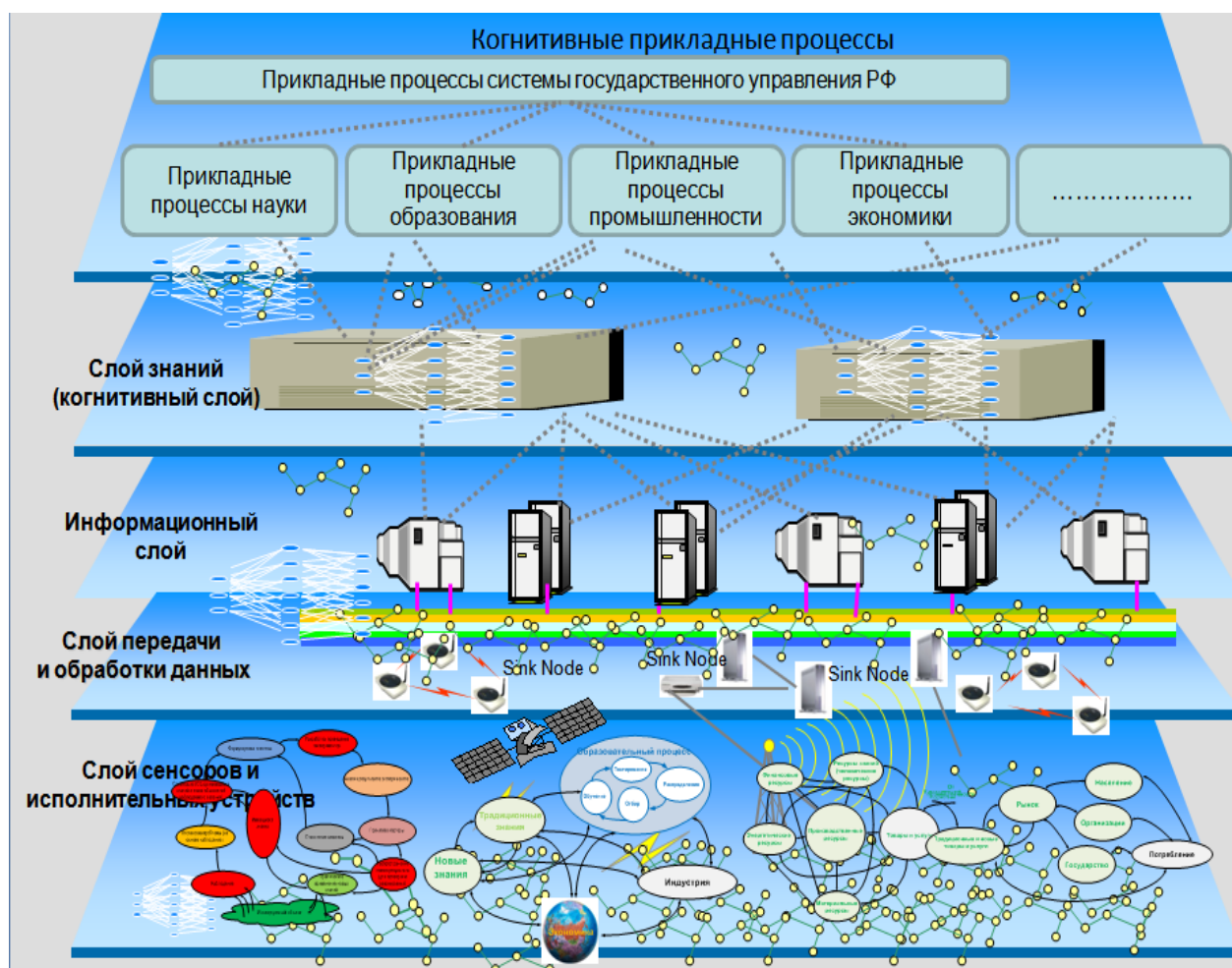


Рисунок 8 – Уровневая модель когнитивной информационно-телекоммуникационной системы

Выше находится слой телекоммуникационной подсистемы. В ее задачи (помимо обеспечения традиционного информационного обмена пользователей сети и взаимодействия пользователей с информационной подсистемой) входит обмен данными, информацией и знаниями между всеми остальными слоями.

Еще выше располагается слой информационной подсистемы, которая включает серверы, вычислительные центры, базы данных и информационные базы.

**Слой когнитивной подсистемы выполняет функции прикладного искусственного интеллекта и интеллектуальную поддержку управления в реальном масштабе времени объектами, располагающимися на первом уровне архитектуры. Для этого когнитивная подсистема постоянно взаимодействует с сетями сенсоров, исполнительных устройств и информационной подсистемой.**

Когнитивная подсистема содержит комплекс инструментов (цифровых процессоров, нейропроцессоров, нечеткой логики, соответствующего математического, логического и программного обеспечения), который обеспечивает реализацию когнитивных прикладных процессов и услуг.

**На слое когнитивных прикладных процессов осуществляется формирование перечня когнитивных приложений и адаптация под них функций когнитивного и других уровней (на рис. 8 представлены контекстные приложения: прикладные процессы науки, образования, промышленности и экономики).**

**В заключение** следует отметить, что основной задачей когнитивной ИТКС является обеспечение прозрачного взаимодействия в реальном масштабе времени всех элементов контекстных развития экономики. Это позволит обеспечить максимально быстрый перевод аграрно-сырьевой экономики России на инновационный путь развития.

#### *Список литературы*

1. Комашинский В.И., Осадчий А.И., Рогозинский Г.Г. Коэволюция информационно-телекоммуникационных технологий и общества // Технологии и средства связи. 2012. № 3. С. 17–23.
2. Малыгин И.Г., Комашинский В.И. Информационные технологии и искусственный интеллект — основные двигатели четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информационные технологии, №12. Том 22. 2016. С. 899–904.
3. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2017». СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 13–20.
4. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Шаталова Н.В., Аванесов М.Ю., Михалев О.А. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Информация и Космос. 2018. № 1. С. 6–13.
5. Комашинский В.И., Комашинский Д.В. Когнитивная метафора в развитии телекоммуникационных и индустриальных сетевых инфраструктур, или первые шаги к постинформационной эпохе // Технологии и средства связи. 2015. № 1. С. 62–67.
6. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Асаул А.Н., Четвертая индустриальная революция (INDUSTRIE 4,0) в транспортной и сопутствующих отраслях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 2. С. 70–78.
7. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230–233.
8. Комашинский В.И., Мардер Н.С., Парамонов А.И. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе // Технологии и средства связи. 2011. № 4. С. 52–54.
9. Комашинский В.И., Соколов Н.А. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети // Вестник связи. 2011. № 11. С.4–8.
10. Комашинский В.И., Смирнов Д.А., Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
11. Комашинский В.И., Парамонов А.И., Саид М.А.С. Особенности проектирования и управления когнитивными беспроводными сетями связи // Вестник связи. 2012. № 11, № 12.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ КОГНИТИВНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ

**Королев Олег Александрович** – научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, kama54@rambler.ru

**Саид Моджиб Абдулхаким Саиф** – кандидат технических наук, профессор Йеменского национального университета, Йемен

**Сорокин Константин Николаевич** – адъюнкт

ФГКВОУ ВО «Военная академия имени Маршала Советского Союза С.М. Будённого»

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3, vas-nic@yandex.ru

**Блонский Юрий Петрович** – преподаватель военной кафедры Института военно-технического образования

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»

644050, Сибирский федеральный округ, Омская область, г. Омск, пр. Мира, д. 11, blonup@yandex.ru

Аннотация. Мобильная когнитивная самоорганизующаяся сеть (МКСС) состоит из набора мобильных хостов, которые могут взаимодействовать друг с другом без помощи базовых станций. Из-за динамичного характера топологии сети и ограниченных ресурсов качество обслуживания (QoS) и многоадресная маршрутизация являются сложными задачами. В данной статье представлен алгоритм маршрутизации QoS, основанный на применении нечеткой логики.

Ключевые слова: когнитивная самоорганизующаяся сеть, нечеткая логика, нечеткий контроллер, маршрутизация, пропускная способность.

## DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM ROUTING FOR THE MOBILE COGNITIVE SELF-ORGANIZED NETWORKS

*Korolev Oleg Al. – research associate, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kama54@rambler.ru*

*Said Modzhib Abdulkhakim Saif – PhD, Professor of The Yemen National University, Yemen*

*Sorokin Konstantin N. – post-graduate student Military academy of communication of Marshall of the Soviet Union S. M. Budenny*

*Tikhoretsky avenue, 3, St.Petersburg, 194064, Russian Federation, vas-nic@yandex.ru*

*Blonsky Yuri P. - teacher of Omsk State Technical University*

*Mira Avenue, 11, Omsk, Omsk Region, Siberian Federal District, 644050, Russian Federation, blonup@yandex.ru*

Abstract. A mobile cognitive self-organizing network (MCSN) consists of a set of mobile hosts that can communicate with each other without the help of base stations. Due to the dynamic nature of the network topology and limited resources, quality of service (QoS) and multicast routing are complex tasks. This article presents a QoS routing algorithm based on the use of fuzzy logic.

Keywords: cognitive self-organizing network, fuzzy logic, fuzzy controller, routing, bandwidth.

**Введение.** Мобильная когнитивная самоорганизующаяся сеть (МКСС) относится к категории самонастраивающихся сетей, мобильные узлы которых автоматически устанавли-

вают и поддерживают каналы и маршруты связи, формируя при этом одноранговую сетевую архитектуру с постоянно меняющейся топологией.



Рисунок 1 – Мобильная когнитивная самоорганизующаяся сеть

Одной из важнейших проблем данных сетей является маршрутизация. Маршрутизация в МКСС существенно отличается от традиционной маршрутизации в проводных сетях и является достаточно сложной из-за следующих особенностей [1–5]:

- отсутствия элементов фиксированной инфраструктуры и централизованного управления;
- ограничения беспроводной среды передачи (непостоянность, асимметричность характеристик канала связи, ограниченная полоса пропускания, замирание сигнала, проблемы «скрытой» и «засвеченной» станции);
- подвижности узлов сети и, как следствие, частные произвольные изменения топологии сети;
- ограниченных вычисленных и энергетических ресурсов узлов сети;
- необходимости ретрансляций.

С учетом перечисленных особенностей разработка эффективных протоколов маршрутизации, способных обеспечивать в условиях высокой мобильности узлов требуемое качество обслуживания для разнородного, в том числе для мультимедийного трафика, является одним из важных направлений развития МКСС сетей.

Существующие протоколы маршрутизации [6,7] для самоорганизующихся сетей можно разделить в соответствии со стратегиями обнаружения и поддержания маршрутов на три класса: проактивные, реактивные, и гибридные, - каждый из которых имеет свои недостатки. Например, в проактивном основном недостатком является построение таблицы маршрутизации, которую необходимо постоянно обновлять из-за быстрого изменения топологии сети, что приводит к увеличению объема служебной информации, передающейся по сети, и может вывести её строя. В реактивном протоколе недостатком является внесение задержки при установлении маршрута [8-13].

В данной работе предложен новый подход к решению задач маршрутизации в сетях МКСС, основанный на применении математической теории нечетких множеств, а также поиске и применении нескольких альтернативных маршрутов, один из которых основной и два резервных.

**Модель сеть.** Качество алгоритма и протокола маршрутизации оценивается при помощи метрик. В качестве метрики может выступать число «скачков», джиттер задержки, общее время передачи, пропускная способность канала, загрузка (размер свободной очереди) и т.д.

Сеть представляется ненаправленным графом  $G = (V, E)$ , где  $V$ - множества узлов;  $E$  - множество каналов. Каждый канал  $(i, i + 1) \in E$  и узел  $v_i \in V$  могут характеризоваться положительной метрикой  $c_\eta(i, i + 1), c_\eta(v_i) \in Z^+$ . Значениями  $c_\eta$  могут быть:

- для канала - пропускная способность  $B(e) \in Z^+$ , задержка распространения  $d(e) \in Z^+$  и джиттер  $\forall d(e) \in Z^+$ ;

– для узла - количество узлов  $q$ , загруженность пакетного буфера  $l(v) \in Z^+$ .

Обозначим ациклический маршрут  $p$  в  $G$  как последовательность узлов  $(v_1, \dots, v_i, \dots, v_n)$  таких, что  $i, 1 < i < n, (v_i, v_{i+1}) \in E$ . Определим параметры состояния узлов и каналов связи для каждого  $p$  маршрута с пропускной способностью  $B(p)$ , задержкой распространения  $d(p)$ , джиттером  $\nabla d(p)$ , количеством узлов  $q(p)$  и загруженностью пакетного буфера для всего маршрута  $\bar{l}(p)$ . Очевидно, что пропускной способностью всего маршрута считается минимум пропускной способности среди всех каналов на маршруте:

$$B(p) = \min_{i \in p} \{B(v_i, v_{i+1})\}. \quad (1)$$

Задержка в данном случае означает период времени, проходящий от момента отправки кадра уровня MAC до момента прихода подтверждения о его получении от другого узла. Значения задержки для всех промежуточных каналов связи суммируются:

$$d(p) = \sum_{i=1}^{n-1} d(v_i, v_{i+1}). \quad (2)$$

Джиттер всего маршрута считается максимум джиттера среди всех каналов на маршруте:

$$\nabla d(p) = \max_{i \in p} \{\nabla d(v_i, v_{i+1})\}. \quad (3)$$

Относительная загруженность пакетных буферов узлов на маршруте вычисляется как:

$$\bar{l}(p) = \sum_{i=1}^n l_i * \lambda_i, \quad (4)$$

где  $l_i$  - загруженность буфера  $i$ -ого узла,  $\lambda_i$  - весовой коэффициент для загруженности  $i$ -ого узла,  $n$ - количество узлов в маршруте.

Параметр количество узлов для всего маршрута  $q(p)$  является аддитивным, его значение легко вычислить, поскольку мы используем протокол динамической маршрутизации для мобильных и других беспроводных сетей AODV (Ad hoc on-demand distance vector), в ответе на запрос маршрутизации которого содержится список всех промежуточных узлов вплоть до узла назначения.

В процессе обнаружения маршрутов эти параметры собираются и передаются в контрольных сообщениях, после чего собранные данные подаются на вход нечеткого контроллера.

**Факторы, влияющие на эффективность протокола маршрутизации.** В отличие от стационарных проводных сетей в беспроводных сетях существует множество факторов, влияющих на надежность передачи пакетов, что приводит к затруднению обнаружения всех возможных маршрутов между источником и узлом назначения с помощью используемых протоколов маршрутизации. Рассмотрим некоторые основные факторы, осложняющие процесс маршрутизации в мобильных ad-hoc сетях (MANET).

– **Ненадежность беспроводной связи.** Беспроводная связь подвержена ошибкам из-за радиопомех от соседних узлов, фонового радиошума, затухания сигнала. Ненадежность радиосвязи делает практически невозможным обеспечение «жестких» гарантий QoS.

– **Мобильность узлов.** Узлы в MANET сети могут случайным образом перемещаться независимо друг от друга, поэтому, чтобы правильно выбирать маршруты доставки пакетов данных, необходимо постоянно обновлять информацию о топологии сети. Как и в предыдущем случае это делает невозможным на практике обеспечение «жестких» гарантий QoS.

– **Состязательный доступ к общей среде передачи.** Состязательный метод доступа затрудняет вычисление доступной пропускной способности и задержки передачи пакета. Коллизии, возникающие при одновременном доступе к среде передачи, снижают эффектив-



ную пропускную способность сети, тратят впустую заряд батарей мобильных узлов и увеличивают долю потерянных пакетов.

– **Ограниченные ресурсы устройств.** Хотя за последние годы ситуация меняется, в общем случае, по сравнению со стационарными мобильные устройства имеют меньшую вычислительную мощность, меньший объем памяти и ограниченный заряд аккумуляторных батарей, что оказывает прямое влияние на работу протокола маршрутизации.

– **Размер сети.** Поскольку информация о состоянии узлов и каналов связи должна быть каким-то образом собрана и распространена между узлами сети в виде контрольных сообщений, то задержка при передаче служебной информации и накладные расходы протокола маршрутизации напрямую зависят от размера сети.

– **Мощность передатчика узла.** Более мощные передатчики позволяют увеличить число соседей в пределах радиуса действия беспроводной сети и тем самым повысить её связность. С другой стороны, при этом повышаются и взаимные помехи. Таким образом, очень важно иметь возможность варьирования мощности передатчика.

**Контроллер нечеткой логики.** В качестве блока принятия решения по выбору оптимальных маршрутов предлагается использовать контроллер нечеткой логики, основными преимуществами которого являются возможность учета множества факторов при принятии решения без построения точной математической модели управляемой системы и простота составления правил нечеткой импликации, задающиеся на интуитивно понятном для человека языке.

Контроллер нечеткой логики рис. 2 состоит из следующих компонентов: базы правил, блока фаззификации, блока выработки решения и блока дефаззификации.

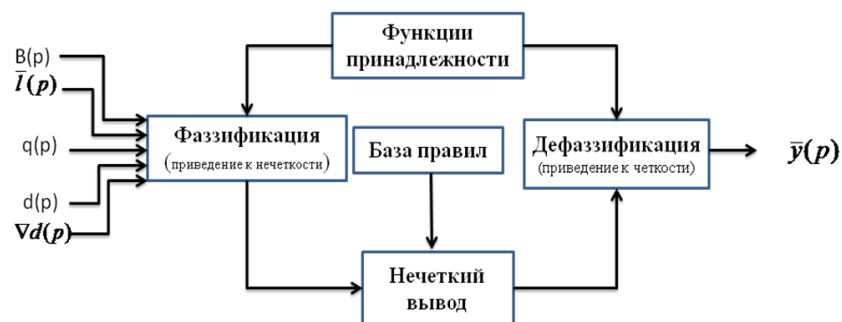


Рисунок 2 – Нечеткий контроллер

Фаззификация - процесс преобразования точных значений входных переменных в значения лингвистических (нечетких) переменных посредством применения определенных функций принадлежности.

Учет большего количества параметров состояния узлов и каналов связи позволяет лучше оценить картину распределения трафика в сети и выбрать более подходящий маршрут в обход "заторов" в сети. Из параметров состояния узлов и каналов связи были выбраны:

- пропускная способность,
- задержка,
- джиттер,
- количество узлов,
- загруженность буфера.
- Фаззификатор выдает три термина для каждого входного параметра, например:
  - пропускная способность - "малая", "средняя", "высокая";
  - задержка - "малая", "средняя", "высокая";
  - загруженность буфера - "малая", "средняя", "высокая";
  - количество узлов - "малое", "среднее", "высокое";
  - джиттер - "маленький", "средний", "высокий".

В качестве функций принадлежности для каждого терма всех лингвистических переменных мы выбираем треугольные функции принадлежности, поскольку они хорошо подходят для использования при решении широкого круга проблем управления [1, 3].

База правил, иногда называемая лингвистической моделью, представляет собой множество нечетких правил  $R^k$ ,  $k = 1, \dots, N$  вида:

$$R^k: \text{ЕСЛИ } (x_1 \text{ это } A_1^k \text{ И } x_2 \text{ это } A_2^k \dots \text{ И } x_n \text{ это } A_n^k) \text{ ТОГДА } (y_1 \text{ это } B_1^k \text{ И } y_2 \text{ это } B_2^k \dots \text{ И } y_n \text{ это } B_n^k), \quad (5)$$

где  $n$  – количество нечётких правил,  $A_i^k$  - нечёткие множества  $A_i^k \subseteq X_i \subset R$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

Правило нечеткой импликации задаётся правилом Мамдани:

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_R(x, y) = \mu_A(x) \cap \mu_B(y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)), \quad (6)$$

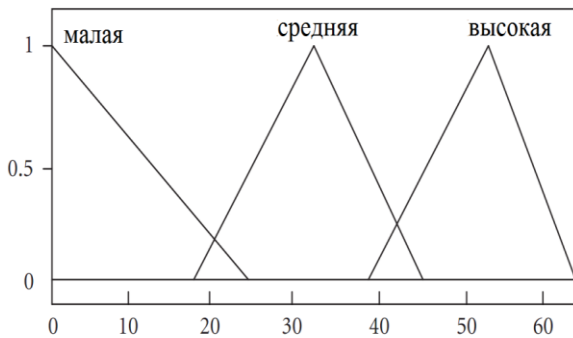


Рисунок 3 – Функция принадлежности пропускной способности

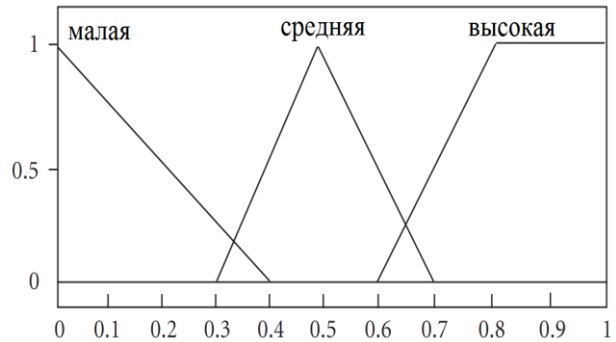


Рисунок 4 – Функция принадлежности загрузки буфера

В результате получаем, что:

$$\mu_B(y) = \max_{k=1, \dots, n} \left\{ \min \left[ \mu_{A_1^k}(\bar{x}_1), \mu_{A_2^k}(\bar{x}_2), \mu_{A_3^k}(\bar{x}_3), \mu_{A_4^k}(\bar{x}_4), \mu_{A_5^k}(\bar{x}_5), \mu_{B^k}(y) \right] \right\}, \quad (7)$$

где  $\bar{x}_i$ , ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ) - это входная переменная,  $A_i^k$  - соответствующее ей нечеткое множество;  $k = 1, \dots, n$  – правила нечёткого вывода,  $n$  - количество правил нечёткого вывода ( $n = 3^5 = 243$ , поскольку каждая из пяти лингвистических переменных может принимать три разных значения);  $y$  - выходная переменная (рейтинг маршрута),  $B$  - соответствующее ей множество, в соответствии с установленной базой правил выполняющее операцию нечеткого вывода.

Выводом каждого правила импликации является лингвистическая переменная - "рейтинг маршрута"  $y$ , множество значений которой состоит из пяти термов: "очень малый", "малый", "средний", "большой" и "очень большой". Значение рейтинга (качества) маршрута получается в результате операции дефаззификации выходного нечеткого множества.

Дефаззификацию выходного значения контроллера, т.е. значения "рейтинга маршрута" будем производить по методу центра тяжести.

$$\bar{y} = \frac{\int_Y y \mu_{B^k}(y) dy}{\int_Y \mu_{B^k}(y) dy} = \frac{\int_Y y \max_k \mu_{B^k}(y)}{\int_Y y \max_k \mu_{B^k}(y)}, \quad (8)$$

где  $\mu_{B^k}(y)$  - функция принадлежности правила выходного нечеткого множества  $k$ -ого правила базы правил,  $k = 1, \dots, n$ ; а  $k$  является точкой, в которой данная функция принадлежности принимает значение 1.

**Пример.** Рассмотрим простейший случай, такая сеть состоит из 11 узлов (рис. 5). Предложим что станция А ищет оптимальный маршрут для передачи пакетов данных станции J. Таким образом, протокол маршрутизации по требованию запускает процедуру обнаружения возможных маршрутов до узла J, при этом контрольные пакеты маршрутизации также передают параметры состояния узлов и каналов связи. Результат обнаружения были найдены пять возможных маршрутов A-D-G-J, A-B-E-K-H-J, A-C-F-I-J, A-B-E-G-J и A-C-F-G-J.

Получая ответы от станции J, станция А производит оценку пяти параметров: пропускной способности  $B(p)$ , задержки распространения  $d(p)$ , джиттера  $\nabla d(e)$ , количества узлов  $q(p)$  и загруженности пакетного буфера  $\bar{l}(p)$  на каждом обнаруженном маршруте.

Собрав необходимую статистику, станция А осуществляет перевод параметров состояния каждого из обнаруженных маршрутов в нечеткий формат, используя функции принадлежности для каждого из параметров.

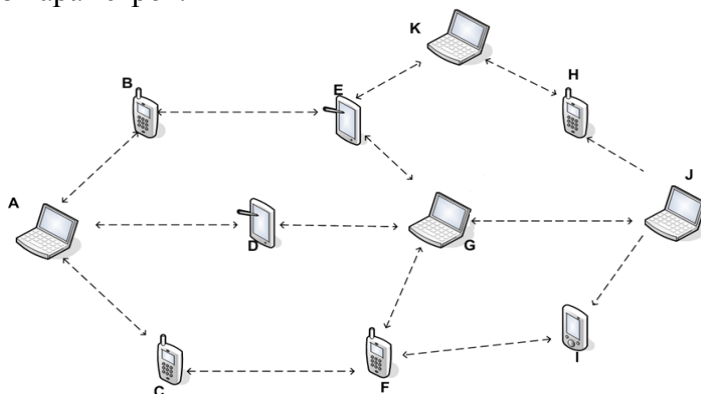


Рисунок 5 – Топология сети

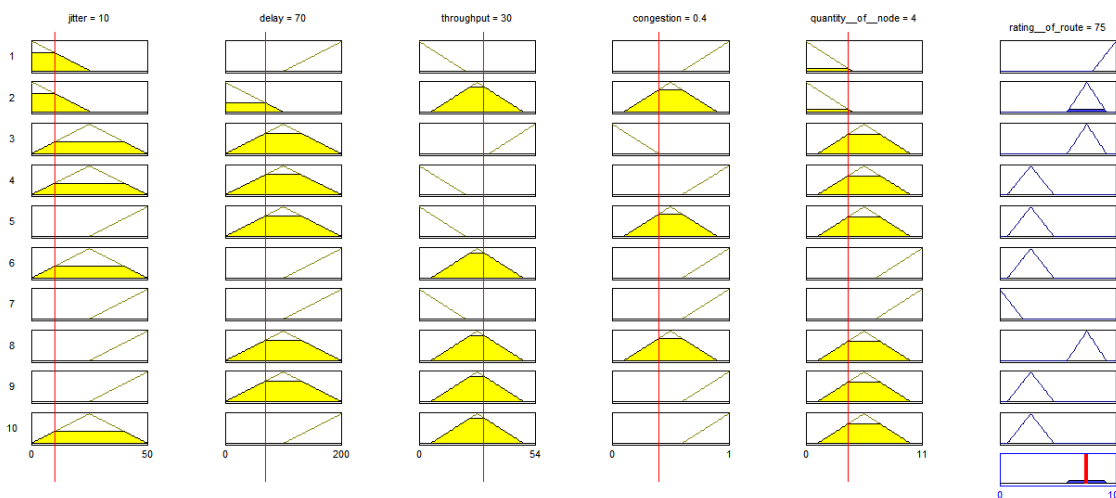


Рисунок 6 – Правило нечеткого вывода

Результаты фаззификации для пяти маршрутов со значениями в нечетком формате показано в таблице 1:

Таблица 1 – Результаты фаззификации

| Маршрут     | $\mu(B)$   | $\mu(q)$ | $\mu(d)$    | $\mu(l)$   | $\mu(y)$ |
|-------------|------------|----------|-------------|------------|----------|
| A-D-G-J     | 0.9        | 0.8      | <u>0.75</u> | 0.85       | 0.75     |
| A-B-E-K-H-J | 0.7        | 0.4      | 0.7         | <u>0.2</u> | 0.2      |
| A-C-F-I-J   | 0.9        | 0.6      | 0.6         | <u>0.5</u> | 0.5      |
| A-B-E-G-J   | <u>0.4</u> | 0.6      | 0.6         | 0.5        | 0.4      |
| A-C-F-G-J   | 0.6        | 0.6      | 0.8         | <u>0.3</u> | 0.3      |

Здесь отметим, что значению «1» в нечетком формате соответствует наилучшее значение показателя качества обслуживания.

Поскольку для каждого маршрута нечеткие значения показателей качества объединяются связкой «И», то для определения степени принадлежности всего набора показателей по правилу Мамдани используется оператор «МИН». Таким образом, для маршрута «A-D-G-J» получаем степень принадлежности равную 0.75, для «A-B-E-K-H-J»- степень принадлежности равную 0.2 и так далее для остальных маршрутов.

На втором этапе требуется выбрать оптимальный маршрут, используя логический оператор «ИЛИ», т.е. «A-D-G-J» ИЛИ «A-B-E-K-H-J» ИЛИ «A-C-F-I-J» ИЛИ «A-B-E-G-J» ИЛИ «A-C-F-G-J». Поскольку используется связка «ИЛИ», то оптимальный маршрут выбирается при помощи оператора МАКС для пяти определенных выше степеней принадлежности:  $\text{MAX}(0.75; 0.2; 0.3; 0.5; 0.4) = 0.75$ . Следовательно, при данных значениях показателей качества оптимальным считается маршрут «A-B-G-J», по которому будет осуществляться передача данных. Кроме оптимального из множества остальных маршрутов выбирается ещё два маршрута с наибольшими степенями принадлежности, которые и становятся запасными маршрутами, в нашем случае – «A-C-F-I-J» и «A-B-E-G-J».

Со временем показатели качества на выбранном маршруте могут ухудшаться по сравнению с другими маршрутами, тогда его использование будет нецелесообразно. Поэтому для эффективного использования маршрутов в процессе ведения информационного обмена осуществляется динамическая оценка рабочего маршрута. В случае снижения характеристик основного маршрута ниже порогового значения или при изменении топологии сети (узел или часть узлов может покинуть маршрут), осуществляется уточнение характеристик двух оставшихся запасных маршрутов и осуществляется выбор наилучшего из них.

**Выводы.** Использование аппарата нечеткой логики позволяет предложить новый метод маршрутизации с возможностью последующей оптимизации его работы для различных сценариев функционирования сети с целью повышения показателей качества обслуживания.

Отличительной особенностью предложенного алгоритма является возможность поиска лучшего маршрута в условиях нечеткой окружающей среды и невозможности получения устойчивых вероятностных оценок каналов связи.

Таким образом, данный протокол позволяет обнаруживать подмножество возможных маршрутов до узла назначения, передавать данные о состоянии узлов и каналов связи в контрольных сообщениях, а также кэшировать выбранные маршруты для повторного использования позднее.

Кроме того предлагаемый алгоритм в отличие от известного AODV позволяет на этапе установления соединения формировать три маршрута (один основной и два резервных). Это позволяет обеспечивать устойчивость к сбоям на маршруте передачи данных и повышать непрерывность обслуживания абонентов сети MANET за счет выбора двух резервных маршрутов, не имеющих пересечения с основным.

#### *Список литературы*

1. Akyildiz I. F., Lee W.Y., Chowdhury K.R. CRAHNs: Cognitive radio ad hoc networks / Ad Hoc Networks. 2009. №7(5). pp. 810 – 836.
2. Hanzo L., Tafazolli L. A Survey of QoS Routing Solutions for Mobile Ad hoc Networks / IEEE Communications Surveys and Tutorials. 2007. Vol. 9, №. 2. pp. 50-70.
3. Gowri A., Valli R., Muthuramalingam K. Review: Optimal Path Selection in Ad hoc Networks using Fuzzy Logic / International journal on applications of graph theory in wireless ad hoc networks and sensor networks (GRAPH-HOC). 2010. Vol.2. No.4.
4. Abolhasan M., Wysocki T., Dutkiewicz E. A review of routing protocols for mobile ad hoc networks / Ad hoc Networks. 2004. № 12(1). pp. 1-22.
5. Иванов А.Ю., Комашинский В.И., Малыгин И.Г. Мобильные распределенные базы данных Интеллектуальной мультимодальной транспортной системы. Монография. СПб: ИПТ РАН. 2017. 166 с.

6. Малыгин И.Г., Иванов А.Ю., Комашинский В.И. Информационная система наземной регистрации состояния безопасности воздушного судна // Научно-технический журнал «Пожаровзрывобезопасность». 2017. № 2. С. 45-52.
7. Бахтин А.А., Попов Л.А., Смирнов А.В. Эффективность реализации междууровневого взаимодействия для протокола быстрой маршрутизации в беспроводных ad-hoc сетях // Электроника, радиотехника и связь. Т.16. №5. 2009. С.159–165.
8. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком. 2007. 288 с.
9. Perkins C., Belding-Royer E. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing / Request for Comments: 3561. 2003. <http://tools.ietf.org/html/rfc3561>.
10. Laurent V., Philippe J., Thomas Heide C. Analyzing control traffic overhead versus mobility and data traffic activity in mobile Ad-Hoc network protocols. Wireless Network. 2004. 10(4). pp. 447-455.
11. Гоголева М.А. Классификация и анализ методов маршрутизации в MESH-сетях // Радиотехника. 2008.с 173-185. ISSN 0485-8972.
12. Per J. et al. Scenario-based performance analysis of routing protocols for mobile ad-hoc networks / In Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking. 1999. ACM Press: Seattle, Washington, United States.
13. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком. 2007. 452 с.

УДК 004.853, 025.4.03, 004.738.5:51-7

## **УЧЕТ МОДЕЛЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В КОГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ**

**Сильников Михаил Владимирович** – член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Генеральный директор Научно-производственное объединение специальных материалов 194044, Россия, Санкт-Петербург, Б.Сампсониевский пр., 28А, [sm@pro-sm.ru](mailto:sm@pro-sm.ru)

**Селиверстов Ярослав Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук 199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, [seliverstov-yr@mail.ru](mailto:seliverstov-yr@mail.ru)

*Аннотация.* Приводится построение модели функционального рационализатора потребительского поведения. Программная реализация модели функционального рационализатора потребительского поведения выполнена на языке Python\_3 с использованием библиотек matplotlib, collections, numpy, pyplot, mplot3d. Проведен анализ потребительского поведения до и после использования модели функционального рационализатора. Представлены графические результаты структурного анализ затрат старого и нового потребительского поведения, анализа потребительского поведения в границах теории возможностей и модели транспортного поведения жителя до и после применения модели функционального рационализатора.

*Ключевые слова:* транспортное поведение, когнитивные транспортные системы, функциональный рационализатор потребительского поведения, умная логистика.

INTEGRATION MODELS OF CONSUMER BEHAVIOR  
URBAN POPULATION IN COGNITIVE TRANSPORT SYSTEM

*Silnikov M.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored scientist of the Russian Federation, General Director of the Special Materials Corporation  
28A, B. Sampsonievsky, St. Petersburg, 194044, Russian Federation, sm@npo-sm.ru  
Seliverstov Yaroslav A. – Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov-yr@mail.ru*

*Abstract. A model of the functional rationalizer of consumer behavior is constructed. The software implementation of the model of the functional rationalizer of consumer behavior is performed in Python\_3 language using the matplotlib, collections, numpy, pyplot, mplot3d libraries. The analysis of consumer behavior before and after the use of the functional rationalizer model was carried out. Graphical results of the structural analysis of costs of old and new consumer behavior, analysis of consumer behavior within the boundaries of the theory of possibilities and the model of the transport behavior of a resident before and after the application of the functional rationalizer model are presented.*

*Keywords: transport behavior, cognitive transport systems, functional rationalizer of consumer behavior, smart logistics.*

Стремительное развитие мобильных и облачных технологий, перевод логистической, потребительской, коммуникационной и расчетно-денежной деятельности в информационно-сетевое пространство открывает новые пути развития когнитивных транспортных систем [1,2]. Непрерывное совершенствование современных городских информационно-аналитических систем с повсеместной интеллектуализацией городских логистических процессов, реализуемых на принципах Европейской концепции Смарт Сити сегодня становится авангардом развития мегаполисов. Построение систем управления процессами городской мобильности населения, анализ и учет персонального транспортного поведения становятся возможными в границах направлений Smart Logistics и ITS. Последние предполагают использование персональных навигационных логистических планировщиков, способных изменять потребительское и транспортно-логистическое поведение населения и прокладывать маршруты предпочтительного следования [3].

Дневное потребительское поведение современного человека, как правило, не рационально, так как в большинстве случаев оно замыкается на ограниченный круг потребностей – тем самым останавливается процесс развития человека. Субъективный процесс выбора [4-7] и поиска товаров и услуг из всего многообразия также не рационален, вероятность провести его оптимальным образом самостоятельно, без использования внешней информационной системы, близка к нулю. Таким образом, не только потребительское поведение, но и транспортная мобильность пользователя, которая связана с местом нахождения товаров и услуг может быть улучшена.

Основная цель работы заключается в разработке программной модели функционального рационализатора потребительского поведения (ФРПП), назначение которого – совершенствование и рационализация потребительского поведения человека в границах максимизации критерия объективных потребительских возможностей, с учетом его транспортной мобильности.

Входные данные: 1) дневной хронометраж: время, потребность, блага на удовлетворение потребности, количество потребляемых благ; 2) каталог благ с их стоимостью; 3) субъективная норма потребления благ; 4) каталог предпочтительных потребностей.

Графическая интерпретация логико-алгебраической модели функционального расширения потребностей потребителя представлена на рис. 1.

Таким образом, выходными данными модели будут: 1) рекомендуемый дневной хронометраж: время, новые предпочтительные потребности с указанием благ в размере рекомендуемой нормы по минимальной стоимости; дневные транспортные маршруты; 2) эконо-

мический анализ потребительского поведения; 3) анализ потребительского поведения в границах теории возможностей; 4) графическая визуализация результатов.

Программная реализация модели ФРПП выполнена на языке Python\_3 с использованием библиотек matplotlib, collections, numpy, pyplot, mplot3d.

Пример выводных данных программной реализации модели функционального рационализатора потребностей представлен ниже на рисунках 2-6.

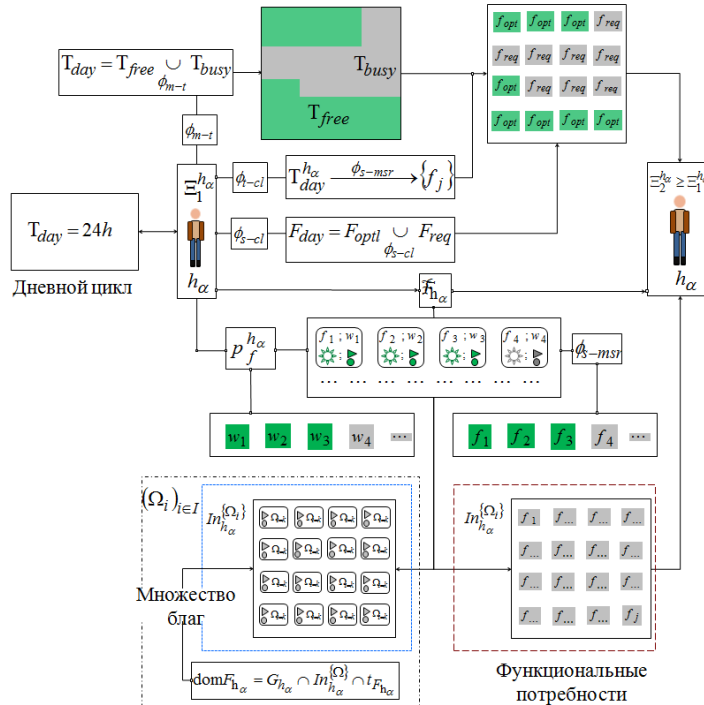


Рисунок 1 – Схема функционального расширения потребностей потребителя

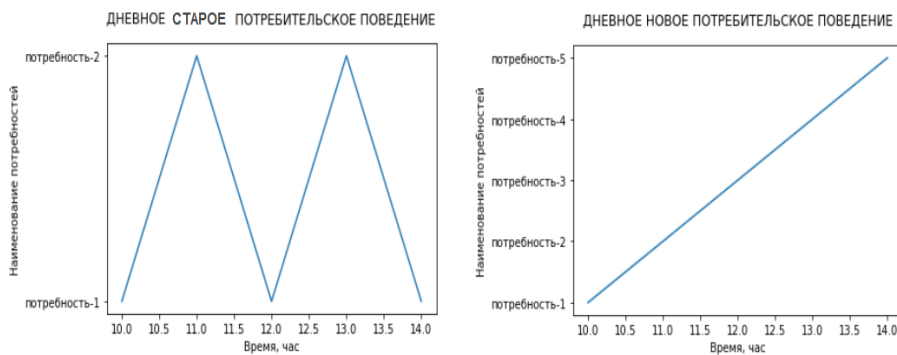


Рисунок 2 – Дневное потребительское поведение до и после функциональной рационализации

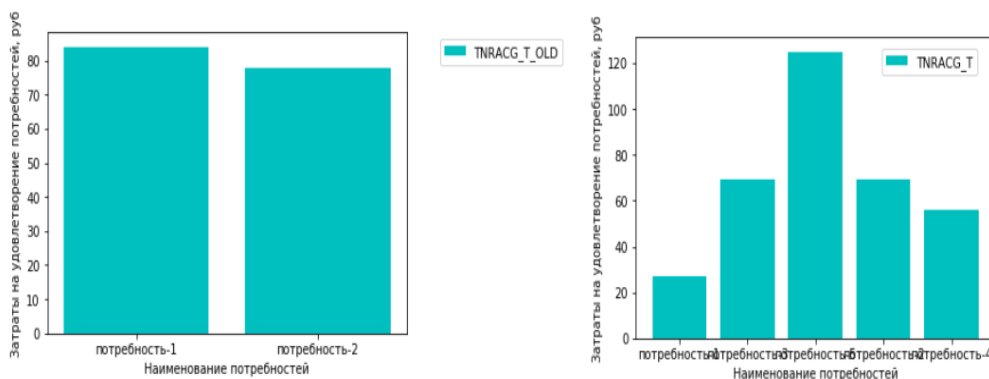
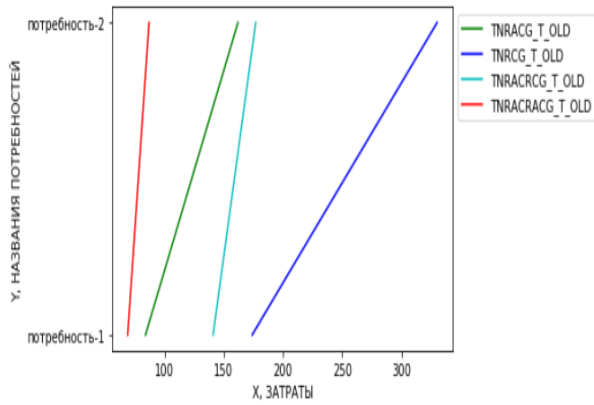


Рисунок 3 – Структурный анализ затрат старого и нового потребительского поведения

СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ НА РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ СТАРОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ



СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ НА РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ НОВОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ

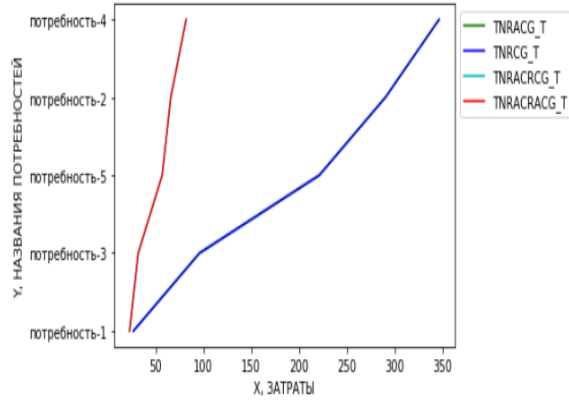


Рисунок 4 – Анализ затрат на различных режимах старого и нового потребительского поведения

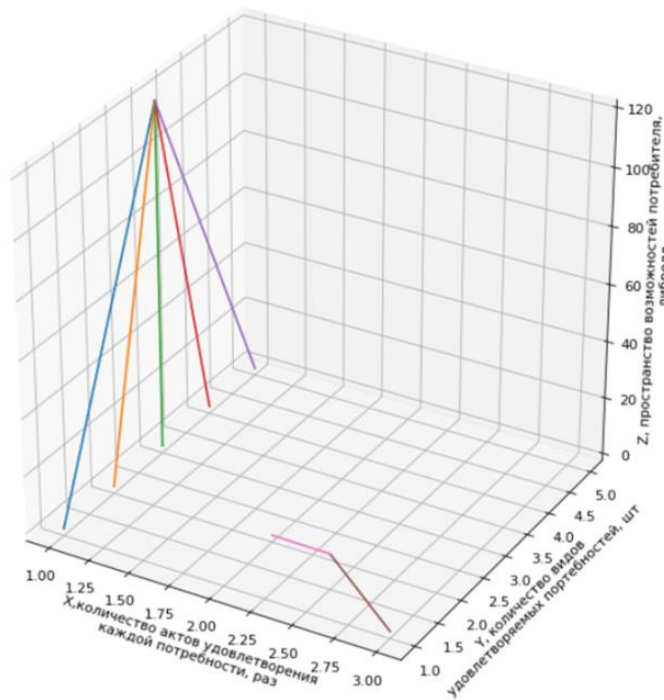


Рисунок 5 – Анализ потребительского поведения в границах теории возможностей

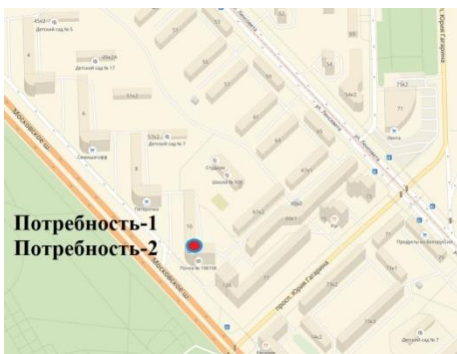


Рисунок 6 – Модель транспортного поведения жителя до применения модели функционального рационализатора



Рисунок 7 – Модель транспортного поведения жителя после применения модели функционального рационализатора



Через введение в модель ФРПП транспортной активности населения в привязке к ГИС-данным [8,9] допустим переход к процессу машинной интеллектуализации логистического поведения городского населения [10–13], последнее способно расширить отраслевой алгоритмический базис модели ФРПП в части экономико-транспортного моделирования.

Прикладное развитие модели ФРПП делает возможным построение систем управления процессами рационализации и устойчивости субъективного потребления в региональном масштабе, облегчает возможность внедрения систем управления рациональной субъективной социально-экономической активностью населения.

#### *Список литературы*

1. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // *Информация и космос*. 2016. № 3. С. 8–17.
2. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности. Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 1–13.
3. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Использование систем класса ГАТЛОСЭМИ для упреждения причин возникновения ДТП и неблагоприятных социальных исходов в "умном городе" // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление*. 2016. № 1 (236). С. 65–81.
4. Селиверстов Я.А. Основы теории субъективных функциональных возможностей рационального выбора // *Интернет-журнал Науковедение*. 2014. № 4 (23). С. 90.
5. Селиверстов Я.А. Формализация теории "функционального" субъективного потребительского поведения // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. 2016. № 1 (33). С. 7–30.
6. Рыжкова М.В. Возможности теории ожидаемой полезности в описании потребительского выбора // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2013. Т. 322. № 6. С. 65–70.
7. Рыжкова М.В. «Провалы» теории рационального выбора // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. 2012. № 3. С. 23–32.
8. Малыгин И.Г., Шаталова Н.В., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Михалев О.А. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // *Информация и Космос*. 2018. № 1. С. 6–13.
9. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе*. 2017. Т. 1. С. 230–233.
10. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Обзор показателей транспортной обеспеченности мегаполиса // *Вестник гражданских инженеров*. 2015. № 5 (52). С. 237–247.
11. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. О методе оценки эффективности организации процесса дорожного движения мегаполиса // *Вестник транспорта Поволжья*. 2015. № 2 (50). С. 91–96.
12. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Разработка показателей интегрального развития транспортной системы мегаполиса // *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2015. Т. 7. № 5 (30). С. 156.
13. Farman Ali and etc. Fuzzy Ontology - based Sentiment Analysis of Transportation and City Feature Reviews for Safe Traveling / Farman Ali, Daehan Kwak, Pervez Khan, S. M. Riazul Islam<sup>1</sup>, Kye Hyun Kim, K. S. Kwak // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2017, Volume 77, pp. 33 – 48.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПОТОКАМИ ПАССАЖИРОВ В АЭРОВОКЗАЛАХ**

**Зайцев Евгений Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Организации и управления транспортными системами»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, дом 38, enzaitsev@mail.ru

**Пашкевич Алексей Георгиевич** – генеральный директор ООО «Институт развития транспортных систем»

141100, Россия, Москва, ул. Мясницкая, д.24/7, стр.3, pashkevich@irts.su

**Тецлав Илья Александрович** – старший преподаватель кафедрой «Аэропортов и авиане перевозок»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, дом 38, tetslavil@gmail.com

**Шайдунов Иван Георгиевич** – старший преподаватель кафедры «Организации и управления транспортными системами»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, дом 38, naviaga@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрена дискретно-событийная имитационная модель обслуживания пассажиров в аэропорту Пулково созданная в среде AnyLogic. Обоснована необходимость применения имитационного моделирования в процессе принятия решений (ППР) при перераспределении ресурсов на более загруженные участки в авиационном транспортно-логистическом узле.

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, управление потоками, авиационный транспортно-логистический узел.

## **APPLICATION OF SIMULATION SIMULATION SYSTEMS IN MANAGING PASSENGER FLOWS IN AIRPORTS**

*Zaitsev Evgeniy N. – Doctor in Engineering, Professor, Department of Organization and Management of Transport Systems.*

*Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, enzaitsev@mail.ru*

*Pashkevich Aleksey G. - Director General of LLC «Institute Development of Transport Systems»*

*Myasnitskaya str., 24/7, building 3, Moscow, 141100, Russian Federation, pashkevich@irts.su*

*Teclav Ilya A.– senior lecture, Department of Airports and Aviation.*

*Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, tetslavil@gmail.com*

*Shaydurov Ivan G. – senior lecture, Department of Organization and Management of Transport Systems.*

*Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, naviaga@mail.ru*

*Abstract.* The article considers discrete-event simulation model of passenger service at Pulkovo airport created in the AnyLogic environment. The necessity of application of simulation

modeling in the decision-making process (DMP) is substantiated when resources are redistributed to more loaded areas in the aviation transport and logistics node.

*Keywords:* Simulation modeling, flow management, aviation transport-logistics node.

### Введение

Развитие и совершенствование транспортной системы управления перевозками предусматривает решение следующих задач, отмеченных в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [1]:

- развитие крупных транспортных узлов, логистических распределительных центров, обеспечение их единой технологической совместимости;
- создание единой системы и информационной среды технологического взаимодействия в транспортном узле;
- создание интеллектуальных транспортных систем с использованием глобальной навигационной системы для повышения качества и безопасности подготовки и выполнения перевозок.

Интеграция логистической деятельности требует слияния внешних и внутрипроизводственных логистических цепочек в единый авиационный транспортно-логистический узел как комплекс взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» (рис. 1) на этапах приема, обслуживания и отправки ВС, включает четыре основные фазы авиационного производства: «Прилет-А», «Прилет-Б», «Вылет-В» и «Вылет-Г», в котором взаимодействуют:

- Система «Аэропорт»
- Система «Авиакомпания»
- Система «УВД»

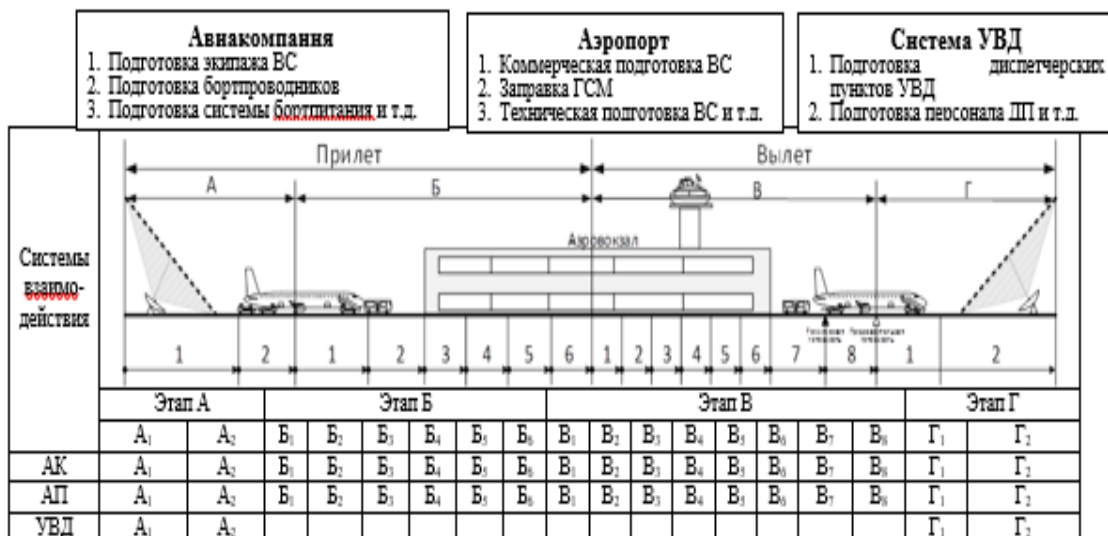


Рисунок 1 – Авиационный транспортно-логистический узел

В связи с этим, эффективность взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» зависит от свойств их элементов, обеспечивающих подготовку, функционирование и развитие. Работу авиационного транспортно-логистического узла (АТЛУ). Рассмотрим матричную структуру системы «Коммерческая подготовка ВС к рейсу» в АТЛУ (рис. 2), которая дает возможность комплексно рассматривать взаимодействие восьми элементов на всех этапах обслуживания вылетающих пассажиров из аэропорта.

Применяя матричную модель системы «Коммерческая подготовка ВС к рейсу» в АТЛУ [2,3], необходимо определить основные свойства элементов для формирования математической модели, оценки времени выполнения работ наземными службами аэропорта при обслуживании и подготовке рейсов, как в пункте вылета, так и в каждом пункте посадки:

Основные свойства пассажиров:

– количество пассажиров ( $N_{nacc}$ );

- наличие ручной клади (нет багажа) и запрещенных предметов ( $N_{pk}$ );
- класс обслуживания пассажиров ( $KL$ );
- возраст пассажиров ( $VZ$ );
- состояние здоровья (способность самостоятельно передвигаться) ( $ZD$ );
- тип пассажира (транзитный или трансферный) ( $TP$ ).

Основные свойства персонала:

- уровень профессиональной подготовки (компетенций) персонала ( $U_{перс. проф.}$ );
- необходимый уровень здоровья персонала ( $U_{перс. зд.}$ );
- уровень коммуникабельности персонала при обслуживании пассажиров ( $U_{культ.}$ ).

Основные свойства оборудования:

- количество оборудования ( $P_{об}$ );
- производительность ( $P_{об}$ );
- эргономичность ( $Эр_{об}$ ).

Основные свойства энергообеспечения при выполнении операции:

- энергопотребление электросветотехнического обеспечения ( $R_{лампы}$ );
- энергопотребление оборудования ( $R_{об}$ ).

Основные свойства коммуникаций:

- площадь зон обслуживания ( $S_{комм}$ )

| Элементы системы          | Этапы системы подготовки пассажиров к рейсу |                     |                                    |                                      |                        |                               |                     |                 |
|---------------------------|---|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------|
|                           | Аэровокзал                                  |                     |                                    |                                      |                        |                               |                     |                 |
|                           | 1. Прибытие в аэропорт                      | 2. Досмотр на входе | 3. Регистрация пассажиров и багажа | 4. Таможенный и пограничный контроль | 5. Преполетный досмотр | 6. Учет пассажиров на посадке | 7. Доставка к МР ВС | 8. Посадка в ВС |
|                           | 1   | 2                   | 3                                  | 4                                    | 5                      | 6                             | 7                   | 8               |
| 1 Пассажиры               | 1.1.  | 2.1.                | 3.1.                               | 4.1.                                 | 5.1.                   | 6.1.                          | 7.1.                | 8.1.            |
| 2 Технологический процесс | 1.2.  | 2.2.                | 3.2.                               | 4.2.                                 | 5.2.                   | 6.2.                          | 7.2.                | 8.2.            |
| 3 Персонал                | 1.3.  | 2.3.                | 3.3.                               | 4.3.                                 | 5.3.                   | 6.3.                          | 7.3.                | 8.3.            |
| 4 Техника                 | 1.4.  | 2.4.                | 3.4.                               | 4.4.                                 | 5.4.                   | 6.4.                          | 7.4.                | 8.4.            |
| 5 Энергообеспечение       | 1.5.  | 2.5.                | 3.5.                               | 4.5.                                 | 5.5.                   | 6.5.                          | 7.5.                | 8.5.            |
| 6 Коммуникации            | 1.6.  | 2.6.                | 3.6.                               | 4.6.                                 | 5.6.                   | 6.6.                          | 7.6.                | 8.6.            |
| 7 Экология                | 1.7.  | 2.7.                | 3.7.                               | 4.7.                                 | 5.7.                   | 6.7.                          | 7.7.                | 8.7.            |
| 8 Безопасность            | 1.8.  | 2.8.                | 3.8.                               | 4.8.                                 | 5.8.                   | 6.8.                          | 7.8.                | 8.8.            |

Рисунок 2 – Матричная структура системы «Коммерческая подготовка ВС к рейсу» в АТ-ЛУ

Экспериментальные исследования в аэропорту Пулково (рис. 3) показали, что на этапах регистрации, досмотре, посадки образуются скопления пассажиров, которые блокируют проходы, что приводит к задержке пассажиров других рейсов и приходится отстранять их от рейса. Ключевыми факторами образования очередей при обслуживании пассажиров в аэропорту являются материально-техническое обеспечение и расстановка ресурсов.

С развитием автоматизированных систем управления аэропортовым производством, разработанных на базе киберфизических систем в соответствии с принципами Индустрии 4.0 [4,5,6,7], совершенствуются процессы принятия решений с использованием имитационных моделей – цифровых двойников системы обслуживания пассажиров (рис. 4).

Главной особенностью цифрового двойника является возможность подключить его к физическому оригиналу путём передачи данных от множества установленных на нём датчиков и других «умных» устройств. В результате цифровой двойник функционирует параллельно с реальным объектом и может применяться, для диагностики, прогнозирования поведения объекта в сбойных ситуациях и комплексной оптимизации процесса обслуживания пассажиров.

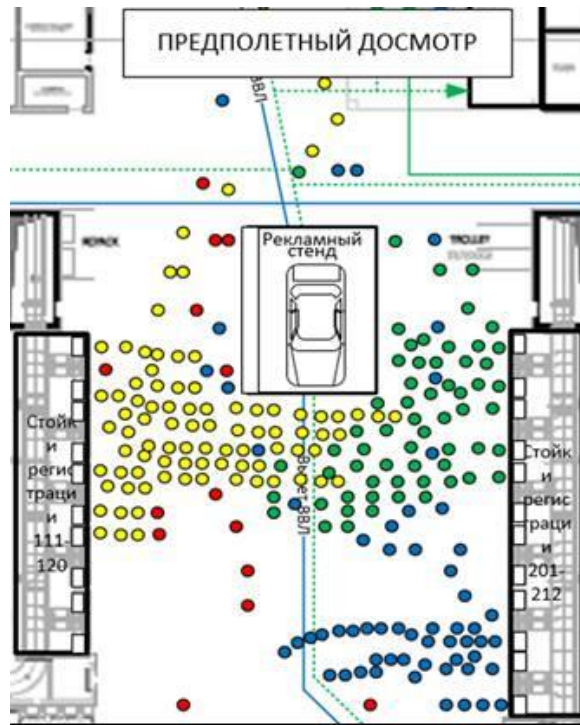


Рисунок 3 – Скопления пассажиров в зоне регистрации аэровокзала

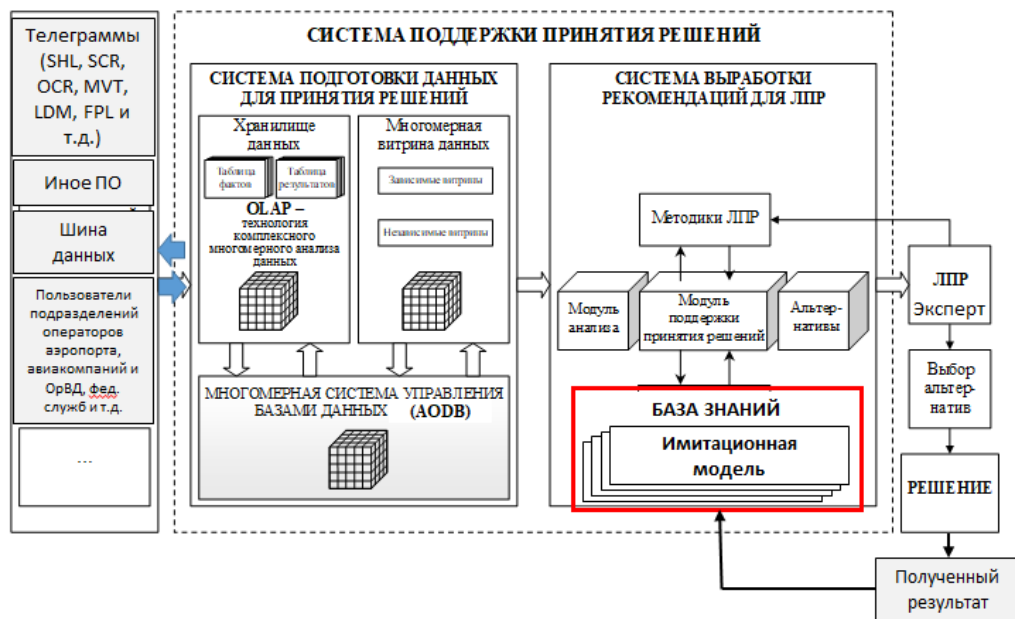
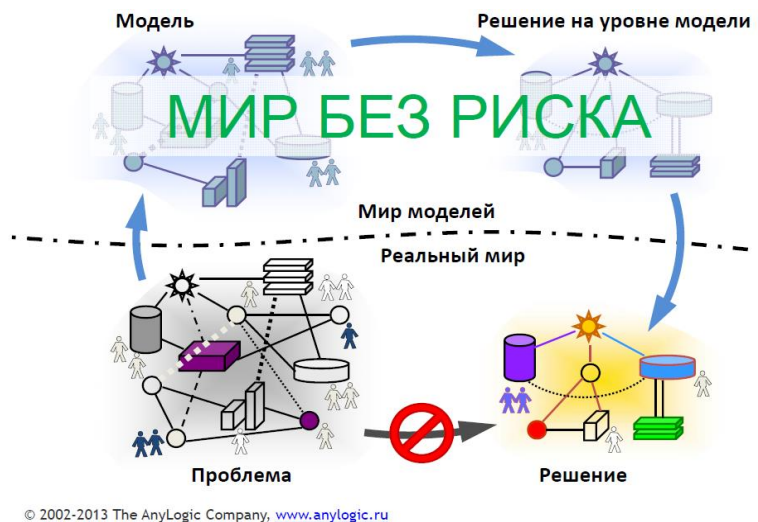


Рисунок 4 – Схема организации информационных потоков в системе поддержки принятия решений с самообучением

Имитационное моделирование позволяет в «безрисковой» виртуальной среде проводить эксперименты и определять оптимальные параметры для повышения эффективности объекта моделирования (рис. 5).

Применение имитационной модели обслуживания пассажиров возможно при планировании ресурсов в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективах, как в виде отдельного приложения, так и в составе системы управления ресурсами (RMS). Имитационная модель авиационного транспортно-логистического узла разработана в среде моделирования AnyLogic и может быть настроена для моделирования любой конфигурации аэропорта с помощью соответствующей настройки параметров.



© 2002-2013 The AnyLogic Company, [www.anylogic.ru](http://www.anylogic.ru)

Рисунок 5 – Этапы процесса принятия решения в виртуальной «безрисковой» среде

Алгоритм формирования плана с использованием RMS и имитационной модели состоит из последовательных этапов (рис. 6).

Этапы формирования плана:

1. Формирование файла исходных данных из корпоративной базы данных;
2. При необходимости коррекция файла исходных данных ЛПП;
3. Формирование плана в RMS в файл;
4. Полученный файл используется как файл с исходными данными имитационной моделью необходимыми для проведения экспериментов;
5. Формирование в имитационной модели результатов проведения экспериментов в виде отчетов-рекомендаций для ЛПП.

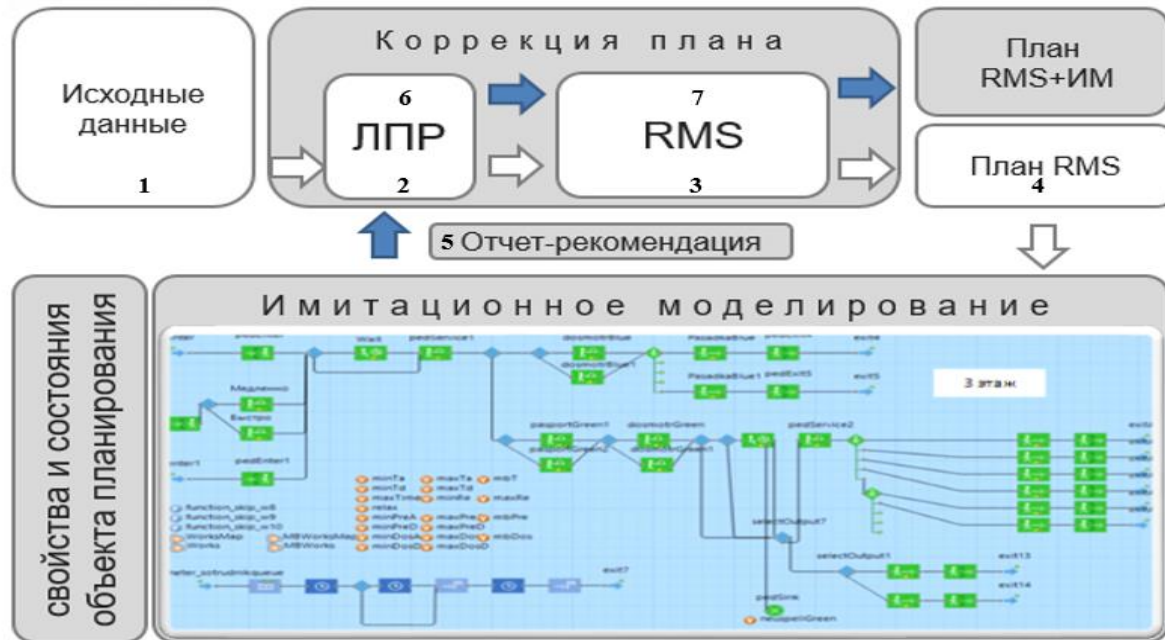


Рисунок 6 – Алгоритм формирования плана с использованием RMS и имитационной модели

### Заключение

Рассмотрена матричная структура и состояние системы подготовки пассажиров к вылету в авиационном транспортно-логистическом узле. Рассмотрен процесс принятия решения ЛПП при обслуживании пассажиров в аэропорту с использованием имитационной модели, разработанной в среде AnyLogic, с учетом динамично меняющейся обстановки.

Использование имитационного моделирования в проактивном управлении производ-

ственными процессами в аэропорту направлено на минимизацию потерь в сбойных ситуациях и повышение регулярности полетов ВС.

#### *Список литературы*

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р)
2. Зайцев Е.Н., Конинова Е.В., Тецлав И.А., Шайдуров И.Г. Комплекс взаимодействия систем «Аэропорт – Авиакомпания - УВД» в системе смешанных перевозок. Вестник Санкт-Петербургского университета гражданской авиации. Под ред. М.Ю. Смурова / С.-Петербург: СПбГУ ГА. 2016. С. 101–117.
3. Конинова Е.В., Тецлав И.А. Разработка системы управления обслуживанием пассажиров в авиационном транспортно-логистическом узле с использованием имитационного моделирования. Транспорт России: проблемы и перспективы - 2017. Материалы Международной научно-практической конференции, 14-15 ноября 2017 г. СПб.: ИПГ РАН. – Санкт-Петербург. 2017. С. 395–399.
4. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Комиссаров С.А., Сорокин К.Н. Сети, информация и знания – основные драйверы четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информация и Космос / Радиотехника и связь. 2016. №1. С. 14–25.
5. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и Космос. 2016. №3. С. 8–17.
6. Малыгин И.Г., Шаталова Н.В., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Михалев О.А. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Информация и Космос. 2018. № 1. С. 6–13.
7. Толуев Ю.И. Задачи имитационного моделирования при реализации концепции Индустрия 4.0 в сфере производства и логистики// Труды Восьмой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2017) (г. Санкт-Петербург, 18-20 октября 2017 г.). СПб: Изд-во ВВМ. 2017. С.57–65.

УДК 656.6:654.9

### **КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ЧЕЛОВЕКА – ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Маринов Марин Любенков – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, marinlomsky@gmail.com  
Республика Болгария*

*Аннотация. В статье раскрыты механизмы принятия решений и особенности формирования поведения людей в нормальных и экстремальных условиях. Обращается внимание на то, что на поведенческие процессы оказывают влияние не только факторы, определяющие основные чувственные и мыслительные процессы, но и такие факторы, которые касаются так называемого „высшего этажа” сознания человека (морально-нравственного, сознательно-духовного, вероисповедального, волевого, мировоззренческого). Когнитивность как “разум” означает “способность думать, объяснять, обосновывать действия, идеи и гипотезы. Аналитическая сущность мысли проявляется в способности разлагать целое на части, декомпозировать и редуцировать реальность. В этом смысле когнитивность связана с выявлением причинно-следственных связей, что свойственно рас-*

судку, а это означает, что когнитивные технологии никогда не смогут быть „духовно-нравственными“, „сознательно-волевыми“, „идейными“, „мировозренческими“. В этом смысле они могут быть только подкреплением, но не фактором развития человеческого сознания.

Ключевые слова: когнитивные технологии, человеческое сознание, механизмы принятия решений, поведенческие факторы.

## COGNITIVE TECHNOLOGY IN HUMAN-SERVICE OPPORTUNITIES AND PROSPECTS

*Marin Marinov Lyubenov – PhD, Leading Researcher an employee of the laboratory of Vehicle Safety systems*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, marinlomsky@gmail.com*

Abstract. *The article reveals the decision-making mechanisms and the peculiarities of human behaviour under normal and extreme conditions. Attention is drawn, that behavioral processes indicate that impact not only the major determinants of sensual and mental processes, but also such factors, which relate to the "top floor" of human consciousness (moral-ethical, consciously-spiritual, veroispovedalnogo, strong-willed, mirovozrencheskogo). Cognition as "reason" means "the ability to think, to explain, to justify actions, ideas and hypotheses. The analytical essence of thought is manifested in the ability to decompose an integer into parts and reduce the dekompozirovat reality. In this sense, cognition associated with identifying cause-effect relationships that peculiar reasoning, meaning that cognitive technology can never be a "spiritual", "consciously-volitionally", "thought", "mirovozrencheskimi ". In this sense, they may be the only reinforcement, but not a factor.*

Keywords: *cognitive technology, human consciousness, decision-making mechanisms, behavioural factors.*

Выражение когнитивные технологии вошло в наш обиход после Указа Президента РФ от 7 июля 2011 г. N 899 "Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации". Суть когнитивных технологий в том, чтобы разгадать, как человек воспринимает и перерабатывает получаемую информацию, какие шаблоны (когнитивные схемы) формирует.

Когнитивные технологии отличаются от познавательных тем, что познание происходит в новой информационной среде. Это не только люди, природа, техника, знаки (книги), но и компьютеры и сети (социальные и электронные). Cogito значит «познавать». Когнитивная наука изучает процесс познания - как мы воспринимаем мир, как мыслим, на что обращаем внимание. На основе её открытий конструируются когнитивные технологии - устройства, следящие за работой нашего мозга и учитывающие наше состояние.

Первые графические оболочки у программ появились в 80-е годы и всего за несколько лет поглотили ум большей части прогрессивного человечества. Графический интерфейс произвел революцию, сделавшую компьютер важнейшим дополнением к человеческому мозгу. Мир на экране компьютера стал похож на предметный мир, на работу с которым настроен наш мозг.

Когнитивные технологии сейчас используются для описания слабоструктурированных систем, характеризующихся многоаспектностью происходящих в них процессов, отсутствием достаточной количественной информации об их динамике, нечеткостью, изменчивостью характера процессов во времени. Они находят применение при разработке систем автоматического считывания информации с анкет Пенсионного фонда, налоговых деклараций, форм для получения кредитов, при обработке результатов выборов, в электронной торговле, при взаимодействии между оперативными службами, для распознавания слитной ре-



чи в телефонии, для распознавания номеров домов и названий улиц в помощи слепым людям, для сравнения содержания текстов или определения его принадлежности и др.

Считается, что вершиной развития когнитивных технологий в обозримом будущем должна стать разработка мегасистемы, способной самостоятельно справляться с бизнес-задачами: решать различные вопросы металлургической, лесной, энергетической или любой другой отрасли, а также играть на биржах, давать анализ политических ситуаций. Система сможет накапливать объем своих знаний и совершенствовать правила оперирования этими знаниями. «Ее основными модулями станут самообучающиеся системы, способные принимать решения качественнее и быстрее человека. На основе накопленных знаний системы, компьютеры смогут дать обоснованный совет по поводу того, насколько целесообразно или нет выполнять конкретную бизнес-задачу, осуществить контроль за реализацией, подсказать, как лучше расставить приоритеты выполнения работ, и т.д.

Сейчас есть пять основных направлений в сфере когнитивных технологий, которые считаются самыми перспективными:

– *Нейровизуализация*, где в головном мозге подопытных вспыхивают флуоресцентные метки, а ученые имеют возможность наблюдать за происходящим и могут делать выводы какая часть мозга за что отвечает. Это знание является базой для многих других когнитивных технологий, а заодно открывает неограниченные возможности в плане «промыывания мозгов», детекции лжи и тотального контроля;

– *Когнотропные препараты* – это лекарства, которые улучшают интеллект и память, сокращают сон и помогают сконцентрироваться. Сейчас производятся витаминные комплексы, повышающие работоспособность, транквилизаторы, снимающие тревогу и стимулирующие умственную деятельность, стимуляторы памяти, или наоборот, препараты, стирающие воспоминания о неприятных событиях или делающие эти события не столь неприятными;

– *Когнитивные ассистенты*. Это системы адаптивной поддержки человека в динамически меняющихся технических средах. Сейчас есть на вооружении системы, которые могут следить за вниманием машинистов и водителей, а также уже разрабатываются системы «гиперкоммуникации», которые помогут людям, находящимся на расстоянии, следить за вниманием друг друга;

– *Мозго-машинные интерфейсы* – это системы управления компьютером с помощью камеры, следящей за направлением взгляда, на принципе электроэнцефалографии или на других принципах, позволяющих программе угадывать желания человека и исполнять его мысленные команды. Ожидается, что при помощи мозго-машинных интерфейсов рано или поздно станет доступно мысленное управление любыми устройствами, а мозг будет подсоединён к общей сети.

– *Искусственные органы чувств*. Ученые уже научились создавать глаза, различающие свет и темноту. Сейчас их „учат“ различать цвета и формы, а перспективы такие, что бывшие слепые смогут видеть в ультрафиолете и в инфракрасном свете, делать микрофокусирование и другие вещи, на которые сейчас они не способны.

Есть еще нейропротезы, которые намного превзойдут по своим возможностям наши руки и ноги, есть искусственная память, которая будет во всем превосходить ту, что присуща нам сейчас и др.

Есть и другие идеи, чья реализация надеется на помощь психологии, потому, что именно в ее диапазоне рассматривается сущность и содержание таких категорий, как индивидуальность, сознательные и бессознательные потребности и др. Но возникает вопрос „Сможет ли психология объединить такие категории, как инстинкты, восприятия, чувства, ум, интеллект, личность, духовность, интуиция, воображение, идея, мысль, сознание, подсознание, память, мораль, воля, интерес, большая часть из которых не находятся в ее диапазоне. Для того, чтобы понять каким образом человек воспринимает мир и что влияет на его решения, необходимо проанализировать механизмы принятия решений, надо найти их общую логику, определить факторы, которые на них влияют, место каждой из

перечисленных категорий в этих механизмах, и только тогда можно реально оценить возможности когнитивного направления в науке.

Динамика психологических процессов, лежащих в основе постоянно повторяющегося цикла принятия решения раскрывает следующие процессы: воспринятый сенситивными органами образ наблюдаемого объекта или явления из окружающего мира отражается в человеческом уме, порождая определенные ощущения, чувства и эмоции или вызывая некие инстинкты (рис. 1). Такой же эффект возникает и в результате случайно появившихся в уме мыслей, чувств, ассоциаций, вызывающих какой-то первичный интерес к определенным предметам или явлениям, которые человек видел раньше.

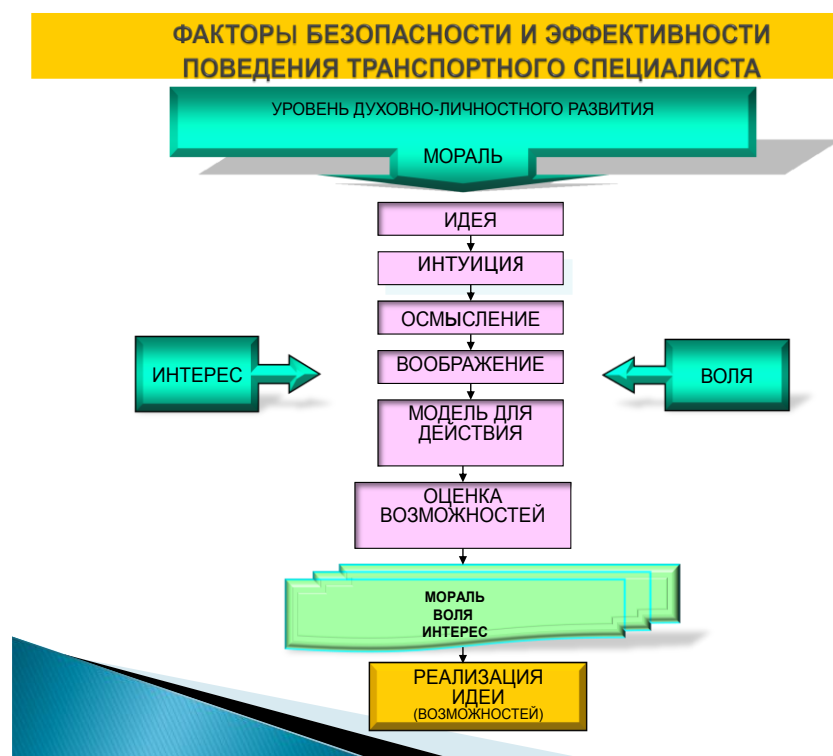


Рисунок 1 – Модель цикла принятия решения

Умственный образ (осознанная мысль), на уровне абстрактного мышления, ведет к появлению какой-то идеи, которая дальше может „проявиться” под видом интуитивного восприятия, или же может быть конкретизирована человеческим умом, превращаясь в непрерывно развивающуюся мысль. Ум, в соответствии с волей человека, может «проектировать» мысль в одном из следующих условных направлений:

- мысль может вызвать чувство повышенного интереса к данному предмету или явлению и стать причиной для последующих действий;
- мысль может вызвать чувство безразличия;
- мысль может воздействовать на ум другого человека, передавая информацию, чувства, действовать в виде внушения и т. д.

Ситуации, когда мысль вызывает чувство повышенного интереса к данному объекту или явлению, можно также условно группировать в несколько типовых вариантов, в которых человек может проявить:

А. Волю к моральным действиям, отражающую высокоразвитую духовную сущность человека;

Б. Волю к эгоистическим действиям, основанную на удовлетворении каких-то эгоистических потребностей развивающейся индивидуальности (личности);

В. Волю к аморальным действиям, подчиненную удовлетворению низких страстей и желаний;

Г. Волю к действиям, которая по каким-то причинам может быть перенаправлена, от реализации „морального” интереса, к „аморальному” и обратно.

В зависимости от уровня морального развития человека у него может наблюдаться резко отличающееся поведение, находящееся в диапазоне от проявления чувств долга и полной отдачи, до более или менее поверхностного и даже безответственного отношения к выполнению профессиональных обязанностей.

При сознательном и ответственном отношении (А), человек, независимо от своего психофизиологического состояния и текущих проблем, сосредоточивает свое внимание на правильном анализе внешних и внутренних условий. В основе его действий лежат воля для выполнения своих обязанностей, забота о жизни людей и безаварийности обслуживаемых систем. Чувства долга и ответственности имеют мощное мобилизующее воздействие на человека и служат неизменным стимулом, способствующим преодолению трудностей и ограничений. Такое поведение обеспечивает максимальную безопасность осуществления трудового процесса.

Во втором варианте (Б), личностный склад человеческого характера может направить его волю на удовлетворение потусторонних или более или менее эгоистических потребностей. Это может сопровождаться формальным или пренебрежительным отношением к выполняемым действиям и увеличивает риск уклонений от служебных обязанностей. Подобное поведение не всегда мотивировано и не может быть гарантированно безопасным.

В третьем варианте (Г), при аморальном отношении, интерес к качеству выполняемой работы обычно отсутствует или он замещается другими, сугубо эгоистичными интересами, не связанными с выполнением рутинных действий. В такой ситуации человеческое поведение может быть цинично безответственным, бесконтрольным и опасным, а воля для выполнения служебных обязанностей будет полностью отсутствовать. Это откровенно рискованное поведение с непредсказуемыми последствиями.

Результаты проведенного ситуационного моделирования и наблюдения показывают, что есть три базовых фактора безопасности человеческого поведения, которые отражают уровень духовно – личностного развития человека и в значительной мере определяют “безопасность” его конечных решений. Это – *воля, интерес и мораль*. Базовые факторы являются основополагающими факторами безопасности всего человеческого поведения и отличаются постоянством и инертностью. Поэтому быстрое и эффективное воздействие на них является практически невозможным. Триада «мораль – воля – интерес» находится в единстве и взаимосвязи: если нет морали, то воля и интерес ведут к небезопасным действиям; если нет воли – моральные интересы невозможно реализовать; если нет интереса – волю к моральным действиям нельзя применить в жизни.

Кроме базовых факторов (мораль, воля и интерес), на безопасность человеческого поведения влияют еще и факторы, которые можно объединить во вторую группу - „оперативные” факторы безопасности. Оперативные факторы безопасности человеческого поведения отличаются более быстрой динамикой и меняются в зависимости от momentного состояния человека и условий, в которых он находится. Они могут различаться в разные периоды осуществляемой деятельности. Оперативными факторами безопасности являются: *когнитивные способности; физические возможности; профессиональные умения; психологическая подготовка*

Если проанализировать действия перечисленных базовых и оперативных факторов в единстве и взаимосвязи, будет видно, что только их комплексная оптимизация может привести к высокому уровню успешности и тем самым, к законченному эффекту безопасности совершаемых действий. Недоведенные до конца и неэффективные действия, в конечном итоге не могут считаться окончательно безопасными, потому что предполагают дальнейшее отрицательное влияние со стороны человека на протекающие процессы. Поэтому необходимо говорить и о «*факторах успешности человеческих действий*».

Факторы успешности человеческих действий имеют более всеохватывающий характер и включают в себя как перечисленные базовые и оперативные факторы безопасности, так и некоторые духовно-личностные компоненты человеческой сущности такие, как: опыт,

культура, вера, способности, состояния и др. Для достижения высокого (законченного) уровня безопасности и успешности человеческой деятельности, ведущую роль играют такие категории, как *мудрость, упорство и активность*. *Мудрость*, здесь включает осмысленное мировоззрение человека на основе морали, знаний, опыта, культуры, веры, *активность* выражается в динамике реализации его интересов, а *упорство* выражается в силе его воли для достижения поставленной цели.

Мораль человека является своеобразной рамкой, в которой могут проявляться свободная воля и разносторонние и изменчивые человеческие интересы, поэтому мораль является фундаментальным фактором как для безопасности человеческого поведения, так и для его конечной результативности.

Раскрытый механизм принятия решений указывает на то, что в решениях и поведении людей участвует не только факторы, определяющие основные чувственные и мыслительные процессы, но и такие факторы, которые касаются некоторых аспектов „высшего этажа” устройства сознания человека (морально-нравственного, сознательно-духовного, вероисповедательного, волевого, мировоззренческого). Сейчас есть видение того, какие возможности могут иметь когнитивные технологии, но возникает вопрос, что останется вне их диапазона. Когнитивность как “разум” означает “способность думать, объяснять, обосновывать действия, идеи и гипотезы”. Аналитическая сущность мысли проявляется в способности разлагать целое на части, декомпозировать и редуцировать реальность. В этом смысле когнитивность связана с выявлением причинно-следственных связей, что свойственно рассудку, а это означает, что когнитивные технологии никогда не смогут быть идейными, сознательными, душевными или духовными.

Развитие когнитивных технологий необходимо и они несомненно добавят возможности человеку, но развивая это направление нельзя оставлять без ответа главный вопрос: „Правильно ли это богоподобному, высшему, природному человеческому интеллекту, (который сейчас использует 5-10% своих возможностей), стремиться к созданию “искусственного”, себеподобного, заблаговременно несовершенного интеллекта, или стремиться к созданию когнитивных технологических „насадок”, вместо того, чтобы стремиться к 100% развитию своих естественных возможностей?

По мнению автора для развития человеческого сознания и полноценного духовного развития необходимы другие технологии, как например:

- технологии, связанные с развитием ценностной ориентации человека;
- технологии, связанные с развитием профессионально-ценностной оценки человека;
- технологии, связанные с этико-волевым становлением и воспитанием природо-гуманного мировоззрения учащихся в системе образования;
- технологии, связанные с исследованием парапсихологических явлений и развитием психотроники, но не в интересах манипулирования человеческим сознанием, а в интересах духовного развития людей и др.

Подобные технологии можно условно назвать технологиями „Духовного Становления Человеческих Ресурсов” - *Spiritual Formation Human Resource (SF-HR)*. И только тогда государство, в котором такие технологии полноценно дополняют развивающиеся сейчас дигитально-машинные технологии, сможет стать государством „всемирным технологичным лидером”.

#### *Список литературы*

1. Круглеевский В.Н. Применение методов когнитивной инженерии при создании систем управления судовыми техническими средствами. // Материалы 8 Всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы комплексной автоматизации технических средств». СПб. ЦНИИ «Аврора». 1991. Вып.13. С. 29-30.

2. Маринов М. Л. Концепция подготовки специалистов по усвоению шельфа // Научный журнал - Морские интеллектуальные технологии. Санкт-Петербург. 2012. №1 (спецвыпуск). С. 85-88;

3. Маринов М.Л. Проблемы и перспективы оценки поведения руководителей и специалистов в профессиональной сфере // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2015. №4(39). С.215-224.
4. Маринов М. Л. Человеческий фактор-особенности решения проблемы // *научная монография*, Saarbrucken, Germany, „Palmarium - Lambert Academic Publishing”, 2014, 178 с.
5. Мински М. Фреймы для представления знаний // М.: Мир. 1979. С. 67-91.
6. Скороходов Д. А. Функции и режимы интегрированных систем управления // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ „ЛЭТИ”. 2010. С. 84.
7. Higgins A., Koucky S. Go-anywhere rescue hovercrafts. // *Machine design*. 2001. №10. P. 26.
8. Sira-Ramirez H., Ibanez C.A. On the control of the hovercraft system // *Dynamics and control*. 2000. №2. PP. 151-163.
9. Perrow C. Normal Accidents: living with high-risk technologies // Princeton University Press., Chichester, United Kingdom, 1999. P. 73-84.
10. Reiss, S., Levitan, G.W., & McNally, R.J // Emotionally disturbed, mentally retarded people: An undeserved population. *American Psychologist*. 1982. P. 12-23.

УДК 159.9

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПСИХОСЕМАНТИКИ В ОЦЕНКЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)**

*Щукина Мария Алексеевна – доктор психологических наук, зав. (профессор) кафедрой общей, возрастной и дифференциальной психологии*

*Санкт-Петербургский государственный институт психологии и социальной работы  
199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия Васильевского острова, д. 13А,  
corr5@mail.ru*

*Крайнюков Сергей Владимирович – кандидат психологических наук, старший преподаватель кафедры общей, возрастной и дифференциальной психологии*

*Санкт-Петербургский государственный институт психологии и социальной работы  
199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия Васильевского острова, д. 13А,  
sv\_krayn@mail.ru*

*Аннотация.* Описаны результаты психосемантического исследования структур оценивания передвижения на различных видах транспорта и в различных условиях в сознании жителей Санкт-Петербурга ( $n=75$ ) в форме пятифакторной модели: комфорт, лёгкость, доступность и безопасность, уединённость и чистота, температурная оценка передвижения. Показано расположение оценок разных видов городского транспорта в семантических пространствах выделенных факторов.

*Ключевые слова:* транспорт, передвижение, психосемантика, оценка, комфорт, лёгкость, доступность, безопасность, уединённость, чистота

## **THE CAPABILITY OF PSYCHOSEMANTICS IN THE EVALUATION OF TRANSPORT SYSTEMS (ON EXAMPLE OF ST. PETERSBURG)**

*Shchukina Mariia A. – Sc.D. (psychology), Head of Department of the general, developmental and differential psychology*

*St. Petersburg state institute of psychology and social work  
12 line of V.I., 13A, 199178, St. Petersburg, Russia, corr5@mail.ru*

*Kraynukov Sergey V. – Ph.D. (psychology), Senior lecturer of Department of the general, developmental and differential psychology*

***Abstract.** The paper describes the results of a psychosemantic research of the evaluation structures of movement in different modes of transport and in different conditions in the minds of St. Petersburg residents (n=75) in the form of a five-factor model: comfort, ease, availability and safety, solitude and purity, temperature assessment of movement. The location of estimates of different types of urban transport in the semantic spaces of the selected factors is shown.*

***Keywords:** transport, movement, psychosemantics, evaluation, comfort, ease, accessibility, safety, privacy, cleanliness.*

Эффективность работы транспортных систем – важный индикатор социального благополучия, критерий оценки продуктивной работы властных структур, успешности взаимодействия государства и бизнеса, продуманности социальной политики. При этом в его оценке важно учитывать не только финансовые показатели, но и социально-психологические. Для их понимания и прогнозирования формирования общественного мнения о разрабатываемых и внедряемых в жизнь города транспортных проектах необходимо обращать внимание на содержание субъективных оценок, приоритетов и предпочтений пользователей транспортных систем и потребителей транспортных услуг. В этой связи значимой становится задача разработки методов оценки транспортных систем с точки зрения их пользователей. Такие методические возможности предоставляет психосемантика – актуальное направление психологических и социальных исследований сознания. В контексте решения понимания востребованности транспортных проектов и эффективности транспортных услуг для жителей города психосемантическая методология позволяет изучить категориальные структуры сознания, актуализирующиеся при оценке передвижения на различных типах транспорта и в различных условиях.

Психосемантика – относительно молодая область психологической науки, сложившаяся в начале 1970-х годов [1-6] и др. Она реализует субъективный подход к пониманию другого человека, в основе которого лежит стремление увидеть мир его глазами. Личность в психосемантике изучается «не как набор объективных характеристик в пространстве диагностических показателей, а как носитель определённой картины мира, как некоторый микрокосм индивидуальных значений и смыслов» ([2], с. 8-9).

Реконструкция систем значений в методическом плане осуществляется через построение так называемых семантических пространств. В.П. Серкин рассматривает психосемантическое пространство как «операциональный аналог субъективного опыта» ([3], с. 13). В ходе применения конкретной методики семантического дифференциала, обследуемого, как правило, просят оценить ряд предъявляемых ему понятий (персонажей, образов, ситуаций) по совокупности биполярных градуированных шкал. Для изучения конкретных содержательных областей ряд авторов ([2,3,7] и др.) считают целесообразной разработку специализированных (денотативных) семантических дифференциалов, адаптированных к цели конкретного исследования. Такая разработка включает в себя определение содержательной области через систему отражающих её понятий и шкал для их оценки.

Преимуществом психосемантического метода является неочевидность цели исследования для респондентов, что позволяет преодолевать их защитные механизмы, выявлять глубинные установки, определяющие оценку транспортной инфраструктуры.

Немаловажными для настоящего исследования являются также такие достоинства семантического дифференциала, как гибкость, трансформерность, позволяющие разрабатывать методику в соответствии со спецификой проводимого исследования, а также стандартность получаемых результатов, дающая возможность работать с большими выборками и использовать различные методы математической статистики. Полученные по методике семантического дифференциала данные, как правило, обрабатываются методами факторного и кластерного анализов. Факторный анализ позволяет объединить отдельные коррелирующие шкалы в

ёмкие категории-факторы, отражающие основные структуры оценивания обследуемыми изучаемой содержательной области.

Продемонстрируем возможности применения психосемантической процедуры в эмпирическом исследовании субъективных оценок транспортных систем г. Санкт-Петербурга.

В исследовании использовался специализированный (деннотативный) вариант методики (по алгоритму В.П. Серкина), позволяющий проводить дифференцированный и тонкий семантический анализ, получать наиболее релевантные для респондентов и изучаемой содержательной области оценки. Для разработки перечня дескрипторов применялись метод личностных конструкторов Дж. Келли, частотный анализ, метод экспертных оценок. Использовалась экспертная оценка 27 человек (4 мужчин) из числа студентов Санкт-Петербургского института психологии и социальной работы (СПбГИПСР), которые по методу тройственных сравнений оценивали десять групп передвижений по три в каждой группе. Каждый раз им предлагалось описать прилагательными, чем два вида передвижения похожи так, что этим отличаются от третьего (эмерджентный полюс конструктора), и тогда каким является третье (контрастный полюс).

В результате частотного анализа ответов экспертов было выделено 17 биполярных дескрипторов: быстрое-медленное, свободное-затруднённое, опасное-безопасное, спокойное-напряжённое, красиво-некрасиво, комфортное-дискомфортное, холодное-жаркое, экологичное-загрязняющее, удобное-неудобное, бодрое-утомительное, дорогое-дешёвое, пробки-без пробок, светлое-тёмное, многолюдное-уединённое, грязно-чисто, легкое-сложное, приятное-неприятное. Объектами оценивания были обозначены 22 ситуации передвижения в условиях Санкт-Петербурга: пешком, на разных видах транспорта (велосипеде/самокате, автобусе, троллейбусе, трамвае, «маршрутке», такси, электричке, электромобиле, метро, мотоцикле, автомобиле), в разное время суток, в разные сезоны года, в разных зонах города (в центре, вдали от центра, в пригороде), а также идеальное передвижение.

По созданной методике было опрошено 48 жителей Санкт-Петербурга из числа студентов СПбГИПСР (9 мужчин; возраст от 20 до 49 лет, средний – 29 лет). Опрошенные преимущественно пользуются передвижением пешком, на личном автомобиле, на общественном транспорте: метро, автобусе, маршрутном такси. Респондентам предъявлялась инструкция: «Оцените, пожалуйста, своё передвижение на транспорте в Санкт-Петербурге. Используйте шкалу оценок от -3 до 3 (включая 0). Чем ближе цифра к одному из полюсов, тем сильнее её вес: 3–сильная выраженность, 2–средняя, 1–малая, 0–нейтральное отношение. Старайтесь давать как можно меньше нейтральных оценок. Если у Вас возникнут затруднения в оценке, положитесь на свою интуицию. Работайте быстро, не задумываясь».

Факторный анализ собранных данных по методу максимального правдоподобия с использованием Варимакс-вращения с нормализацией Кайзера показал, что в сознании респондентов можно выделить пять факторов оценки перемещения по городу: комфорт передвижения (19,7 % дисперсии), лёгкость передвижения (11,3 %), доступность и безопасность передвижения (7,3 %), уединённость и чистота передвижения (7 %), температурная оценка передвижения (4 %) (табл. 1).

На основании факторных оценок построены семантические пространства, показывающие расположение разных видов городского транспорта и разных способов передвижения в семантических пространствах выделенных факторов (рис. 1 и 2).

Исходя из полученных результатов, можно заключить, что самой значительной в оценке транспорта для петербуржцев является эмоциональная составляющая, детерминированная комфортом, удобством и эстетикой передвижения. По данному параметру для опрошенных на позитивном полюсе оценки сосредоточено передвижение на такси, личном автомобиле, пешком, велосипеде/самокате в условиях пригорода, летом и ночью. Отрицательный полюс представлен передвижением на автобусе, маршрутном такси, троллейбусе в условиях центра города, зимой и в утренние часы.

Таблица 1 – Факторная структура оценки различных видов передвижения в Санкт-Петербурге

| Фактор   | Шкалы                      | Нагрузки |
|--|----------------------------|----------|
| Фактор 1: «Комфорт передвижения»<br>(19,7 % дисперсии)                   | Неприятное – приятное      | 0,76     |
|  | Дискомфортное – комфортное | 0,71     |
|  | Неудобное – удобное        | 0,67     |
|  | Некрасивое – красивое      | 0,60     |
|  | Утомительное – бодрое      | 0,57     |
|  | Сложное – лёгкое           | 0,53     |
| Фактор 2: «Лёгкость передвижения»<br>(11,3 % дисперсии)                  | Затруднённое – свободное   | 0,80     |
|  | Медленное – быстрое        | 0,68     |
|  | Напряжённое – спокойное    | 0,46     |
| Фактор 3: «Доступность и безопасность передвижения»<br>(7,3 % дисперсии) | Дешёвое – дорогое          | 0,59     |
|  | Загрязняющее – экологичное | -0,54    |
|  | Без пробок – пробки        | 0,49     |
|  | Безопасное – опасное       | 0,44     |
| Фактор 4: «Уединённость и чистота передвижения»<br>(7 % дисперсии)       | Уединённое – многолюдное   | -0,88    |
|  | Чистое – грязное           | -0,42    |
| Фактор 5: «Температурная оценка передвижения»<br>(4% дисперсии)          | Жаркое – холодное          | 0,62     |

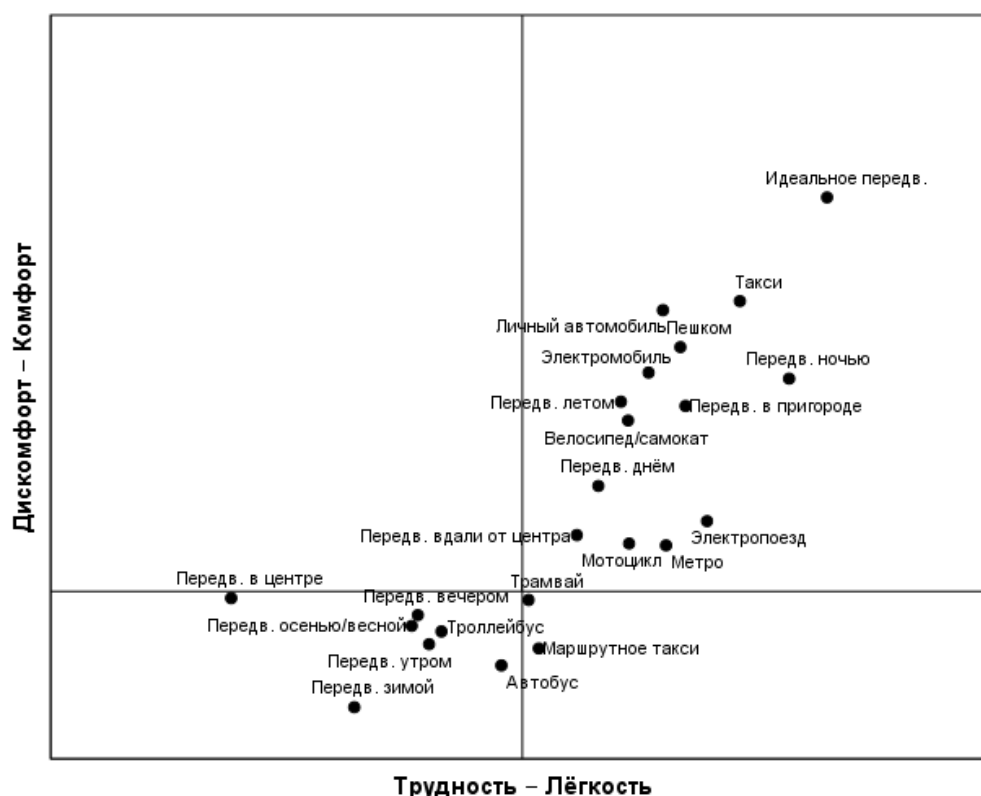


Рисунок 1 – Семантическое пространство способов передвижения в Санкт-Петербурге в координатах факторов комфорта и лёгкости передвижения



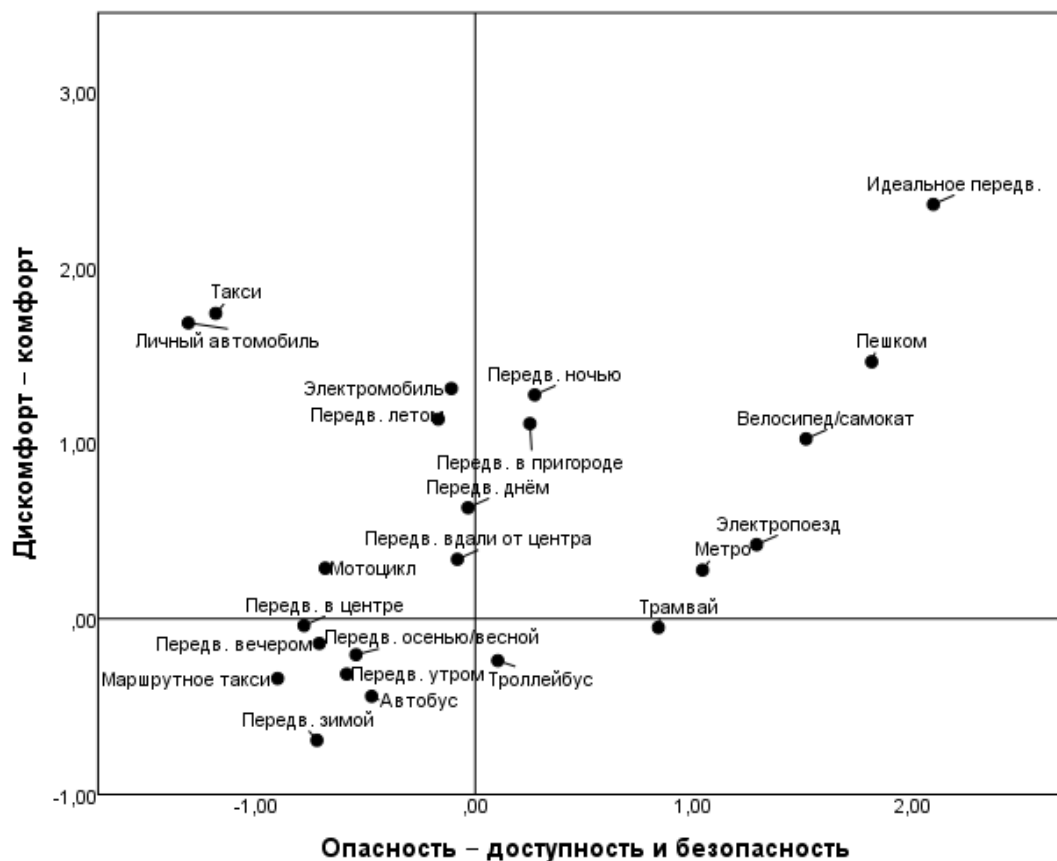


Рисунок 2 – Семантическое пространство способов передвижения в Санкт-Петербурге в координатах фактора комфорта и фактора доступности и безопасности передвижения

Вторым по значимости критерием оценки является лёгкость передвижения, обеспечиваемая свободным, быстрым и спокойным перемещением по городу. Наибольшие трудности для опрошенных вызывает передвижение в центре города, в зимнее время, на различных видах общественного наземного транспорта: троллейбус, автобус, трамвай, маршрутное такси. Свободно и быстро позволяют передвигаться, по мнению респондентов, условия пригорода, в ночное время суток, летом, пешком, на личном автомобиле или такси, на велосипеде/самокате.

Важным фактором оценки транспорта является его доступность по цене и безопасность, как с точки зрения потенциальной травматичности, так и с точки зрения экологичности. Самым безопасным и доступным опрошенные считают передвижение пешком и на велосипеде/самокате. Далее по этим параметрам выделяется кластер рельсового транспорта: электропоезд, метро, трамвай. Крайние отрицательные оценки по безопасности и доступности обнаружены в отношении использования для передвижения личного автомобиля и такси.

Интересным в оценке передвижения является фактор, объединяющий характеристики уединённости и чистоты в процессе передвижения. Этот фактор показывает негативное отношение к общественному транспорту владельцев личного автопарка (на позитивном полюсе фактора движение на такси, личном автомобиле, мотоцикле; на отрицательном – движение в автобусе, маршрутном такси, троллейбусе, метро, трамвае и пешком) и, предположительно, именно он затрудняет проекты по привлечению автомобилистов к пользованию общественными средствами передвижения.

Замыкает факторную структуру температурная оценка передвижения, значительная для климатических условий Санкт-Петербурга. Этот фактор прямо не включен в оценку комфортности и лёгкости передвижения, а вносит самостоятельный вклад в формирование оценки условий и средств перемещения по городу.

Общей чертой всех рассмотренных видов передвижения в Санкт-Петербурге является их значительная дистанцированность в сознании опрошенных от идеального характера пере-

движения, что демонстрирует их недостаточную удовлетворенность организацией работы транспортных систем города.

Полученные результаты показывают, что использование психосемантического инструментария является информативным способом оценки неявных допущений и представлений в сознании пользователей транспортных систем, что открывает перспективы его использования в работе с различными группами владельцев, пользователей и разработчиков путей и средств передвижения для оценки транспортных проектов города: строительства платных и скоростных автомагистралей, расширение сети велодорожек и выделенных полос для общественного транспорта, увеличение числа пешеходных зон и др.

#### *Список литературы*

1. Артемьева, Е.Ю. Психология субъективной семантики / Е.Ю. Артемьева; предисл. д. психол. наук А.Ш. Тхостова. 2-е изд. М.: URSS ЛКИ. 2007.
2. Петренко, В.Ф. Основы психосемантики / В.Ф. Петренко. 2-е изд., доп. СПб.: Питер. 2005.
3. Серкин, В.П. Методы психосемантики / В.П. Серкин. М.: Аспект Пресс. 2004.
4. Шмелёв, А.Г. Психосемантика и психодиагностика личности: автореф. дис. ... д. психол. наук: 19.00.01 / Шмелёв Александр Георгиевич. М. 1994.
5. Kelly, G.A. The Psychology of Personal Constructs: 2 Vol. / George Alexander Kelly. – N.Y.: W.W. Norton and Co. 1955. 2 Vol.
6. Osgood, Ch. Method and Theory in Experimental Psychology / Ch. Osgood. – Oxford: Oxford University Press. 1956.
7. Соломин, И.Л. Психосемантическая диагностика скрытой мотивации: методическое руководство / И.Л. Соломин. СПб.: ИМАТОН. 2001.

УДК 625.1:004.94

## **РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА**

*Кокурин Иосиф Михайлович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13., kokyrinim@mail*

*Аннотация. В статье излагаются, основанные на когнитивном подходе, методы создания и использования имитационной модели процессов перевозок для оценки результативной пропускной способности железнодорожных линий, необходимой для определения возможности выполнения прогнозируемых на длительную перспективу объемов перевозок при предлагаемых вариантах развития инфраструктуры с учетом выполнения ремонтно-строительных работ.*

*Ключевые слова: когнитивный подход, имитационная модель железнодорожных перевозок, пропускная способность, развитие инфраструктуры.*

## **RAILWAY INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT BASED ON THE COGNITIVE APPROACH**

*Kokurin Joseph M. – Doctor of Technical sciences, Professor, Main research officer of the transport systems organization laboratory associate of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*Abstract.* The paper deals with the cognitive approach based methods for the transportation processes emulation model creation and utilization to evaluate the railway lines capacity needed to long term possibility determination for the transportation volumes under the proposed infrastructure development variants, taking into account the repairs and construction works.

*Keywords:* cognitive approach, emulation model for railway transportation, railway capacity, infrastructure development.

**Введение.** Одной из основных задач железнодорожного транспорта является своевременное выполнение перспективных объемов перевозок. Решают эту задачу ученые и специалисты в области прогнозирования развития мировой экономики и железнодорожного транспорта. При этом лучшие решения достигаются при условии учета требований различных департаментов отрасли. Поэтому принятие решений учеными и специалистами отрасли поддерживается комплексом знаний и опыта в области взаимодействующих технологий, получающих название когнитивных (широких познавательных) процессов.

Целью данной статьи является изложение научных и практических результатов работы ИПТ РАН в области определения возможности выполнения прогнозируемых на длительный период объемов железнодорожных перевозок грузов, с учетом предоставления «окон» для ремонтно-строительных работ инфраструктуры, применяя имитационное моделирование процессов перевозок.

**Современное состояние и перспективы решения задачи по освоению прогнозируемых объемов грузовых перевозок.** Прогнозирование годовых объемов железнодорожных перевозок выполняет Институт экономики и развития транспорта (ОАО «ИЭРТ»). Учитывая особенности перевозок грузов, ограничения по длине и массе составов, объемы перевозок переводятся в необходимые количества грузовых поездов в сутки. Отраслевая инструкция [1] содержит формулы определения коэффициентов съема, определяющих количества грузовых поездов, которые «снимаются» с графика движения пропуском поездов более высоких категорий. Это позволяет определять потребную пропускную способность железнодорожной линии, необходимую для выполнения заданных объемов всех видов перевозок с нормируемым резервом, измеряемую в едином показателе – количестве грузовых поездов в сутки.

Решение задачи по выполнению задаваемого объема перевозок заключается в достижении результативной пропускной способности железнодорожной линии, которая принимается равной ее минимальному значению для перегонов, промежуточных и технических станций, локомотивного хозяйства и тягового электроснабжения, не меньшей потребной пропускной способности.

Аналитические расчеты результативной пропускной способности железнодорожных участков, включающих перегоны и промежуточные станции, не учитывают всю сложность железнодорожных технологий. Поэтому нормативный аналитический расчёт результативной пропускной способности участков дает лишь ориентировочную оценку в виде количества условных грузовых поездов.

При построении нормативного графика движения поездов [2] промежутки времени между пассажирскими и пригородными поездами заполняются линиями хода расчетного грузового поезда, перегонные времена хода которого определяются методом тяговых расчётов. По «нитке» графика расчётного поезда может быть отправлен как лёгкий, так и тяжёлый, перегонные времена хода которых существенно различаются. Кроме того, происходят отклонения поездов от нормативного расписания по многочисленным причинам. Поэтому счет количества грузовых поездов на нормативном графике дает лишь приближенную оценку результативной пропускной способности.

Результативная пропускная способность железнодорожной линии может быть определена методом построения годового набора нормативных и вариантных графиков движения поездов и увязанных с ними по времени суточных планов-графиков работы технической

станции. Практически применяются менее трудоемкие, упрощенные и потому менее достоверные методы.

К их числу относится широко применяемый метод [3] поиска наиболее загруженного элемента горловин технической станции, определяющего пропускную способность станции при различном количестве поездных и маневровых передвижений, необходимых для пропуска задаваемого количества поездов в сутки. Метод не определяет реальные протяженности поездных и маневровых передвижений по станции, а использует формулы усредненных величин протяженностей. Вариантные маршруты не рассматриваются. Это существенно снижает достоверность расчетов длительностей и взаимных задержек поездных и маневровых передвижений, ограничивающих пропускную способность.

При использовании методов теории массового обслуживания, статистического моделирования и эвристики, требуется представлять железнодорожные передвижения в виде потоков заявок на обслуживание. Это исключает возможность увязки прогнозируемых моментов времени прибытия каждого поезда на техническую станцию с ее ежеминутно изменяющимся состоянием, что снижает точность определения результативной пропускной способности участка и технической станции.

Имитационная система ИСТРА [4,5] позволяет оперативно прогнозировать моменты времени прибытия грузовых поездов на сортировочные станции, но не пересчитывает параметры движения поездов при выдаче предупреждений об изменениях установленной скорости, что снижает точность прогнозирования [6]. Оценка пропускной способности железнодорожных участков, технических станций, узлов и направлений выполняется без определения потребности в «окнах» оптимальной продолжительности на длительный период прогнозирования объемов грузовых перевозок, что не позволяет оценивать возможности их выполнения.

Задачи оценки результативной пропускной способности в условиях взаимной увязки во времени технологических процессов участков и технических станций, а также определения оптимальной по затратам потребности в «окнах» на период прогнозирования объемов грузовых перевозок, решаются с помощью имитационной модели процессов перевозок ИМПШ. Модель [7-15] создана и поддерживается ИПТ РАН в содружестве с коллективами прикладной науки (ОАО «ИЭРТ», ООО «ВНЕШВУЗЦЕНТР») и специалистами железнодорожного транспорта.

Эти важные научные и прикладные результаты достигнуты благодаря когнитивному подходу к построению имитационной модели. Сущность подхода заключается в использовании широкого комплекса профессиональных знаний: технологии перевозок массовых и разнородных грузов, контейнеров и порожних вагонов; организации тягового обслуживания поездов, включая метод тяговых расчетов; технологии ремонтно-строительных работ инфраструктуры, организации поездной и местной работы, методы алгоритмического описания и имитационного моделирования процессов железнодорожных перевозок.

На карте состояний модели ИМПШ сначала располагаются линии хода поездов, пропускаемых по расписанию, затем выполняется попытка пропустить выбранный по приоритету грузовой поезд с начала суток в первом интервале между пропущенными по линии поездами.

Приоритеты грузовых поездов назначаются равными долям поездов с задаваемыми родами грузов от общего количества грузовых поездов за год. Это обеспечивает проверку возможности перевозок всей заданной номенклатуры грузов за рассматриваемый год.

Первоначально пропускаются поезда из группы, обладающей максимальным приоритетом. При достижении равенства оставшегося их количества с поездами из следующей группы поезда случайным образом выбираются из обеих групп. Процесс продолжается до последнего поезда в группе с минимальным приоритетом или до отсутствия возможности пропустить еще один поезд.

Очередной грузовой поезд пропускается по участку, если он не задержит следом идущий по расписанию. При возможности задержки очередной поезд обгоняется, и через за-

данные интервалы времени повторяются попытки его пропуска. В случае превышения заданного времени стоянки, попытки пропустить этот поезд прекращаются.

Станции обгонов и скрещений выбираются с учетом рассчитываемых перегонных времен хода и станционных интервалов, нормативных или случайно задаваемых длительностей выполнения станционных технологических операций, минимизации стоянок и не превышения их заданных длительностей. Установленные скорости принимаются постоянными с учетом их снижения для обеспечения безопасности ремонтно-строительных работ.

В режиме пропуска заданного количества в сутки грузовые поезда отправляются с начальных станций участка по расписанию, а в режиме максимального количества - через случайные интервалы времени, формируемые по заданному закону распределения. В модели предусматривается пропуск непропущенных поездов в следующие сутки и использование параллельного графика движения.

Взаимная увязка во времени технологических процессов участков и технической станции достигается в ИМПП посредством постепенного увеличения количеств и длительностей занятия станционных путей приема и отправления до величин, при которых начинается ограничение результативной пропускной способности рассматриваемой линии.

Моделирование процессов перевозок и корректировка разрабатываемых графиков проведения ремонтно-строительных работ инфраструктуры выполняются с учетом необходимости пропуска прогнозируемого количества грузовых поездов, с учетом выполнения норм периодичности ремонтов и модернизации инфраструктуры на весь заданный период прогнозирования объемов перевозок.

В результате получают ежегодные графики предоставления «окон» оптимальной длительности для всего периода планирования и данные о возможности выполнения прогнозируемых объемов перевозок всей задаваемой номенклатуры грузов при рассматриваемом варианте проведения ремонтно-строительных работ.

При отсутствии возможности пропустить требуемое количество грузовых поездов по ремонтируемому участку, проверяется возможность отклонения части поездов на параллельные линии. С увеличением продолжительностей «окон» стоимость задержек и пробегов поездов увеличивается, а стоимость и длительность ремонтно-строительных работ уменьшается. Поэтому оптимальная длительность «окна» определяется по минимальной сумме затрат на пропуск поездов и ремонтно-строительные работы.

В зависимости от последовательности грузовых поездов их максимальное количество, которое удаётся пропустить за сутки, существенно меняется. Это объясняется тем, что в короткий интервал времени между приоритетными поездами, удаётся пропустить поезд, движущийся с более высокой скоростью, чем медленный поезд. Последний в таком интервале вызвал бы задержку приоритетного поезда, и модель пропускает его в следующем, более длительном интервале, а короткий интервал в данные сутки не используется. Поэтому результативная пропускная способность железнодорожных линий зависит от детерминированных и случайных факторов.

К числу детерминированных относятся: параметры инфраструктуры: план и профиль пути, постоянные ограничения скоростей, количества и полезные длины станционных путей.

Случайными факторами являются: временные снижения скоростей и прекращения движения поездов (предоставления «окон» с различной длительностью, расположением и длиной фронта работ), обусловленные необходимостью выполнения ремонтно-строительных работ, а также последовательности грузовых поездов с разными параметрами движения, пропускаемые в различных по продолжительности интервалах, между поездами, следующими с отклонениями от расписания.

В результате количество грузовых поездов, которое удаётся пропустить за сутки становится случайной величиной. Анализ с помощью программы *Statistica 10* статистических данных и результатов имитационного моделирования показал, что величина результативной пропускной способности железнодорожных линий подчиняется нормальному закону распределения. Поэтому вероятность ее обеспечения, которая превышает потребную, следует определять по стандартной методике.

Повышение надежности оценки результативной пропускной способности железнодорожных линий и направлений достигается имитационным моделированием процессов перевозок в течение каждых суток рассматриваемого года, что позволяет учесть сезонные изменения объемов пассажирских перевозок и период выполнения ремонтно-строительных работ инфраструктуры.

Геоинформационная карта сети железных дорог имитационной модели позволяет прокладывать маршруты перевозок между указанными пунктами и отображает в масштабе и цифрами за год или период количества перевозимого груза, вагонов или поездов по выбранным маршрутам.

**Заключение.** Имитационное моделирование процессов железнодорожных перевозок на основе использования когнитивного подхода, в сочетании с расчётами экономических показателей эксплуатационной работы, открывает широкие возможности оценивать технико-экономическую эффективность предлагаемых вариантов реконструкции инфраструктуры (увеличения количества перегонных и станционных путей, строительства путепроводных развязок, удлинения станционных путей, модернизации технических средств и т.д.), а также изменений технологии и организации поездной и местной работы.

#### *Список литературы*

1. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог, утв. распоряжением ОАО "РЖД" от 31.11. 2010 г. N 128.
2. Инструкции по разработке графика движения поездов в ОАО "РЖД", утв. распоряжением ОАО "РЖД" от 31 декабря 2015 г. N 3201р.
3. Архангельский, Е.В. Теория и практика расчета мощностей железнодорожных станций: дисс...докт. техн. Наук: 05.22.08 / Архангельский Евгений Витальевич. М. 1999. 260 с.
4. Александров, А.Э. Использование имитационной системы Истра для моделирования графика движения поездов [Текст]: / А.Э. Александров, А.В. Шипулин // Транспорт Урала. 2011. №4. С. 67–71.
5. Александров, А.Э. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей: теоретические основы, методология: дисс... докт. техн. наук. /Александров Александр Эрнстович. Ек.: 2008. 285 с.
6. Беседин, А.И. Определение потерь наличной пропускной способности двухпутных и многопутных железнодорожных участках, оборудованных автоблокировкой, от действия предупреждений по ограничению скоростей движения поездов / [Текст]: А.И. Беседин // Наука и техника транспорта. 2008. №3. С. 12-15.
7. Кокурин, И.М. Оценка технико-экономической эффективности вариантов реконструкции железнодорожной сети на основе имитационного моделирования. [Текст]: / / И.М. Кокурин, С.Е. Миняев // Транспорт. Наука, техника, управление. 2004. №6. С. 20-26.
8. Имитационное моделирование в системе эффективности инвестиций при модернизации железнодорожного транспортного узла. Монография. Пехтерев Ф.С. и др. Изд – во Внешвузцентр. СПб. 2004. 195 с.
9. Кокурин, И.М. Оценка пропускной способности железнодорожных линий методом имитационного моделирования. – Актуальные проблемы управления перевозочным процессом. Сборник трудов Вып.8 / Под ред. д-ра техн. наук Ю.И. Ефименко. СПб ПГУПС. 2009. С. 18–28.
10. Анисимов, В.А. Многоцелевые расчетно-аналитические комплексы ИСКРА и ЭРА: комплексное решение проектных и производственных задач [Текст]: / В.А. Анисимов, В.В. Анисимов // Транспортная инфраструктура сибирского региона. 2013. №1. С. 540-547.
11. Кокурин, И.М., Тимченко В.С. Метод оценки вероятности обеспечения потребной пропускной способности железнодорожной линии, используемой для перевозок грузов морского порта, с учетом предоставления «окон» [Текст]: / И.М. Кокурин, В.С. Тимченко // Транспорт Урала. 2016. №2. С. 81–86.

12. Быкадоров, С.А. Экономическая оценка организации путевых ремонтных работ на железнодорожном транспорте: монография [Текст]: / С.А. Быкадоров, П.В. Куренков, О.В. Иванчина. Самара: СамГУПС. 2007.135 с.

13. Инструкция о порядке предоставления «окон» для ремонтных и строительномонтажных работ на железных дорогах Российской Федерации утв. МПС РФ 16.11.2001. № ЦД-862. 58 с.

14. Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 29 декабря 2012 года. 190 с.

15. Инструкция о порядке предоставления «окон» для ремонтных и строительномонтажных работ на железных дорогах Российской Федерации утв. МПС РФ 16.11.2001. № ЦД-862. 58 с.

УДК 658.71.08, 519.87

## **АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ КОГНИТИВНЫХ СИСТЕМ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**

*Гладких Анатолий Афанасьевич – доктор технических наук, профессор кафедры обеспечения авиационной безопасности*

*ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского 8/8, a\_gladkikh@mail.ru*

*Волков Александр Константинович – ассистент кафедры обеспечения авиационной безопасности*

*ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского 8/8, oabivauiga@mail.ru*

*Сулимов Юрий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры обеспечения авиационной безопасности*

*ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского 8/8, oabivauiga@mail.ru*

*Аннотация. В работе рассматриваются вопросы применения методов интеллектуального анализа данных при обеспечении авиационной безопасности. Предлагается к внедрению когнитивная система авиационной безопасности, в основе которой лежит комплексная система анализа, основанная на методах интеллектуальной оценки данных, позволяющая учесть информацию от различных подсистем, нивелировать негативное влияние человеческого фактора и реализовать механизм обнаружения попыток актов незаконного вмешательства в деятельность аэропорта.*

*Ключевые слова: авиационная безопасность, интегрированная система безопасности, интеллектуальный анализ данных, когнитивная система, сенсорная плоскость, обнаружение аномалий, профиль угроз, человеческий фактор.*

## **ANALYSIS OF APPROACHES TO BUILDING AVIATION SECURITY' COGNITIVE SYSTEMS ON THE BASIS OF DATA MINING**

*Gladkikh Anatoly A. - Grand PhD in Engineering sciences, professor of Department of providing of aviation security*

*Ulyanovsk Civil Aviation Institute*

8/8, Mozhaisky street, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, a\_gladkikh@mail.ru  
Volkov Alexander K. - assistant of Department of providing of aviation security  
Ulyanovsk Civil Aviation Institute

8/8, Mozhaisky street, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, oabuvauga@mail.ru  
Sulimov Yuri V. - PhD in Engineering sciences, associate professor of Department of  
providing of aviation security

Ulyanovsk Civil Aviation Institute

8/8, Mozhaisky street, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, oabuvauga@mail.ru

***Abstract.** The paper consider the application of methods of data mining during the provision of aviation security. A cognitive aviation security system is proposed, which is based on an integrated analysis system, which is based on data mining, which allows to take into account the data of various subsystems, to neutralize the negative impact of the human factor and to implement a mechanism for detecting attempts at acts of unlawful interference.*

***Keywords:** aviation security, integrated security system, data mining, cognitive system, touch the plane, anomaly detection, threat profile, human factor.*

**Введение.** В настоящее время для обеспечения авиационной безопасности аэропортов разрабатываются и внедряются интегрированные системы безопасности (ИСБ). ИСБ представляют собой специализированные сложные технические системы, объединяющие на основе единого программно-аппаратного комплекса с общей информационной средой и единой базой данных технические средства, предназначенные для защиты объекта от нормированной угрозы или нормированных угроз [1]. Несмотря на то, что на рынке систем безопасности представлены различные технологии и технические решения построения ИСБ, недостаточно внимания уделяется тому, как многочисленные уже подсистемы безопасности взаимодействуют между собой. Это связано с организационной сложностью подобных систем, значительным числом применяемых программно-аппаратных устройств безопасности, большим количеством разнородных событий в сфере безопасности, что объективно затрудняет процесс обработки данных в целях обнаружения актов незаконного вмешательства (АНВ) в деятельности авиапредприятий. Эффективность существующих ИСБ зависит от деятельности операторов систем безопасности, которые по сути выполняют роль эксперта, работа которого по современным взглядам не может быть автоматизирована в достаточной мере. Действительно, операторам необходимо в режиме реального времени обрабатывать информацию от множества периферийных устройств безопасности, таких как видеокамеры, датчики охраны, периметра и системы контроля доступом, которые в совокупности представляют определенную сенсорную плоскость. Основным недостатком подхода, опирающегося на человека-оператора в контуре управления, заключается в том, что даже хорошо обученный специалист имеет ограничения по когнитивным способностям обработки данных, в связи с чем, в реальном режиме времени они не имеют возможности эффективно обрабатывать интенсивный поток данных, поступающих от большого количества периферийных средств безопасности – сенсоров. При этом эффективность действий операторов во многом зависит от разработанных профилей угроз.

Наибольших успехов в задаче автоматизации функций по обнаружению нарушений безопасности в настоящее время достигли системы видеонаблюдения с функцией видеоанализа, которые позволяют внедрять детекторы движения, детекторы оставленных предметов и распознавания лиц. С помощью систем видеонаблюдения возможно решать задачу анализа потоков пассажиров с целью контроля типичного нормального поведения и выявления аномалий в поведении субъектов. При этом данный способ опирается на опыт оператора, который обязан за требуемое время решить, является ли данное событие аномалией или нет. Несмотря на то, что подобные системы способны идентифицировать события, связанные с нарушением безопасности, они не способны реализовать механизмы расширения когнитивных возможностей технических элементов системы безопасности. Реализация указанных процедур позволила бы объективно снизить уровень напряжения в деятельности оператора



по прогнозированию, выявлению и адаптации к вновь появляющимся угрозам, высвободив психологический ресурс оператора для решения нетривиальных, творческих задач.

На лицо проявляется проблема, связанная с отсутствием когнитивных механизмов обработки данных в системах авиационной безопасности, которая в условиях интенсивного роста авиаперевозок и строительства новых аэропортов будет становиться более актуальной. Решения указанной проблемы возможно только на базе применения методов интеллектуальной обработки данных и распознавания образов.

К искусственным когнитивным системам (КС) (небиологическим системам) принято относить технические структуры большей или меньшей сложности, обладающими группой специфических функций. К таким функциям целесообразно отнести:

- наличие целевой функции – обмен данными между выраженными частями технической структуры средствами цифровых или аналоговых форматов для быстрого и эффективного решения практических задач;
- функция регулирования – сравнение данных реального времени с данными диагностики и реализации процедуры когнитивного регулирования и когнитивной адаптации;
- функция моделирования – система взаимосвязанных семантических моделей для усваивания новых связей между актуальными событиями внешней среды;
- функция адаптации – для реализации процедуры когнитивной адаптации.

Архитектура КС находится в полной зависимости от среды ее функционирования и связывается с этой средой через сенсорную плоскость, при этом результат обработки данных этой плоскости отражается в когнитивной карте КС, являющейся неотъемлемой частью когнитивной модели. В данном случае знания следует трактовать как связь между событиями [2]. Обобщенная структурная схема КС представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема искусственной когнитивной системы

Обобщенная схема состоит из двух контуров: контура регулирования и контура адаптации. Контур регулирования функционирует следующим образом: сигнал от объекта сравнивается в блоке диагностики с сигналом от когнитивной модели. В результате сравнения формируется сигнал рассогласования, поступающий в блок целевого функционала, в котором вырабатывается оценка степени отклонения результата диагностики от требований целевой функции. По результатам сравнения в блоке когнитивного регулирования формируется управляющий сигнал на объект.

Контур адаптации функционирует так: сигнал рассогласования между реакцией объекта и модели, формирующийся в блоке диагностики, поступает в блок адаптации, в котором осуществляется выбор корректирующего воздействия, изменяющего когнитивную модель

для обеспечения ее адекватности объекту. Когнитивная модель зависит также от структуры сенсорной плоскости. Эта зависимость отражает взаимосвязь микро- и макроуровней познания. Сигнал рассогласования между реакциями объекта и модели может быть использован как в контуре регулирования, так и в контуре адаптации. В первом случае модель объекта является замкнутой совокупностью идеальных когнитивных стереотипов, а основная подсистема функционирует как регулирующий контур с эталонной моделью объекта. Во втором случае (использование сигнала рассогласования только в контуре адаптации) модель объекта является открытой совокупностью когнитивных установок, а основная подсистема превращается в контур с настраиваемой моделью объекта.

Когнитивная модель функционирования технической системы основывается на принципах процедуры обучения, предполагающей, что различные факторы внешней среды и сопутствующие им признаки развиваются в результате реакции сенсоров системы (сенсорной плоскости) на внешние условия. В общем случае происходит последовательная обработка сенсорной информации с последующим ее перекомпилированием и закреплением «удачных» гипотез» и удалением «неудачных» вариантов таковых по частоте их успешного применения.

При этом хорошо известные принципы построения адаптивных систем предполагают выполнение части из этих функций в усеченном виде, поскольку адаптация является только элементом перцептивного цикла, включающего схему обучения как главный элемент когнитивной структуры. Поэтому введение в алгоритм адаптивной системы операторов сравнения текущей ситуации с заданными порогами можно трактовать как решение задачи по заданному извне шаблону.

В когнитивных системах названные этапы рассматриваются значительно шире и трактуются как способность различать внешние факторы функциональной дезадаптации, приводящие к нарушениям работы технической системы в целом.

**Построение когнитивных систем авиационной безопасности.** В настоящее время значительных успехов при решении задач обнаружения попыток вторжения и обнаружения аномалий достигли разработки в области информационной безопасности. В связи с чем, определенный интерес представляет адаптация данного опыта при построении интегрированных систем авиационной безопасности.

Существуют два основных метода обнаружения вторжений: сигнатурный (поиск признаков уже известных атак) и эвристический (обнаружение аномалий, базирующихся на моделях штатного функционирования наблюдаемой системы) [3, 4]. К эвристическим методам относят следующие подходы: вейвлет-анализ, статистический анализ, анализ энтропии, спектральный анализ, фрактальный анализ, интеллектуальный анализ данных [5]. К сигнатурным методам можно отнести: применение конечных автоматов, сетей Петри, экспертных систем, нечеткой логики, генетических алгоритмов [5]. Представленные подходы имеют свои достоинства и недостатки. Для устранения недостатков рассмотренных подходов разрабатывают гибридные механизмы анализа данных, заключающиеся в реализации различных схем объединения базовых классификаторов.

На основе проведенного анализа и обобщении опыта, полученного в области построения систем информационной безопасности, предлагаются к внедрению когнитивные механизмы обработки данных в интерфейсе управления авиационной безопасностью, которые помогут человеку-оператору предвидеть попытки совершения АНВ. В качестве исходных данных используются стандартные журналы регистрации событий подсистем безопасности. Основным компонентом является адаптивный модуль, который реализует методы интеллектуальной обработки данных, структура которых представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Общая архитектура построения когнитивной системы авиационной безопасности

Предлагаемый подход включает два основных этапа построения системы безопасности: настройка и процедура обнаружения аномалий. На первом этапе разрабатываются контролируемые параметры подсистем безопасности. В частности для подсистемы контроля и управления доступом можно предложить следующие характеристики контроля деятельности персонала: частота появления в отдельном помещении в единицу времени, время нахождения в помещении, интервал времени между появления, уровень доступа. На основе данных с устройств безопасности формируют динамический образ поведения элементов ИСБ, что позволяет в последующем реализовать механизм обнаружения аномалий. Затем происходит формирование и обучение нейронной сети, а также вычисление порога обнаружения аномалий. Процедура обнаружения аномалий заключается в следующем. Модуль сбора и хранения данных в режиме реального времени осуществляет накопление необработанных данных от различных периферийных устройств безопасности, по разработанным показателям. Затем происходит обработка данных адаптивным модулем с целью получения текущего образа системы. Осуществляется ввод когнитивных данных в интерфейс системы управления авиационной безопасностью, что обеспечивает снижение нагрузки на человека-оператора при анализе ситуации. При этом адаптивный логический модуль использует данные в рамках их текущего контекста и обучается исходя из своего предыдущего накопленного опыта.

Наряду с внедрением в практику обеспечения авиационной безопасности современных технологий и переоснащением аэропортов новым оборудованием значительный интерес исследователей в сфере гражданской авиации направлен на разработку проблемы повышения уровня профессиональной подготовки операторов досмотровой техники, как наиболее ответственного и наименее надежного элемента системы авиационной безопасности. Главной задачей операторов досмотровой техники является определение наличия опасных и запрещенных к провозу предметов и веществ на воздушном транспорте по рентгеновским изображениям багажа или ручной клади.

Для решения задачи снижения негативного влияния человеческого фактора в области авиационной безопасности, характеризующего деятельность операторов досмотра, разрабатываются предложения по внедрению современных сетевых технологий мониторинга их практической деятельности, а также совершенствованию рентгеновского оборудования на основе внедрения функций автоматического обнаружения угроз.

**Заключение.** Анализ принципов построения ИСБ позволяет сделать вывод, что в настоящее время у подобных систем нет возможностей в полной мере выявлять попытки совершения АНВ в деятельность гражданской авиации. Основным недостатком является негативное влияние человеческого фактора в интерфейсе управления, связанное с ограничениями когнитивных способностей по обработке данных операторами систем безопасности.

В рамках данной работы проведен анализ решения задач обнаружения попыток вторжения и обнаружения аномалий в области информационной безопасности и на основе этого предполагается новый подход к построению когнитивных систем авиационной безопасности. В основе когнитивной системы авиационной безопасности лежит комплексная система анализа, основанная на методах интеллектуальной оценки данных, позволяющая учесть данные различных подсистем, нивелировать негативное влияние человеческого фактора и реализовать механизм обнаружения попыток обнаружения АНВ.

Использование предложенного подхода позволит строить комплексные системы раннего обнаружения угроз, которые свели бы к минимуму ложные тревоги, повысили достоверность обнаружения угроз и снизили затраты на обеспечение безопасности.

#### *Список литературы*

1. ГОСТ Р 53704–2009. Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования. – Введ. 2009-15-12. – М.: Стандартинформ. 2010. 36 с.
2. Ковальчук А. В. Когнитивная система как системная архитектура. Нижний Новгород, ИПФ РАН, 2013. URL: <https://www.niisi.ru/iont/ni/NI11/WS/Kovalchuk.pdf> (дата обращения – 10.04.2018).
3. Шелухин О. И., Сакалема Д. Ж., Филинова А. С. Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии). М.: Горячая линия – Телеком. 2013. 220 с.
4. Носков А. Н. Исследование эвристических подходов к обнаружению атак на телекоммуникационные сети на базе методов интеллектуального анализа данных / А. Н. Носков, А. А. Чечулин, Д. А. Тарасова // Труды СПИИРАН. 2014. Вып. 6 (37). С. 208–224.
5. Браницкий А. А. Анализ и классификация методов обнаружения сетевых атак / А. А. Браницкий, И. В. Котенко // Труды СПИИРАН. 2016. Вып. 2 (45). С. 207–244.

*УДК 65.012.123*

## **ЦВЕТОГРАФИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИСПЕТЧЕРА ПО УПРАВЛЕНИЮ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

*Пономарев Кирилл Юрьевич – диспетчер по управлению воздушным движением  
Государственное предприятие «Белаэронавигация»  
220039, Республика Беларусь, Минск, Короткевича, дом 19, office@ban.by*

*Аннотация. Работа обращена к развитию визуально-когнитивной составляющей взаимодействия диспетчера по управлению воздушным движением с цветографическим интерфейсом средств наблюдения за динамической воздушной обстановкой в типовой автоматизированной системе управления воздушным движением.*

*Разработка цветографических решений в данном контексте направлена на преодоление информационных перегрузок в «часы пик», ведущих к снижению познавательных возможностей диспетчера в следствие нагромождения визуальных объектов среды управления.*

*Представлено направление разработки визуально-когнитивных решений на основании положительных результатов исследования применения хроматической стереоскопии в человеко-машинных интерфейсах (ЧМИ).*

*Ключевые слова: управление воздушным движением, цветографическое решение, интерфейс, хроматическая стереоскопия.*

## **COLOROGRAPHICAL HMI SOLUTIONS FOR THE RATIONAL PERFORMANCE OF THE AIR TRAFFIC CONTROLLER**

*Ponomarev Kiryl Y. – air traffic controller  
Belaeronavigatsiya  
19 Korotkevicha, Minsk, 220039, Republic of Belarus, [office@ban.by](mailto:office@ban.by)*

***Abstract.** The paper is directed to the development of the visual-cognitive component of the air traffic controller's interaction with the color-graphical interface of a typical automated air traffic control system.*

*In this context the development of colorographical solutions is aimed at overcoming information overloads in the “hot hours”. Information overload leads to the cognitive capabilities reduction due to the conglomeration of visual objects of the control environment.*

*Chromatic stereoscopy concept is presented for HMI solutions based on positive results of initial approbation.*

***Keywords:** air traffic control, colorographical solution, human-machine interface, chromatic stereoscopy.*

В настоящее время, с развитием средств автоматизации различного рода производственных процессов организации воздушного движения (ОрВД), широко применяется цветное отображение объектов (или хроматизм) в целях достижения более глубокого диалога оператора-человека с функционалом автоматизированных систем (АС) управления воздушным движением (УВД). Такой диалог основывается на «подсказках», выдаваемых авиадиспетчеру (лицу, принимающему решения - ЛПР) в той или иной форме в ЧМИ, для оптимизации процесса распределения, прежде всего, актуальности и приоритетности информации, и вместе с тем оказания помощи в процессе принятия решения (ППР) о наличии потенциально-конфликтных ситуаций (ПКС) и их благополучного разрешения.

Особую роль цветовая индикация играет в периоды высокой интенсивности воздушного движения, когда происходит значительное увеличение количества информации, требующей восприятия и анализа. При том следует учитывать субъективный характер когнитивных составляющих функционирования каждого диспетчера, обуславливающий реализацию профессиональных компетенций к исполнению своих функций в многофакторной динамической среде ЧМИ.

Результаты длительных наблюдений за деятельностью ЛПР, в том числе в системе УВД, убедительно показывают, что для ЛПР любого типа характерны ограничения по емкости кратковременной памяти, составляющей  $7 \pm 2$  блока структурных единиц [1], одноканальность с последовательной обработкой небольшой по объему информации, но с ассоциативной системой поиска, а также существенное влияние размерности – сложности задач принятия решения как следствие ограниченных возможностей ЛПР по объему кратковременной памяти, т.е. чувствительность к сложности ППР.

Тем не менее сохраняют актуальность вопросы оперативного анализа большого объема динамически изменяющихся параметров всего комплекса исследуемых объектов. При этом развитие возможностей вычислительной техники и информационных технологий позволяет предоставлять диспетчеру большее количество различной ( $\zeta_{\Lambda}$ ) информации о текущем  $I_T(\xi(t), \zeta_{\Lambda}(t))$  и прогнозируемом  $I_{пр}(\xi(t), \zeta_{\Lambda}(t), U_{\xi}^{(s)})$  состоянии динамической воздушной обстановки (ДВО) –  $\xi(t)$ .

Однако, как сообщается в [2]: «экстенсивный способ развития информационного обеспечения диспетчера содержит противоречие: для повышения эффективности деятельности диспетчера потребуются предоставлять ему больше информации, но, в тоже время, увеличивающееся количество дополнительной информации может привести к информационной перегрузке, т.е. событию

$$I_T(\xi(t), \zeta_{\Lambda}(t)) \cup I_{пр}(\xi(t), \zeta_{\Lambda}(t), U_{\xi}^{(k)}) > I^{доп}(\Psi^{(k)}(t)),$$

где  $I^{\text{доп}}(\Psi^{(k)}(t))$  – предельно допустимая информационная нагрузка  $k$ -го ЛППР, которая является функцией от его личностного состояния  $\Psi^{(k)}(t)$  (психофизиологическое состояние, квалификация, опыт работы и др.).

Таким образом, свойственные для человека естественные ограничения по восприятию и переработке информации –  $I^{\text{доп}}(\Psi^{(k)}(t))$  – делают неэффективным механическое наращивание объемов информации».

Поэтому совершенствованию когнитивных составляющих процесса принятия решения крайне важно уделять достаточно внимания как разработчиками, так и специалистами авиационных предприятий. Причем началом должен послужить поиск устранения существующих недостатков визуально-когнитивных компонентов взаимодействия диспетчера УВД с информационной средой ЧМИ, таких как:

- наличие нагромождения формуляров ВС в часы высокой интенсивности воздушного движения, что сопровождается наложением цифр и букв, затрудняющим быстрое действие и корректность восприятия ДВО. В связи с чем появляется необходимость постоянного перемещения формуляров с целью организации их удобного визуального расположения;

- наличие нагромождения визуальной информации о деятельности государственных ведомств, осуществляющих использование воздушного пространства, что влечет нарушение качества восприятия ДВО;

- наличие невыявленных диспетчером ПКС и КС, в связи с наложением визуальной реализации одних функций с другими. Например, при изменении высоты полета воздушного судна, затрагивающего интересы смежных секторов (функционирующих на соседних высотах). А также наличием первого замечания;

- наличие невыявленных диспетчером ПКС и КС нерациональным использованием возможностей визуальной информационной среды в современных условиях компьютеризации автоматизированных процессов и визуально-когнитивных методов овладения ситуативной осведомленностью;

- наличие неудобств, связанных с определением продольных интервалов с использованием одновременно нескольких векторов экстраполяции при потенциальном конфликте ВС попутного направления;

- избегание (либо же невозможность) использования дисплея среднесрочных потенциальных конфликтов в условиях высокой загруженности в связи с дефицитом времени на функциональные операции (особенно, при наличии большого количества отметок о ПКС), а также в связи с энергоемкой операцией поиска конфликтующих воздушных судов в условиях, описанных первым замечанием;

- наличие весьма ограниченного функционала поддержки принятия рациональных решений по устранению КС;

- некорректное применение иерархии плоскостей (перспективы) цветового пространства в функции выделения ВС одним цветом (желтым) при необходимости изменения высоты полета более, чем на один эшелон. Что в условиях высокой интенсивности вызывает трудности восприятия ДВО.

Выше представленный перечень замечаний далеко не полон, однако в некоторой мере отражает причины поднимаемого в статье вопроса.

Вместе с тем, прогресс в области когнитивных наук, когнитивной психологии, гносеологии и информационных технологий [3] открывает новые возможности, в частности и взаимодействия специалиста по обслуживанию воздушного движения с интерфейсом информационной среды средств наблюдения за ДВО. Этот прогресс проявляется в создании таких технологий и методик когнитивной машинной графики [4], которые направлены и на проекцию в сознание образа предметного содержания данных наиболее близкого к, не боясь этого слова, интуитивным механизмам переработки информации, и на повышение семантической емкости данных.

В действительности, основную трудность вопросов разработки средств оптимального взаимодействия представляет создание ЧМИ адаптированного под когнитивные составляющие

шие и творческий потенциал человека в процессе принятия решений. Что в свою очередь поднимает также и вопросы моделирования и оптимизации самого ППР: учет факторов неопределенности в задании математических моделей процессов, управление которыми входит в задачу лица, принимающего решение (ЛПР); учет различных показателей эффективности у различных ЛПР или наличие у них различных предпочтений.

Так, на данном этапе разработаны различные виды систем с отображением ДВО в 3D формате и даже с возможностью наглядного моделирования решений. Несомненно, данные разработки направлены на улучшение показателей эффективности взаимодействия типа «человек-машина». Но внедрение подобных технологий затрудняется, во-первых, в виду высокой стоимости разработки и внедрения, во-вторых, инертностью перехода восприятия от анализа в 2D формате к 3D, связанного с появлением визуальных угловых искажений пространства, в-третьих, различие восприятия процессов УВД разработчиком подобных систем и субъектом самой системы. Поэтому на первоначальном этапе возможен иной подход к качеству представления пространства ДВО [5].

Стоит отметить функцию, уже реализованную в современных автоматизированных системах УВД – цветового выделения воздушных судов (ВС) одного эшелона полёта. При этом замена числовой дифференциации высот на цветовую формирует восприятие ВС селективными группами. Сознательно складывается целостная картина слоя одного эшелона, и, так как не требуется время на поиск и выделение отдельных ВС, определенной высоты, качественно изменяется способ восприятия информации. Данная функция сформирована согласно естественного закона восприятия, при котором элементы, одинаковые по цвету, пространственной ориентации, а также близкие друг к другу, имеют тенденцию к произвольному объединению. Помимо того, зрительное восприятие также имеет свойство разделения объектов различных цветов, поэтому желтые ВС не сливаются с фоном и другими объектами. Однако и эта функция не устраняет вышеперечисленные недостатки взаимодействия диспетчера с интерфейсом АС УВД.

В рамках настоящей работы предлагается разработка цветографических решений на основе явления хроматической стереоскопии – феномене психофизиологической природы зрения, который заключается в оптическом эффекте приближения или удаления цветных плоскостей [6,7]. Т. е. предлагается осуществить проекцию числовых данных информационного пространства отображения ДВО (например, о высоте ВС, тенденции пересечения, скорости наступления события) в пространство цветохроматической когнитивной перспективы человека. Технически это производится привязкой определенного цвета определенному информационному элементу в конкретных условиях в заведомо известных целях по мере пространственного или временного градиента. Методологически же диспетчер использует различные цветовые плоскости для анализа взаиморасположения эшелон-уровней или удаленности событий по продолжительности либо времени наступления события.

Например, использование различных цветов и оттенков при индикации высот ВС, создает эффект пространственного взаимоположения в вертикальной плоскости, что, в свою очередь, сокращает время на формирование целостного образа ДВО и, как следствие, увеличивает время непосредственно для процесса решения задач управления [8]. Так, при цветовом эшелонировании (использовании различных цветов различных эшелонов) на плоском дисплее создаются условия для понимания или «видения», как на картах морей, глубины пространства, в котором осуществляют полеты ВС, каждый на своей высоте.

Однако введение дополнительных цветов в том или ином контексте требует тщательного изучения природы ППР диспетчера УВД во взаимодействии с принципами психофизиологического восприятия пространственно-цветовой части реальности, и проведения исследования изменений эффективности путем оценок количественных характеристик. При этом, эффективность в данном контексте следует понимать, как результативность деятельности, которая характеризуется достижением наибольшего качества услуг с оптимальным применением комплекса имеющихся ресурсов, в частности когнитивных и психофизиологических, как фундамента профессионального долголетия специалистов, так и безопасных, экономичных и регулярных воздушных перевозок.

### Список литературы

1. Крыжановский Г.А. Введение в прикладную теорию управления воздушным движением. – М.: «Машиностроение». 1984. 264 с.
2. Плясовских А.П. Разработка методов и средств процедурного контроля воздушного движения: дис. докт. техн. наук: 71:06-5/433/ Г.А. Крыжановский. СПб. 2005. 335 с.
3. Никулова Г.А., Подобных А.В. Средства визуальной коммуникации – инфографика и метадиизайн. Образовательные технологии и общество. №2. Т.13. 2010. С. 369–387.
4. Цаплин В.В. Горохов В.Л. Когнитивные технологии визуализации многомерных данных для интеллектуальной поддержки принятия решений // Программные продукты и системы. 2014. №3 (107). С. 22–25.
5. Пономарев К.Ю. Человеческий фактор в организации воздушного движения // Вестник СПбГУ ГА. 2016. №3 (12). С. 65–77.
6. Ефимов А.В. Формообразующее действие полихромии и вопросы его изучения в архитектурной школе: дис. ... канд. арх.: 105363/П.П. Ревякин. Москва. 1973. 228 с.
7. Ефимов А.В., Панова Н.Г. Влияние полихромии на формообразование [Электронный ресурс] // Архитектура и современные технологии. 2014. №4(29) – 14-05. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2014/4kvart14/efimov/efimov.pdf>.
8. Пономарев К.Ю. Оценка влияния хроматизма на формирование первоначального образа динамической воздушной обстановки // Вестник СПбГУ ГА. 2017. №1 (14). С. 59–70.

УДК 658.71.08, 519.87

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ДОСМОТРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

*Гладких Анатолий Афанасьевич – доктор технических наук, профессор кафедры обеспечения авиационной безопасности*

*ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского, дом 8/8, a\_gladkikh@mail.ru*

*Волков Андрей Константинович – ассистент кафедры обеспечения авиационной безопасности*

*ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского, дом 8/8, oabivauga@mail.ru*

*Аннотация. В работе изучена возможность использования методов интеллектуального анализа образовательных данных для повышения качества профессиональной подготовки специалистов авиационной безопасности. Разработан и апробирован алгоритм анализа образовательных данных процесса подготовки операторов досмотра на основе методов обнаружения аномалий.*

*Ключевые слова: авиационная безопасность, оператор досмотра, профессиональная подготовка, интеллектуальный анализ образовательных данных, технология Eye-Tracking, кластерный анализ, метод Варда, метод k-средних.*

## IMPROVING THE QUALITY OF PROFESSIONAL TRAINING OF OPERATORS OF INSPECTION WHEN USING DATA MINING FOR EDUCATION



*Gladkikh Anatoly A. – Grand Ph.D. in Engineering sciences, Professor at the Department of providing of aviation security*

*Ulyanovsk Civil Aviation Institute*

*Mozhaisky street, 8/8, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, a\_gladkikh@mail.ru*

*Volkov Andrey K. – assistant at the Department of providing of aviation security*

*Ulyanovsk Civil Aviation Institute*

*Mozhaisky street, 8/8, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, oabuvauga@mail.ru*

***Abstract.** The paper studies the possibility of using the methods of intelligent analysis of educational data to improve the quality of training of aviation security specialists. The algorithm of the analysis of educational data of process of preparation of operators of inspection on the basis of methods of detection of anomalies is developed and tested.*

***Keywords:** aviation security, operator of inspection, professional training, data mining for education, Eye-Tracking technology, cluster analysis, Ward's method, k-medium method.*

**Введение.** В настоящее время, в связи с повышением уровня террористических угроз, в Российской Федерации реализуется процесс модернизации и внедрение новых технических средств и технологий обеспечения авиационной безопасности. Ввиду того, что данная система представляет собой эргатическую систему, данный процесс также затрагивает область профессиональной подготовки специалистов авиационной безопасности.

В рамках организации обеспечения авиационной безопасности в аэропортах регламентировано создание систем досмотра, которые включают в себя специально подготовленных операторов досмотра, работающих на рентгеновском оборудовании. Главной задачей операторов является обнаружение широкого спектра запрещенных предметов, представляющих угрозу для безопасности полетов. Аспекты человеческого фактора, связанные с деятельностью операторов досмотра, включают в себя: уровень профессиональной подготовленности операторов; эргономические аспекты проектирования технических средств досмотра; эксплуатационные характеристики рабочего места (шум, освещение и т.д.). Для снижения негативного влияния человеческого фактора при обнаружении запрещенных предметов современное рентгеновское оборудование оснащается функциями помощи операторам. К ним относятся: функция автоматического выделения потенциально опасных зон на рентгеновском изображении, функции улучшения изображения (image enhancement functions), функция получения многоакурсных изображений. Тем не менее, несмотря на постоянное повышение уровня автоматизации в рентгеновских системах, окончательное решение в отношении интерпретации изображений по-прежнему принимает оператор, работающий на рентгеновской аппаратуре. В связи с чем, качество профессиональной подготовки операторов имеет основополагающее значение для надежного функционирования системы досмотра авиапредприятия.

В целях решения проблемы повышения качества профессиональной подготовки специалистов авиационной безопасности отечественными и зарубежными исследователями активно применяются современные информационные технологии.

В частности, в настоящее время предложен подход к обучению специалистов службы авиационной безопасности с применением системы дополненной реальности. Способ включает формирование управляемых программно или операторами (инструкторами) стереоизображений запрещенных к провозу предметов и виртуальных пассажиров (высококачественные трехмерные модели с управлением жестами и мимикой), находящихся среди реальных пассажиров и пытающихся пронести запрещенные к провозу предметы, и воспроизведение их в реальной зоне предполетного досмотра пассажиров, салоне самолета и в других зонах контроля безопасности на воздушном транспорте [1]. Однако данное решение не в полной мере удовлетворяет требованиям подготовки операторов досмотра, работающих на рентгеновских интроскопах.

Поэтому дальнейшее совершенствование тренажерной подготовки операторов рентгеновских интроскопов связано с интеграцией механизмов психофизиологического мониторинга их функционального состояния. Практическая реализация данного вида контроля может

осуществляться с применением следующих методов оценки психофизиологического состояния человека [2]:

- методы контактного измерения электрических параметров кожи (электрокожное сопротивление, кожно-гальваническая реакция);
- методы анализа клавиатурного почерка;
- методы вариационной пульсометрии;
- методы регистрации движения глаз;
- методы нейромониторинга.

Наличие контура обратной связи на основе контроля психофизиологического состояния обучаемого позволит повысить степень персонализации подготовки и адаптации к индивидуальным особенностям оператора.

Анализ особенностей профессиональной деятельности операторов досмотра, связан с решением задачи зрительного поиска опасных предметов, поэтому наиболее перспективным является использование метода регистрации движения глаз.

В своей работе Swann L. [3] исследовал когнитивную модель деятельности операторов рентгенотелевизионных интроскопов в реальных условиях с использованием технологии Eye-Tracking, что позволило выделить следующие её виды: зрительный поиск, экспертиза изображения, взаимодействие с интерфейсом оборудования, взаимодействие с другими сотрудниками досмотра, взаимодействие с объектом исследования. Данная когнитивная модель позволяет анализировать не только последовательность видов деятельности, но и связи между ними.

При этом в связи с интенсивной информатизацией процесса подготовки, возникает проблема анализа больших массивов данных, содержащих дополнительные сведения о психофизиологических параметрах деятельности обучаемого в процессе подготовки, что требует внедрения инструментов интеллектуальной поддержки принятия решений. Интеллектуальный анализ образовательных данных – это научная дисциплина, связанная с разработкой методов для исследования уникальных видов данных, которые поступают из образовательного окружения, и использование этих методов для улучшения понимания студентов и окружения, в котором они обучаются [4].

В рамках интеллектуального анализа образовательных данных выделяют методы кластеризации, направленные на разделение обучающихся, осваивающих образовательный контент на группы по восприятию информации. Это дает возможность адаптации подготовки в соответствии с когнитивными возможностями каждого обучающегося в учебной группе. Причина распространенности данного метода связана с тем, что методы кластеризации относятся к обучению без учителя, то есть отсутствует необходимость в тренировочном наборе данных для обучения алгоритма, что особо актуально для образовательных данных ввиду постоянных качественных, количественных и организационных изменений в системе подготовки.

Одной из решаемых задач с применением данных алгоритмов является обнаружение аномалий в образовательных данных. В качестве алгоритмов кластеризации операторов предлагается использовать иерархические агломеративные методы и итерационные методы, в частности метод *k*-средних. При этом предполагается, что набор нормальных данных лежит ближе к центроидам кластеров, а аномальные данные, наоборот дальше от ближайшего центра кластера.

#### **Результаты экспериментальных исследований профессиональной подготовки операторов РТИ с применением технологии Eye-Tracking и методов интеллектуального анализа данных**

В целях практической реализации предложенного подхода на базе ФГБОУ ВО УИ ГА проведены экспериментальные исследования с участием 66 курсантов очной формы обучения направления подготовки 25.03.03 Аэронавигация, профиля подготовки 9. Обеспечение авиационной безопасности.

При этом 34 курсанта были отнесены к группе неподготовленных, а 32 курсанта – к группе подготовленных, так прошли не только теоретический курс, но и практический курс на тренажере «Студент». В качестве экспериментального оборудования использовался мобильный айтрекер Sensomotoric Instruments Eye Tracking Glasses 2.0 (ETG 2.0). Для анализа полученных данных использовался программный пакет для статистического анализа Statistica.

Применение предложенного алгоритма к анализу полученных данных подготовки с использованием ETG 2.0 позволило выделить 8 курсантов как аномалии от общего числа в группе неподготовленных курсантов, а в группе подготовленных курсантов количество аномальных составило 4 обучающихся, что в свою очередь повысило качество кластеризации обучаемых по параметрам их глазодвигательной деятельности.

В результате применения иерархического метода кластеризации (метода Варда) получены дендограммы для исследуемых групп обучающихся, представленные на рисунках 2 и 3.

Анализ дендограмм позволил выделить 4 кластера, как для группы неподготовленных курсантов, так и для группы подготовленных.

Применение метода  $k$ -средних для анализа полученных данных дало одинаковый результат в обоих случаях, что говорит о правильности разбиения исходных групп курсантов на 4 класса.

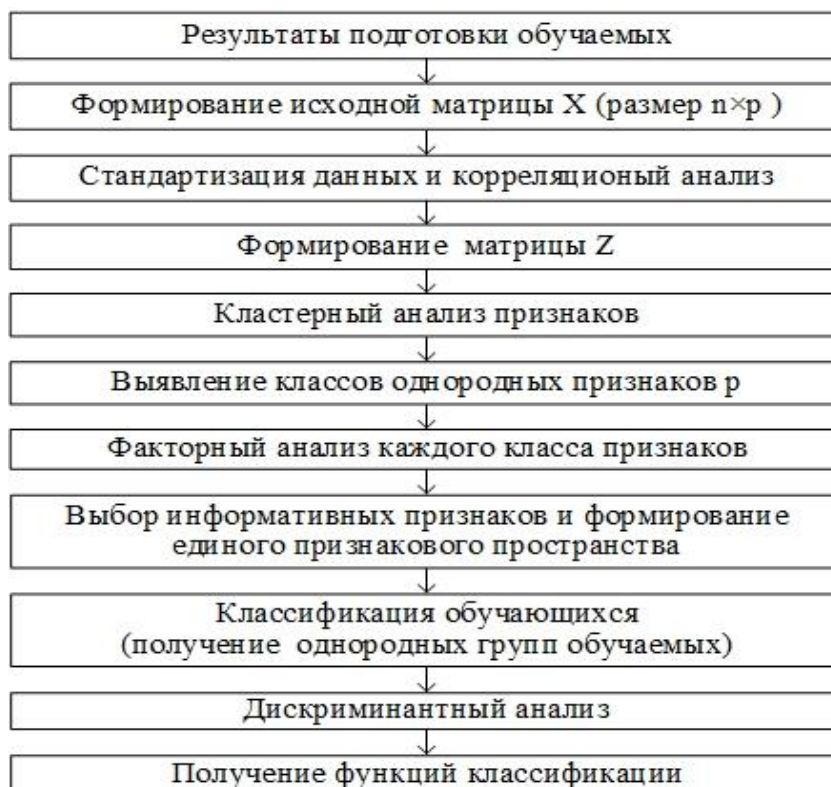


Рисунок 1 – Алгоритм анализа образовательных данных процесса профессиональной подготовки операторов досмотра

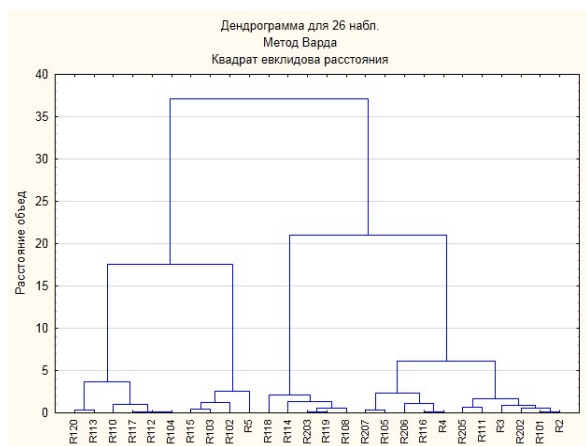


Рисунок 2 – Дендограмма группы неподготовленных курсантов

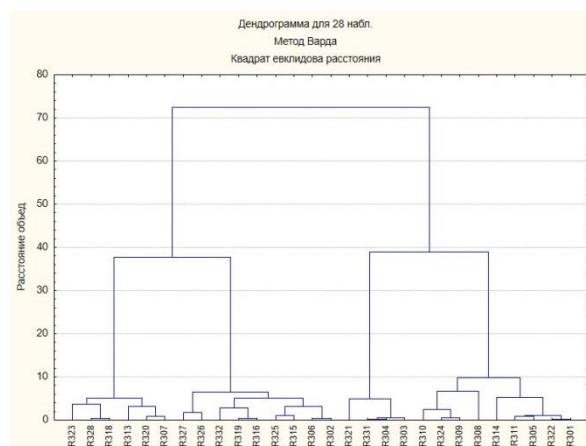


Рисунок 3 – Дендограмма группы подготовленных курсантов

На основании полученных кластеров был проведен дискриминантный анализ данных. В качестве метрики аномальности данных выбрано квадрат расстояний Махаланобиса, который инвариантен масштабу и учитывает корреляции между переменными. В результате анализа получены функции классификации, представленные на рисунках 4 и 5.

Разработанный алгоритм анализа образовательных данных процесса подготовки операторов досмотра на основе методов обнаружения аномалий универсален и пригоден для аналогичных систем профессиональной подготовки с учетом наличия необходимого массива данных.

| Переменная | Функции классификации; группировка: Cod (Gun_1_N) |                   |                   |                   |
|------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
|            | G_1:1<br>p=,15385                                 | G_2:2<br>p=,42308 | G_3:3<br>p=,19231 | G_4:4<br>p=,23077 |
| AF Gun     | 7,35443   | -2,10352          | -10,6518          | -8,2538           |
| FC Gun     | -1,20321  | -0,92743          | -10,1785          | -9,0573           |
| SE Gun     | 2,42004   | -1,90605          | -4,0580           | 5,2104            |
| Конст-та   | -8,20385  | -1,67951          | -16,6234          | -10,3780          |

Рисунок 4 – Функции классификации для группы неподготовленных курсантов

| Переменная | Функции классификации; группировка: KLASS (Gun_1-32.-4_N_DA.sta) |                   |                   |                   |
|------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
|            | G_1:1<br>p=,14286  | G_2:2<br>p=,32143 | G_3:3<br>p=,21429 | G_4:4<br>p=,32143 |
| DT Gun     | -0,4081  | 0,09303           | -3,38577          | 2,34552           |
| AF Gun     | -0,6896  | 0,26019           | -3,24079          | 2,20684           |
| S Gun      | 0,5737   | 2,45093           | -0,48509          | -2,38250          |
| B Gun      | 8,4879   | -1,56359          | 0,41566           | -2,48590          |
| Конст-та   | -10,6124   | -2,89043          | -6,04146          | -4,48236          |

Рисунок 5 – Функции классификации для группы неподготовленных курсантов

### Заключение.

Таким образом, авторами исследованы особенности профессиональной подготовки операторов досмотра с применением технологии Eye-Tracking, а также вопросы поддержки принятия решений управления профессиональной подготовкой специалистов авиационной безопасности с использованием методов интеллектуального анализа образовательных данных. В частности предлагается применить методы обнаружения аномалий в образовательных данных.

Результаты подобных исследований имеют широкое практическое применение, в первую очередь для разработки автоматизированных систем оценки и управления профессиональной подготовкой операторов на основе интеллектуального анализа комплексного массива данных, включающего как результаты обучаемости, так и психофизиологические показатели деятельности.

### Список литературы

1. Способ обучения сотрудников службы авиационной безопасности с применением системы дополненной реальности : пат. 2528457 Рос. Федерация : МПК51 G09B 9/00 / А. Л. Горбунов, А. Ю. Зелинский, А. И. Кауров ; заявитель и патентообладатель ООО «АВИАРЕ-АЛ». № 2012153092/11 ; заявл. 10.12.2012 ; опубл. 20.09.2014, Бюл. № 26. 5 с.
2. Юрков Н.К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы / Н.К. Юрков. Пенза : Изд-во ПГУ. 2010. 304 с.
3. Swann Levi, Popovic Vesna, Blackler Alethea L., Kraal, Ben J. Airport security screeners expertise and implications for interface design. In Design Research Society Conference, 2014, pp. 16–19.
4. Baker E, McGaw B., Peterson P. Data mining for education. International Encyclopedia of Education, Amsterdam: Elsevier. 2010. vol. 7, 3<sup>rd</sup> edn. pp. 112–118.

## КОГНИТИВНАЯ НАГРУЗКА ПРИ ПОДГОТОВКЕ АВИАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА

**Марихин Сергей Васильевич** – доктор педагогических наук, кандидат психологических наук, магистр менеджмента, доцент, профессор кафедры социально-экономических дисциплин и сервиса

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, serg\_marihin@mail.ru

**Пяткова Наталья Викторовна** – ассистент кафедры истории и управления персоналом, аспирант кафедры летной эксплуатации и профессиональной подготовки авиационного персонала,

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, Nat154@mail.ru.

Аннотация. Цель исследования заключается в обосновании необходимости совершенствования подготовки и переподготовки высококвалифицированных летных, инженерных, технических и рабочих кадров в авиационной отрасли. Проблема достижения высокого профессионализма авиационных специалистов особо остро проявляется с учетом современного состояния авиационной техники и оружия, снижения уровня подготовки летного и руководящего состава авиационного персонала. Рассматриваются концепции электронного обучения, реализуемые в контексте специфики подготовки авиационного персонала

Ключевые слова: авиационный персонал, подготовка конструктивизм, подготовка авиационных специалистов, экспертные знания, мотивация, когнитивная теория.

## COGNITIVE LOAD IN THE TRAINING OF AVIATION PERSONNEL

*Marihin S.V. – doctor of Education, Ph.D., Associate Professor, Professor of the Department of Flight Operations and Training of Flight Personnel*

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation*

*38, street of Pilots, Saint-Petersburg, 196210, Russian Federation, serg\_marihin@mail.ru*

*Pyatkova N.V. - Postgraduate at the Department of Flight Operations and Training of Flight Personnel*

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation*

*38, street of Pilots, Saint-Petersburg, 196210, Russian Federation, serg\_marihin@mail.ru*

Abstract. The purpose of the study is to justify the need to improve the training and retraining of highly qualified flight, engineering, technical and working personnel in the aviation industry. The problem of achieving high professionalism of aviation specialists is particularly acute in view of the current state of aviation equipment and weapons, reducing the level of training of flight and management personnel of aviation personnel. The concepts of e - learning implemented in the context of the specifics of aviation personnel training are considered

Keywords: aviation personnel, constructivism training, aviation specialists training, expert knowledge, motivation, cognitive theory.

Основные нормативно-правовые документы, регламентирующие деятельность в сфере гражданской авиации Российской Федерации (Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010-2014 годы)», Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года), демонстрируют необходимость модернизации системы профессиональной подготовки авиационного персонала с учетом особенностей современных

воздушных судов на основе использования инновационных педагогических методик и образовательных технологий, позволяющих повысить эффективность процесса профессиональной подготовки.

На протяжении многих лет зарубежные организации гражданской авиации работают над реализацией ряда проектов, направленных на разработку и внедрение новых методик и технологий подготовки авиационных специалистов на основе компетентностного подхода. В Российской Федерации подобные проекты практически не ведутся.

В сфере подготовки авиационного персонала выделяется четыре этапа развития: наставничество, моделирование, безопасность и подготовка, ориентированная на обучающегося. Следует отметить, что каждое последующее поколение основывалось на опыте предыдущего, а не просто заменяло его [1].

С того момента, как братья Райт совершили первый управляемый полет 17 декабря 1903 года и начали преподавать искусство пилотирования, было заложено начало первого этапа сферы подготовки авиационного персонала, заключающегося в традиционном теоретическом обучении и летной подготовке, осуществляемой по модели наставничества.

Первый летный тренажер Link trainer, изобретенный в 1929 год, послужил началом второго этапа сферы подготовки авиационного персонала, основу которого составляли теоретическая и летная подготовка (дополненная обучением на тренажерах), а цель обучения заключалась в мастерстве выполнения стандартов летной профессиональной деятельности.

Началом третьего этапа сферы подготовки послужили результаты конференции Национального агентства по авионавтике и исследованию космического пространства в 1979 году, на которой представители нескольких крупных авиакомпаний обсуждали тревожное число происшествий в авиационной промышленности, вызванных человеческим фактором. Результатом данной конференции стало начало разработки и внедрения курса управления ресурсами экипажа (CRM), направленного на "эффективное использование всех ресурсов (аппаратного, программного обеспечения и человеческих ресурсов)" с целью достижения безопасного и эффективного уровня полетов [2]. Обучение проводилось все еще по модели наставничества, включая наземную, тренажерную и летную подготовку, однако элементы обучения CRM, направленного на безопасность, интегрировались в каждый этап подготовки. Данный этап отражает процесс подготовки авиационного персонала в настоящее время.

На ранних этапах процесс обучения авиационного персонала был направлен на следование процедурам, нежели чем на обучение принятию решений, решение проблем. Однако образовательные потребности отрасли росли: перегруженность воздушного пространства, передовые технологии в кабине экипажа, приток профессиональных пилотов в авиакомпанию, что формировало потребность в особом образовании. В целях более эффективного обучения специалистов авиационная отрасль должна коренным образом переосмыслить способ предоставления обучения, тем самым, повысив его эффективность.

Становится очевидным, что владения правилами полетов недостаточно в особых ситуациях, требующих от пилота навыков критического мышления для решения сложных или неизвестных проблем. Таким образом, подготовка пилотов должна опираться на деятельность каждого обучающегося. Именно данный подход представляет собой существенный сдвиг в сфере подготовки авиационных специалистов, ориентируясь на изучение потребностей обучающихся, а не на стандартизацию.

Потребность в изменениях очевидна, поскольку авиация находится в преддверии революционного подхода к подготовке пилотов: практико-ориентированного обучения, основанного на трех предыдущих поколениях обучения.

Все обучение можно распределить по трем категориям: когнитивное, психомоторное и эмоциональное. Когнитивное обучение связано с хранением информации в долговременной памяти. В рамках учебных программ пилотов когнитивное обучение обычно связано традиционными уроками наземной подготовки.

Психомоторное обучение, направленное на способность обучающегося выполнять практическую деятельность, является важным аспектом процесса подготовки пилота. Зачастую психомоторное обучение осуществляется на воздушном судне или тренажере. В авиа-

ции, в контексте психомоторного обучения применяется наставнический подход, когда курсанты работают с инструктором, наблюдая и тренируясь до тех пор, пока не смогут выполнить маневр самостоятельно.

Эмоциональное обучение связано с отношениями и эмоциями, проявляемыми в определенной среде. Несмотря на то что эмоциональное обучение может показаться не столь важным в процессе подготовки пилотов, как когнитивное и психомоторное обучение, отношения и эмоции напрямую связаны с безопасностью полетов. Курсы подготовки пилотов, нацеленные на реализацию эмоционального обучения, включают обучение управлению ресурсами экипажа (CRM) или обучение культуре безопасности.

Профессиональный успех авиационного специалиста зависит от его владения навыками трех представленных категорий. Рассмотрим основные концепции обучения в контексте представленных трех категорий обучения.

Теория когнитивной нагрузки. В 80-х годах XX века появляется теория когнитивной нагрузки, направленная на описание взаимодействия рабочей и долговременной памяти, акцентирующая внимание на влияние рабочей памяти на процесс обучения. Существуют три компонента когнитивной нагрузки: внутренний, внешний и релевантный. Информация, предоставленная обучающемуся, представляет большую когнитивную нагрузку только в том случае, если она новая, сложная или обладает интерактивными элементами. Когнитивная нагрузка, связанная с неотъемлемой сложностью материала, называется внутренней когнитивной нагрузкой, которая не может быть снижена до тех пор, пока учебное задание не будет разделено на несколько или упрощено.

Исследователи также заметили, что на когнитивную нагрузку оказывает влияние то, каким образом представлена информация и какие учебные мероприятия задействованы. Когнитивная нагрузка, вызванная неэффективным педагогическим дизайном курса, называется внешней когнитивной нагрузкой. Например, образовательная деятельность, вызывающая внешнюю когнитивную нагрузку, проводится по следующему сценарию: обучающиеся должны изучить новые правила полетов при определенных погодных условиях, однако метеорологическая информация не предоставлена. Обучающиеся должны осуществить поиск отсутствующей информации перед тем, как она перейдет в рабочую память. Сохранение информации в рабочей памяти с одновременным поиском дополнительной информации являются причинами высокой когнитивной нагрузки.

Третий компонент теории когнитивной нагрузки (релевантный) обусловлен педагогическим дизайном курса. Однако релевантная нагрузка является противоположной внешней, поскольку она более стимулирует, нежели препятствует процессу обучения. В конечном итоге, педагогический дизайнер должен попытаться снизить внешнюю нагрузку, высвободив, тем самым, объем рабочей памяти под релевантную когнитивную нагрузку. Примерами образовательной деятельности, вызывающих релевантную когнитивную нагрузку, являются пошаговые примеры, деятельность, направленная на самостоятельное пояснение, практическая деятельность, стимулирующая автоматизм новых навыков, повторение в уме сложного материала.

Теория когнитивной нагрузки непосредственно связана с педагогическим дизайном образовательных ресурсов [3].

Конструктивизм. Согласно конструктивному аспекту обучения люди имеют собственные представления о событиях и придают им значения в контексте собственного опыта, связанного с данной информацией. Например, при изучении штопора пилот, скорее всего, вспомнит информацию, связанную с его собственным опытом управления самолетом при его выполнении, нежели чем предоставит объективную информацию, связанную с требуемым поведением пилота при выполнении маневра. В связи с этим, понимание и организация особых частей знаний у каждого человека уникальны.

Обучение - это процесс конструирования знаний, а не их поглощения. Согласно конструктивизму, обучение является эффективным только тогда, когда инструктор способен соотнести новую информацию с прошлым опытом обучающегося. Следовательно, обучение

зависит от ранее полученных обучающимся знаний, которые используются с целью конструирования нового знания в профессионально-ориентированной среде.

Изучение деятельности экспертов. Экспертам свойственно практически безошибочное выполнение профессиональных обязанностей, у них развита кратковременная и долговременная память, они способны быстро разработать сценарий решения профессиональной проблемы. Исследование экспертной деятельности направлено на понимание обучающимися механизмов, позволяющих экспертам эффективно решать профессиональные задачи. Для того чтобы стать эффективной, спланированная практическая деятельность должна быть стимулирующей, содержать обратную связь и быть направленной на дальнейшее совершенствование. Спланированная практическая деятельность тесно связана с индивидуальными особенностями. Действительно, характеристики, которые многие считают врожденными способностями, могут быть результатом спланированной на протяжении нескольких лет практики. Данный вид практики требует высокой концентрации и усилий для сохранения достигнутого уровня навыков.

Эффект повтора экспертных знаний. Разработчик образовательных ресурсов для авиационного персонала должен всегда рассматривать степень влияния когнитивной нагрузки обучения на обучающихся, хотя экспертные знания обучающихся весьма различны. Предоставление стандартной учебной программы всем участникам группы может быть эффективным для обучающихся, не владеющих предоставляемой информацией, и неэффективным для обучающихся, уже обладающих профессиональными навыками в данной области. По этим причинам важным этапом процесса проектирования обучения должен быть анализ контингента обучающихся.

Обучающиеся, обладающие экспертными знаниями, имеют многочисленные эффективно организованные схемы, позволяющие им работать с большим объемом информации рабочей памяти. Кроме того, эксперты работают со схемами автоматически, результатом чего является минимальная загрузка рабочей памяти. Для начинающих специалистов, не обладающих схемами такого вида, в качестве дополнительного руководства можно разработать компьютерные инструкции. При разработке инструкций необходимо учитывать степень когнитивной нагрузки на обучающихся.

Теории мотивации. Существуют две основных категории мотивации - внутренняя и внешняя [4]. Внутренняя мотивация заключается в стимуле человека учиться в соответствии с его интересами или просто из любопытства. Внешняя мотивация относится к внешним факторам, заставляющим человека учиться - финансовые перспективы, давление работодателя, обязательность обучения для сохранения должности. Педагогические дизайнеры образовательных ресурсов должны попытаться установить баланс между уровнями внутренней и внешней мотивации. Проведение анализа контингента обучающихся является важным элементом процесса разработки курса (педагогического дизайна), подсказывающего, какие упражнения повысят, а какие понизят мотивацию. В целом, понимание важности видов мотивации позволяет разработчикам курса / педагогическим дизайнерам распознать момент снижения мотивации курса для того, чтобы интегрировать в него интересные вопросы, стимулирующие учебные мероприятия, интерактивные упражнения или игры.

Когнитивное наставничество. Проблема традиционного обучения заключается в том, что ведущая роль в процессе обучения отводится инструктору или, что еще хуже, учебному пособию. Например, обучение основывается на субъективном мнении инструктора относительно того, что обучающиеся должны знать для сдачи теста. Однако эти требования могут не полностью соответствовать полному перечню знаний и навыков, которые нужны для успешной профессиональной деятельности.

Исторически, во многих сферах профессиональной деятельности практическое обучение проводилось по модели наставничества, и авиация не является исключением. Курсанта закрепляют за инструктором, и до тех пор, пока он не получит свидетельство пилота, большее количество летного времени он будет наблюдать за инструктором и работать с ним. Данный процесс идентичен формальному описанию наставничества, представляющего собой процесс приобретения сложных навыков в конкретной сфере деятельности посредством мо-



делирования, инструктирования и дальнейшего снижения степени участия инструктора [5]. Курсант наблюдает за экспертом, демонстрирующим конкретный навык или маневр (моделирование), затем пытается выполнить маневр под руководством эксперта, готового прийти на помощь в случае необходимости (инструктирование), в завершении, эксперт сокращает степень собственного участия до уровня подсказок или небольшой обратной связи, после чего курсант способен выполнить маневр практически самостоятельно (снижение степени участия инструктора).

Традиционная модель наставничества используется в сфере авиации на протяжении последних ста лет, однако ее очевидным недостатком является то, что традиционное наставничество ориентировано на развитие психомоторных навыков и навыков речевого взаимодействия. Посредством наблюдения за физическими движениями инструктора и устного диалога с ним курсант приобретает навыки, необходимые для управления самолетом и ведения радиосвязи с членами экипажа. Однако нет гарантии в том, обладает ли курсант способностями критического мышления или решения проблем для того, чтобы стать профессиональным пилотом.

К сожалению, согласно существующему стандарту оценка экспертных знаний курсанта производится исключительно в соответствии с его налетом, не обращая внимания на то, что пилоты с одинаковым количеством часов, могут иметь абсолютно разный опыт и уровень обучения. Таким образом, очень важно переосмыслить образовательный процесс в целом и определить процессы подготовки пилотов, направленные на развитие навыков критического мышления и решения проблем. Опираясь на традиционный наставнический подход, включающий наблюдение за физическими и речевыми навыками курсанта, инструктор должен донести до него процессы внутреннего мышления при выполнении конкретных процедур, что называется когнитивным наставничеством, способным улучшить процесс подготовки пилотов.

Важным аспектом когнитивного наставничества является выделение различий в стратегиях решения проблем экспертом и новичком для того, чтобы новичок пытался, хотя бы минимально, приблизить собственную деятельность к подходу, используемому экспертом. Электронное обучение является эффективным средством доставки подобного сопоставительного обучения, ориентированного на решение профессиональных проблем. Например, обучающимся предоставляется видеозапись разных сценариев выполнения полета, после просмотра которых обучающиеся должны оценить представленные проблемы и предложить свое решение. Дальнейший процесс принятия решений осуществляется поэтапно: после того, как обучающиеся сформулировали собственные решения, им для сравнения предоставляются ответы опытного пилота. Данный метод демонстрирует мыслительный процесс опытного пилота - процесс, который до этого был обучающемуся не виден.

Между подходами когнитивного и традиционного наставничества существуют некоторые различия. Во-первых, при традиционном наставничестве задачи и проблемы, возникающие у новичка, являются результатом его реальной деятельности на рабочем месте. Задачи когнитивного наставничества направлены на потребности обучающихся в постепенном увеличении сложности новых стратегий и предоставлении возможности применения их на практике. Во-вторых, когнитивное наставничество ориентировано на обучение знаниям, которые будут применяться в многочисленных нестандартных ситуациях, а не в одном конкретном сценарии. Цель данного подхода заключается в подготовке обучающихся к необычным или неожиданным ситуациям. Следовательно, педагогический дизайн когнитивного наставничества не должен ориентироваться исключительно на реальных примерах наставничества, а помогать тщательно проектировать ситуации с постепенно увеличивающейся сложностью и применять их к многочисленным нестандартным ситуациям.

Программы компьютерного обучения пилотов, в качестве части метода когнитивного наставничества, должны мотивировать курсантов моделировать поведение опытного пилота, излагать собственные мыслительные процессы и реагировать на экспертное поведение. Подобные программы должны интегрировать инструменты помощи или подсказки обучаю-

щимся, а также предоставлять возможность изучения и отработки концепций в сценариях тренажерной подготовки.

Подготовка авиационного персонала требует больших затрат. Существуют прямые затраты, включающие оплату труда инструкторов, затраты на аудитории, тренажеры, парк воздушных судов и его обслуживание и т.д. Существуют и косвенные затраты, связанные с неэффективностью обучения, например, ошибки экипажа при выполнении полета. Поэтому доставка обучения должна производиться качественно и эффективно. Реализация основных концепций обучения, представленных выше, должна осуществляться на основе проведения педагогического дизайна образовательных ресурсов. Педагогический дизайн представляет собой системный процесс анализа потребности в обучении, планирования и проектирования образовательного контекста, организации обучения на основе эффективных педагогических принципов, интеграции руководства процессом обучения и оценки эффекта учебного процесса. Системное использование концепций педагогического дизайна при проектировании обучения увеличивает общую эффективность обучения.

#### *Список литературы*

1. Басовский Л. Е. Управление качеством: учебник / Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев. М: ИНФРА-М. 2011. 212 с.
2. Добротворский Н. М. Комфорт в самолете как средство повышения боеспособности // Вестник Воздушного Флота. 2013. № 1. С. 23–28.
3. Евстигнеев Д. А. Подготовка авиационного персонала в области человеческого фактора: методические указания по изучению дисциплины. Ульяновск: УВАУ ГА. 2017. 65 с.
4. Kearns, S. Kearns, 2015. E-learning in aviation. USA, Ashgate Publishing Company.
5. Clark R.C., Nguyen F. and Sweller J. 2016 Efficiency in Learning: Evidence-Based Guidelines to Manage Cognitive Load. San Francisco, CA: Pfeiffer.

УДК 355/359-004, 004.89

## **ИНТЕГРАЦИЯ КОГНИТИВНОЙ И АФФЕКТИВНОЙ ПОДСИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

*Дрещинский Владимир Александрович – доктор военных наук, профессор  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ  
199034, Россия, Санкт-Петербург, Вознесенская наб. 10 А, 25niinio@mail.ru  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ”  
197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5*

*Аннотация.* Раскрыта проблема обеспечения безопасности слабо защищенных объектов инфраструктуры железных дорог в условиях военных конфликтов. Обоснован метод повышения безопасности, охраны и обороны данных объектов на основе интегрированных когнитивной и аффективной подсистем.

*Ключевые слова:* военные конфликты, слабозащищенные объекты инфраструктуры железных дорог, когнитивные и аффективные методы повышения безопасности объектов.

## **INTEGRATION OF COGNITIVE AND AFFECTIVE SUBSYSTEMS OF THE SAFETY INFRASTRUCTURE RAILWAYS**

*Dreshchinskiy V.A. – Doctor of Military Sciences, Professor  
The system researches of logistics Institute of the Armed Forces of the Russian Federation,*

*Abstract.* The article deals with the problem of ensuring the security of poorly protected railway infrastructure objects in the conditions of military conflicts. The method of improving the security, protection and defense of these objects on the basis of integrated cognitive and affective subsystems is suggested.

*Keywords:* military conflicts, poorly protected railway infrastructure, cognitive and affective methods to improve the security of facilities.

В соответствии с требованиями Федерального закона № 16 ФЗ «О транспортной безопасности» Федеральным агентством железнодорожного транспорта совместно с ОАО «РЖД» уделяется значительное внимание повышению безопасности объектов инфраструктуры железных дорог. Более полутора тысяч наиболее важных объектов, в том числе внеклассные железнодорожные мосты и тоннели, переданы под охрану подразделениям ведомственной охраны железнодорожного транспорта. Однако значимость данной проблемы в значительной степени возрастает в период нарастания военной угрозы и в еще большей степени усугубляется при возникновении военных конфликтов. Это вызвано, прежде всего, возрастанием вероятности воздействия на малые и средние слабо защищенные объекты транспортной инфраструктуры многочисленных диверсионно-террористических групп, а не применением дорогостоящего высокоточного оружия большой дальности. В современных гибридных войнах для воздействия по легкодоступным объектам железных дорог может быть задействовано более 100 диверсионных групп, в том числе высокопрофессиональные группы из состава сил специальных операций [1]. Разрушение многочисленных объектов инфраструктуры железных дорог может привести к существенным перебоям транспортного сообщения, к срыву оперативных, снабженческих и эвакуационных перевозок при проведении операций.

С целью предотвращения диверсионно-террористических действий, угрожающих безопасной деятельности железнодорожного транспорта, на избранном коммуникационном направлении должен быть реализован комплекс мер, обеспечивающий решение следующих задач:

- оперативного создания временных охранных рубежей железнодорожных участков и объектов, в том числе малых и средних искусственных сооружений;
- ликвидации угроз нанесения ущерба элементам объектам инфраструктуры железных дорог путем прямого воздействия.

На важнейших коммуникационных направлениях воинских перевозок техническое прикрытие наиболее важных объектов осуществляется развертыванием частей и подразделений Железнодорожных войск Российской Федерации и специальных строительно-восстановительных формирований железных дорог, часть менее важных объектов переходит под охрану и оборону подразделений Росгвардии. Однако охрана и оборона многочисленных объектов инфраструктуры протяженных железнодорожных направлений потребует привлечения большого числа выделяемых сил и средств. Так для выполнения подобной задачи на коммуникационном направлении может потребоваться до 10000 личного состава, до 500 единиц легкобронированной боевой техники, что вряд ли будет позволительно в условиях подготовки и ведения военных действий [1].

Одним из путей создания надежной системы охраны и защиты объектов инфраструктуры железных дорог может быть комплексное применение когнитивного метода охраны, формирующего локальную зону контроля в зависимости от условий обнаружения и распознавания критически опасных факторов, и интегрируемого с ней аффективного метода автоматизированной защиты данных объектов.

Под **когнитивным методом** в данном случае понимается способ организации охраны объектов, реализуемый на основе заблаговременно созданной мультиагентной подсистемы взаимодействия с источниками информации на различных физических принципах сенсоров, датчиков и других средств обнаружения признаков нарушения зоны безопасности и воздей-

ствия на объект (информационная подсистема), а также структурированной аналитической подсистемы хранения знаний и логической обработки информации [2] об объектах защиты, способах нарушения их пространственной зоны безопасности (наземной, подземной, воздушной, надводной и подводной) и целостности, которая обеспечивает решение интеллектуальной задачи принятия решения на задействование тех или иных элементов аффективного метода защиты.

Создаваемая информационная подсистема должна обеспечить:

- быстрое развертывание автономных, мобильных средств обнаружения и охранной сигнализации объектов инфраструктуры железных дорог;
- обнаружение с достаточно высокой вероятностью потенциальных нарушителей объектов, распознавания их типа (люди, животные) и характера действий на участках железных дорог, расположенных на удалении не менее 100 км от центра хранения и обработки информации;
- оперативный визуальный контроль объектов потенциальной угрозы с беспилотных летательных аппаратов;
- осуществление передачи тревожной информации с датчиков и других средств обнаружения по помехоустойчивому двустороннему защищенному радиоканалу на центральное устройство управления;
- преобразование в ходе решения интеллектуальных задач информации к виду удобному для принятия решения по осуществлению целенаправленного избирательного или комплексного противодействия нарушителям безопасности;
- автоматический контроль работоспособности датчиков и иных средств обнаружения, состояния источников питания и радиоканалов.

В состав подсистемы объектового контроля могут входить:

- инфракрасные средства обнаружения (ИКСО);
- обрывные или вибрационные средства обнаружения (ОСО);
- детекторы обнаружения движения (ДОД) и сейсмодатчики (СДО);
- двухпозиционные радиолучевые средства обнаружения (РЛСО);
- осветительные прожектора и телекамеры, включаемые когнитивной системой в момент нарастания интенсивности поступления информации о воздействии на объект (ТК);
- модули связи, совместимые со средствами обнаружения;
- устройства программирования, наладки и тестирования средств обнаружения.

Входящие в подсистему средства обнаружения являются основными средствами, контролирующими ту или иную физическую величину (нарушение периметра, давление, усилие и т.д.) и преобразующие изменения в выходной сигнал, предназначенный для дальнейшей регистрации, обработки и передачи к аффективным устройствам.

В групповой комплект контроля участка железной дороги могут входить:

- центральное устройство хранения, обработки и отображения информации и управления (ЦУУ);
- переносные мобильные пульта контроля (МПК);
- беспилотные летательные аппараты (БЛА) типа «Орлан» с телевизионными средствами обнаружения;
- ретрансляторы;
- комплект сменных автономных источников питания.

Конкретный состав средств объектового контроля и схема их расстановки и должны подбираться для каждого объекта железнодорожной инфраструктуры с учетом особенностей расположения объекта, рельефа местности и доступности объекта.

Электропитание элементов комплекса целесообразно осуществлять от литиевых аккумуляторных элементов питания нового поколения с предполагаемым сроком работы без подзарядки в течение одного месяца.

Радиосеть подсистемы объектового контроля должна быть распределенной между отдельными средствами обнаружения и устойчивой к возможным отказам. Целесообразно,

чтобы каждый элемент подсистемы выполнял функцию ретрансляции сообщений от соседних средств обнаружения, что позволит организовывать линейные участки и локальные замкнутые зоны охраны. В случае большой удаленности линейных участков и зон охраны объектов от ЦУУ информация может передаваться через ретрансляторы.

Составные части комплекса должны иметь небольшие масса-габаритные характеристики, хорошую транспортабельность, малые сроки развертывания и не должны требовать высокого уровня подготовки эксплуатирующего их персонала.

Центральным интегрирующим элементом является *подсистема хранения знаний и логической обработки информации* об объектах защиты. Она должна обеспечить [2, 3]:

- объективную оценку ситуации и влияния совокупности тревожных сигналов, определяющих реальные намерения нарушителей и возможные сценарии развития ситуации;
- предложить (реализовать в автоматическом режиме) способы противодействия нарушению безопасности объекта;
- определить возможные варианты развития ситуации с учетом последствий принятых управленческих решений и сравнить их.

Подсистема основывается на метаданных об объектах защиты и возможных способах нарушения их пространственной зоны безопасности, описывающих способы преобразования, вспомогательные закономерности, форматы хранения информации и т. д. Метаданные фиксируются не жестко и хранятся отдельно от исходного кода, в котором на уровне алгоритма фиксируется логика работы системы обеспечения безопасности объектов. Данные для подсистемы хранения знаний должны постоянно актуализироваться, сохраняя нужные сведения.

Алгоритм программного обеспечения, по нашему мнению, должен быть основан на моделировании субъективных представлений экспертов о базовых факторах и ситуациях несанкционированного нарушения пространства безопасности объекта, учитывающих множество факторов ситуации и множество причинно-следственных отношений между факторами ситуации воздействия на объект, т. е. по сути, модели прогноза развития ситуации. Возможные сценарии развития ситуации предполагают выбор соответствующего управленческого решения на задействование тех или иных элементов аффективной подсистемы. Предполагаемый алгоритм, отражающий семантические связи и отношения возможных ситуаций, ввиду ограниченности объема статьи мы не приводим, тем более что алгоритм должен постоянно обновляться по мере поступления новой информации.

Под *аффективным методом защиты* подразумевается способ организации комплексной защиты объекта от диверсионно-террористического воздействия в различных сферах средствами наземного, воздушного и водного противодействия диверсионной деятельности противника.

Создаваемая аффективная подсистема должна обеспечить:

- прием информации, поступающей с установленных технических средств охраны, о проникновении на охраняемый объект диверсионно-террористической группы;
- реагирование средств на тревожные события в целях предупреждения актов незаконного вмешательства
- управление средствами воздействия на противника для пресечения диверсий и террористических актов.

Элементами данной подсистемы могут быть современные малозаметные инженерные сооружения, сигнальные средства минирования и оповещения о нарушении пространства безопасности, а также для временного подавления психо-волевой устойчивости нарушителей и иные средства нелетального воздействия, в том числе:

- специальные ударно-шоковые выстрелы для дистанционно управляемых гранатометов (ДУГр), автоматически наводящихся в сторону нарушения периметра безопасности, заполненные раздражающе-парализующими веществами (ирритантами), с дальностью воздействия вещества около 4–5 метров, позволяющими решать тактические задачи по выведению живой силы из строя на сроки от нескольких часов до нескольких суток;

– электро-шокирующие ограждения, представляющие собой малозаметное сочетание сигнализации с элементом электрошокового воздействия, контакт с которым способен лишить нарушителя возможности передвижения на 30–40 минут;

– системы, затрудняющие движение, в том числе выстреливающиеся сети и специальные пены.

Описанные выше средства и устройства разработаны и выпускаются отечественной промышленностью, а многие из них достаточно эффективно применяются Росгвардией при проведении специальных операций.

В состав аффективной подсистемы могут также входить и средства летального воздействия: противопехотные мины различных типов, автоматические огневые средства, избирательно управляемые когнитивной системой в автоматическом режиме и/или лицом принимающим решение на задействование средств защиты. Особое внимание уделяется заграждениям и препятствиям на опасных направлениях.

Военно-экономическая целесообразность создание системы охраны и защиты объектов инфраструктуры железных дорог может определяться сравнением затрат на ее создание ( $C_{cco}$ ) с затратами на восстановление разрушенного объекта ( $C_{во}$ ) и военно-экономического ущерба, определяемого несвоевременными воинскими и снабженческими перевозками ( $C_{зп}$ ),

$$C_{cco} < C_{во} + C_{зп}.$$

Сравнительная военно-экономическая оценка вариантов системы охраны и защиты объектов позволяет выбрать наиболее рациональный вариант элементов системы, обладающий требуемой эффективностью при минимальных затратах на его создание и развертывание в период нарастания военной угрозы.

На рисунке представлена концептуальная схема организации системы охраны и комплексной защиты среднего железнодорожного моста.

На расстоянии 30–50 метров от береговых конструкций моста для снижения вероятности проникновения диверсионно-террористических групп устанавливаются малозаметные проволочные заграждения (МПЗ), обрывные и вибрационные средства обнаружения проникновения, интегрированные с проводными электро-шокирующими устройствами. Между линией данного заграждения и границами мостовых подходов по периметру устанавливаются радиолучевые средства обнаружения и скрытого контроля территории с встроенными радиомодемами для передачи тревожных сообщений на ретрансляторы и далее на центральное устройство хранения, обработки и отображения информации и управления. За ними могут быть установлены минно-взрывные заграждения с сигнальными и/или противопехотными минами. Вокруг объекта устанавливаются осветительные прожектора и телекамеры.

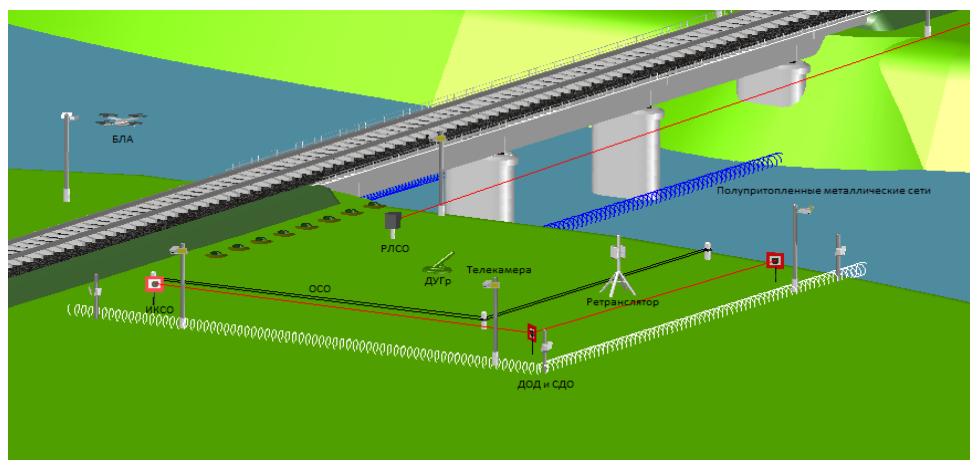


Рисунок 1 – Фрагмент модели организации когнитивной системы охраны и аффективной комплексной защиты среднего железнодорожного моста

Вдоль береговых линий с обеих сторон от водной поверхности устанавливаются инфракрасные средства обнаружения, таким образом, чтобы все излучатели были направлены вдоль моста над водной поверхностью. С целью защиты опорных конструкций моста от возможной угрозы проникновения под водой и по водной поверхности устанавливаются полуприотопленные металлические сети (ПМС).

Все технические средства, входящие в когнитивную подсистему охраны объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта (средства обнаружения несанкционированного доступа, видеонаблюдения, передачи, сбора и обработки, информации), а также боевые средства, включенные в аффективную подсистему комплексной защиты таких объектов, должны быть обязательно сертифицированы.

В целом комплексное применение когнитивного метода охраны и интегрируемого с ним аффективного метода автоматизированной защиты объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта позволит повысить их защищенность от возможного воздействия диверсионно-террористических групп противника и разрушения слабо охраняемых объектов в военных конфликтах различной интенсивности, что в свою очередь, обеспечит бесперебойность железнодорожного сообщения на избранных коммуникационных направлениях.

#### *Список литературы*

1. Дрещинский В.А., Ласточкин Н.Н. Проблемы безопасности и защиты объектов инфраструктуры железных дорог от воздействия террористических группировок. – Транспорт России: проблемы и перспективы. СПб. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко. Материалы международной научно-практической конференции. 2015. Т. 2. С.52–56.
2. Станкевич Л.А. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Интеллектуальные системы. СПб.: Изд-во СПбГТУ. 2000.
3. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности. Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 1–13.

УДК 656.61.052:527.61:004.032.26

## **НЕЙРОКОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЧИСЛИМОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СУДНА**

*Дерябин Виктор Владимирович – кандидат технических наук, доцент Кафедры навигации*

*ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*

*198035, Россия, Санкт-Петербург, ул. Двинская, дом 5/7, gmavitder@mail.ru*

*Аннотация.* Предлагается архитектура системы определения счислимого места судна на основе нейронной сети. Путём анализа уравнений движения определены состав входного и выходного сигналов системы, тип образующей её нейронной сети. Используется многослойная сеть прямого распространения с одним скрытым слоем, удовлетворяющая условиям теоремы об универсальной аппроксимации. Сеть прогнозирует поправки к счислимым координатам, компенсирующие отсутствие канала измерения скорости дрейфа. Нейросистема хранит информацию о физических свойствах судна в своих свободных параметрах. Формирование учебного набора происходит в процессе повседневной эксплуатации судна.

*Ключевые слова:* судно, координаты, счисление, нейронная сеть, образцы, обучение, информация, когнитивная система.

## **A NEUROCOGNITIVE APPROACH TO A VESSEL'S DEAD RECKONING POSITION FIXING SYSTEM CONSTRUCTION**

*Deryabin Victor V. – Ph.D., associate professor of Navigation Department  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
Dvinskaya Str., 5/7, St. Petersburg, 198035, Russian Federation, gmavitder@mail.ru*

***Abstract.** A structure of a neural network based vessel's dead reckoning position fixing system is proposed. On the basis on the analysis of the motion equations, components of input and output signals of the system has been defined, and type of the neural network as well. A multilayer feed-forward neural network with one hidden layer, satisfying the Universal approximation theorem, is used. The network predicts variables, which are to be summed to obtain corrections for coordinates in dead reckoning mode, resulting from the lack of speed of drift measurements. Neural system keeps information about physical properties of a vessel. This information exists as weights and biases values of the network. Training data sets are proposed to be formed during routine vessel's sailings.*

***Keywords:** vessel, coordinates, dead reckoning, neural network, training samples, learning, information, cognitive system.*

Для управления морским судном, являющимся неотъемлемым элементом транспортной системы, необходима навигационная информация, получаемая на основе тех или иных измерений. В частности, для проводки судна по заданному маршруту требуется знание координат его текущего местоположения. Координаты определяются на основе данных спутниковой радионавигационной системы и периодически контролируются с использованием обсерваций по береговым (наземным) ориентирам. Также используется счисление, основное назначение которого – независимый контроль определений места, полученных с использованием внешней информации. Не исключены и ситуации, когда счисление может оказаться единственным источником информации о местоположении судна.

Погрешность определения счислимых координат определяется набором и погрешностью датчиков, по информации от которых ведётся счисление, а также погрешностями алгоритма обработки навигационной информации, преобразующего данные измерений в координаты судна. В дальнейшем будем считать, что набор датчиков и их инструментальные погрешности фиксированы, а именно: на судне используется лаг, измеряющий лишь продольную составляющую относительной скорости, и гирокомпас, точность которых удовлетворяет требованиям ИМО (резолюции MSC.96(72) и A.424(XI)). Такая комплектация измерителей установлена Конвенцией СОЛАС в качестве обязательной для судов, имеющих валовую вместимость 300 и более, но менее 50 000. При рассматриваемом наборе датчиков погрешность счислимого места определяется следующими факторами:

- неопределённостью, связанной с влиянием факторов, вызывающих появление скорости дрейфа (влияние ветра, волнения, течений, сил ДРК и др.);
- погрешностями исходных данных (измерений курса и скорости, знания элементов течений);
- погрешностью метода вычисления счислимых координат;
- погрешностью округления чисел в навигационной ЭВМ.

Сосредоточимся на вопросе влияния неопределённостей, возникающих от неправильного учёта скорости дрейфа. Можно показать, что задача учёта скорости дрейфа есть задача аппроксимации. Универсальными свойствами приближения функций обладают нейронные сети (НС), способные аппроксимировать непрерывное отображение по типу «вход-выход» с любой заданной точностью. Идея применения нейронных сетей для прогноза параметров движения судна не нова, она формулируется и решается, например, в исследованиях [1, 6, 9]. В настоящей же статье исследуется задача построения архитектуры нейросетевой системы счисления пути судна, которую можно также рассматривать как когнитивную систему [5].

Уравнения, определяющие северную  $V_N$  и восточную  $V_E$  составляющие абсолютной скорости судна, имеют следующий вид [3, 7]:



$$\begin{aligned} V_N &= V_{ox1} \cos K - V_{oy1} \sin K + V_{cur} \cos K_{cur}, \\ V_E &= V_{ox1} \sin K + V_{oy1} \cos K + V_{cur} \sin K_{cur}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $V_{ox1}$  – продольная составляющая относительной скорости,  $V_{oy1}$  – поперечная составляющая относительной скорости (скорость дрейфа),  $K$  – истинный курс судна,  $V_{cur}$  – скорость постоянного течения,  $K_{cur}$  – его направление.

Разделим обе части первого соотношения в (1) на радиус кривизны меридианного эллипса  $M$ , а второго – на величину  $N \cos \varphi$ , где  $\varphi$  – геодезическая широта судна, а  $N$  – радиус кривизны первого вертикала.

После этого проинтегрируем полученные равенства, применив к обеим частям операцию интегрирования на интервале  $[0; t]$ , где  $t$  – время. В результате получим следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \varphi(0) + \int_0^t \frac{1}{M} (V_{ox1} \cos K + V_{cur} \cos K_{cur}) dt - \int_0^t \frac{1}{M} (V_{oy1} \sin K) dt, \\ \lambda(t) &= \lambda(0) + \int_0^t \frac{1}{N \cos \varphi} (V_{ox1} \sin K + V_{cur} \sin K_{cur}) dt + \int_0^t \frac{1}{N \cos \varphi} (V_{oy1} \cos K) dt, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\lambda$  – геодезическая долгота судна.

Подынтегральные функции выражений (2) содержат величины  $1/M, 1/N \cos \varphi$ , зависящие от широты  $\varphi$ , которая является искомым параметром. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать следующие приближённые уравнения:

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \varphi(0) + \frac{1}{M_0} \left[ \int_0^t (V_{ox1} \cos K + V_{cur} \cos K_{cur}) dt - \int_0^t (V_{oy1} \sin K) dt \right], \\ \lambda(t) &= \lambda(0) + \frac{1}{N_0 \cos \varphi(0)} \left[ \int_0^t (V_{ox1} \sin K + V_{cur} \sin K_{cur}) dt + \int_0^t (V_{oy1} \cos K) dt \right], \end{aligned} \quad (3)$$

где  $M_0, N_0$  – значения радиусов кривизны в начальной точке с широтой  $\varphi(0)$ .

Поправки  $-\int_0^t (V_{oy1} \sin K) dt, +\int_0^t (V_{oy1} \cos K) dt$  при данной комплектации датчиков не могут быть определены на основе измерений. Их можно только определить с использованием того или иного теоретического аппарата.

Наиболее развитым в настоящее время аппаратом считается теория дифференциальных уравнений (ДУ), в соответствии с которой скорость дрейфа судна (а затем поправки) определяется исходя из решения ДУ вида:

$$\frac{dV_{oy1}}{dt} = f(V_{oy1}, V_{ox1}, \omega, p_1, p_2, \dots, p_l) \quad (4)$$

где  $\omega$  – угловая скорость поворота судна,  $p_1, p_2, \dots, p_l$  – набор из  $l$  величин, оказывающих влияние на скорость дрейфа судна и не зависящих от физических характеристик его корпуса и движительно-рулевого комплекса (ДРК);  $f$  – функция, определяющаяся физическими характеристиками корпуса и ДРК.

Выполнив интегрирование уравнения (4) на промежутке времени  $[0; \Delta t]$ , получим эквивалентное интегральное уравнение:

$$V_{oy1}(\Delta t) = V_{oy1}(0) + \int_0^{\Delta t} f(V_{oy1}, V_{ox1}, \omega, p_1, p_2, \dots, p_l) dt, \quad (5)$$

где  $\Delta t = t_i - t_{i-1}; i = 1:s$  – дискретность измерений, поступающих в моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_s$ .

Подынтегральное выражение в (5) зависит от того, какой вид имеют независимые переменные функции  $f$  на промежутке времени  $[0; \Delta t]$ .

В условиях выбранной дискретности измерений  $\Delta t$  полный вид переменных определить невозможно, так как известны лишь значения на границах промежутка, что приведёт уже к снижению точности. Более того, поперечная скорость  $V_{oy1}$  известна только на левой границе промежутка, так как сама является искомой величиной.

Указанное обстоятельство также не позволяет полностью определить поведение  $f$  на отрезке  $[0; \Delta t]$ .

Указанные обстоятельства приводят к решению несколько другой задачи, чем прямое интегрирование (5), а именно: по значениям  $V_{ox1}, \omega, p_1, p_2, \dots, p_l$  на границах промежутка  $[0; \Delta t]$ , значению  $V_{oy1}(0)$  спрогнозировать значение скорости дрейфа  $V_{oy1}(\Delta t)$  на конец временного отрезка.

Величины, которые определяют скорость дрейфа  $V_{oy1}(\Delta t)$ , формируют входной вектор  $X_1$ . Для его определения необходимо конкретизировать величины  $p_1, p_2, \dots, p_l$ .

Уравнение (4) может быть переписано в следующем развёрнутом виде [2, 4]:

$$\frac{dV_{oy1}}{dt} = \frac{1}{m \cdot (1 + k_{22})} \left[ -m \cdot (1 + k_{11}) \cdot V_{ox1} \cdot \omega + F_{vy1} + F_{py1} + F_{ry1} + F_{ay1} + F_{wy1} \right],$$

где  $m$  – масса судна,  $\omega$  – угловая скорость рыскания,  $k_{22}$  – поперечный коэффициент присоединённой массы,  $F_{vy1}$  – составляющая силы неинерционного сопротивления корпуса,  $F_{py1}$  – составляющая силы со стороны винта,  $F_{ry1}$  – составляющая силы со стороны руля,  $F_{ay1}$  – составляющая аэродинамической силы,  $F_{wy1}$  – составляющая силы со стороны волнения.

Слагаемое  $F_{py1}$  определяется числом оборотов винта  $n$ . Величина  $F_{ry1}$  зависит угла перекаладки руля  $\delta$ .

Аэродинамическая составляющая зависит от скорости относительного ветра  $V_R$  и его курсового угла  $\alpha_R$ .

Поперечная составляющая силы волнового воздействия для случая регулярного волнения определяется высотой волны  $h_w$ , курсовым углом волнения  $\gamma_w$ , длиной волны  $\lambda_w$ .

Конечно, некоторые составляющие сил зависят и от кинематических параметров  $V_{ox1}, V_{oy1}, \omega$ , но они уже учтены в структуре уравнения (4).

Таким образом, входной вектор  $X_1$  имеет следующий вид:

$$X_1(i) = \left( \begin{array}{l} V_{ox1}(t_{i-1}), V_{ox1}(t_i), V_{oy1}(t_{i-1}), \omega(t_{i-1}), \omega(t_i), \delta(t_{i-1}), \delta(t_i), n(t_{i-1}), n(t_i), \\ V_R(t_{i-1}), V_R(t_i), \alpha_R(t_{i-1}), \alpha_R(t_i), h_w(t_{i-1}), h_w(t_i), \gamma_w(t_{i-1}), \gamma_w(t_i), \lambda_w(t_{i-1}), \lambda_w(t_i) \end{array} \right)$$

Вектор  $X_1(i)$  приближённо (с учётом сделанных ранее допущений) определяет значение скорости дрейфа  $V_{oy1}(t_i)$  на момент времени  $t_i$ .

Вектор  $X_1(i-1)$ , соответственно – значение  $V_{oy1}(t_{i-1})$ .

Величины  $\sin K(t_{i-1})$ ,  $\sin K(t_i)$  при известных значениях  $V_{oy1}(t_{i-1})$ ,  $V_{oy1}(t_i)$  определяют подынтегральное выражение поправки  $-\int_0^t (V_{oy1} \sin K) dt$ , и поэтому само её значение  $-\int_0^{\Delta t} (V_{oy1} \sin K) dt$ .

Аналогичные рассуждения можно проделать и для величин  $\cos K(t_{i-1})$ ,  $\cos K(t_i)$  и поправки  $+\int_0^{\Delta t} (V_{oy1} \cos K) dt$ .

Таким образом, входной вектор

$$X = (\sin K(t_{i-1}), \sin K(t_i), \cos K(t_{i-1}), \cos K(t_i), X_1(i-1), X_1(i))$$

определяет поправки к счислимым координатам, формирующие выходной вектор  $Y$ :

$$Y = \left[ -\int_0^{\Delta t} (V_{oy1} \sin K) dt, +\int_0^{\Delta t} (V_{oy1} \cos K) dt \right].$$

Иными словами, возникает задача аппроксимации зависимости вида:

$$Y = F(X). \quad (6)$$

В соответствии с теоремой об универсальной аппроксимации [8], отображение (6) может быть аппроксимировано с любой наперёд заданной точностью с использованием многослойной сети прямого распространения (multilayer feed-forward neural network) с одним скрытым слоем (рис.1).

Нейроны скрытого слоя имеют непрерывные нелинейные монотонно возрастающие и ограниченные функции активации, а также пороговые смещения [8]. Нейроны выходного слоя имеют тождественные функции активации.

Предлагаемая нейронная сеть в своих весах и пороговых коэффициентах хранит информацию о физических свойствах конкретного судна. Она обучается на образцах  $\{X, Y\}$ , накопление которых происходит по мере продолжительной эксплуатации судна.

Если в процессе сбора образцов гидроаэродинамика, массовые характеристики судна менялась существенно, то для каждого варианта эксплуатации должен формироваться свой учебный набор. Как минимум, учебные наборы образцов должны формироваться для двух предельных состояний загрузки судна – «в грузу» и «в балласте».

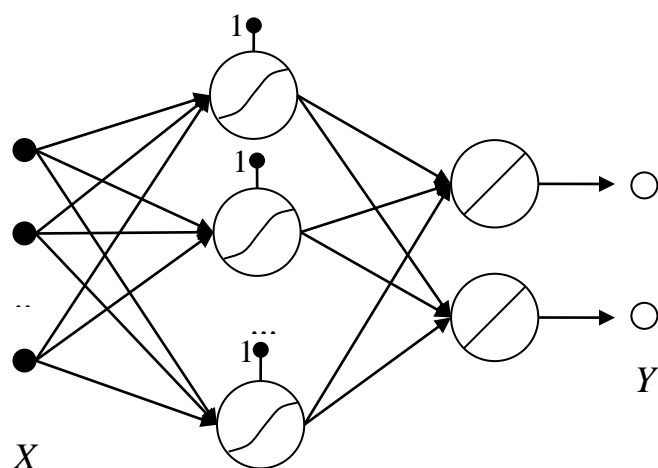


Рисунок 1 – Архитектура нейросетевой системы счисления пути судна

Технология построения структуры нейросетевой системы счисления состоит из следующих последовательных этапов:

- 1) движение судна рассматривается в дискретном времени;
- 2) на основе знаний в области гидроаэродинамики судна определяется набор величин, значения которых в 2 последовательных момента времени однозначно определяют скорость дрейфа судна на текущий момент времени;
- 3) формируется вспомогательный вектор входного сигнала из указанных величин, взятых в 2 последовательных момента времени; в него также включается скорость дрейфа для предыдущего момента времени;
- 4) на основе анализа кинематических уравнений движения определяется набор величин, значения которых в 2 последовательных момента времени однозначно определяют поправки к счислимым координатам, компенсирующие отсутствие канала измерения скорости дрейфа; в набор входят два последовательных значения вспомогательного входного вектора, косинуса и синуса курса;
- 5) формируется общий вектор входного сигнала из указанных величин, взятых в 2 последовательных момента времени;
- 6) для отображения данного вектора в поправки выбирается многослойная нейронная сеть прямого распространения с одним скрытым слоем и удовлетворяющая условиям теоремы об универсальной аппроксимации.

После определения общей структуры НС необходимо задать её конкретные параметры – число нейронов скрытого слоя, вид их функций активации, собрать образцы, обучить и, наконец, протестировать сеть.

Определена общая технология построения нейросетевой системы счисления пути судна.

Система представляет собой многослойную нейронную сеть прямого распространения с одним скрытым слоем, которая удовлетворяет условиям теоремы об универсальной аппроксимации. Она позволяет получать поправки к счислимым координатам судна, необходимые для компенсации ошибок, связанных с тем, что скорость дрейфа судна не подлежит измерению (используется однокомпонентный относительный лаг).

Образцы для обучения нейронной сети накапливаются по мере эксплуатации судна в разнообразных условиях, содержат информацию о гидроаэродинамических и других физических свойствах судна.

На основе данных образцов происходит обучение сети, т.е. информация, заключённая в образцах, сохраняется в свободных параметрах сети (весах и порогах). В этом смысле такую нейросетевую систему определения счислимого места судна можно считать когнитив-

ной, потому что она запоминает информацию о физических свойствах судна, получая её из внешней среды посредством образцов.

#### *Список литературы*

1. Болодурина И.П., Решетников В. Н., Таспаева М. Г. Применение и адаптация нейросетевых технологий в задаче идентификации динамических объектов // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2012. №1. С. 1–5.
2. Дерябин В. В. Нейронная сеть как алгоритм прогноза скорости дрейфа судна // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2015. № 6 (132). С. 11–17.
3. Дмитриев С. П. Высокоточная морская навигация. СПб: Судостроение. 1991. 222 с.
4. Дмитриев С. П., Пелевин А. Е. Задачи навигации и управления при стабилизации судна на траектории: научное издание. СПб: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор». 2002. 160 с.
5. Малыгин И. Г., Комашинский В. И., Афонин П. Н. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России». 2015. №4. С. 68–73.
6. Сазонов А. Е., Дерябин В. В. Прогнозирование траектории движения судна при помощи нейронной сети // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2013. Вып.3. С. 6–13.
7. Средства активного управления судами: Издание второе / А. Ш. Афремов [и др.]. СПб.: Крыловский ГНЦ. 2016. 182 с.
8. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines: Third Edition. New York: Prentice Hall, 2009. xxx, 906 p.
9. Xu T., Liu X., Yang X. A Novel Approach for Ship Trajectory Online Prediction Using BP Neural Network Algorithm // Advances in information Sciences and Service Sciences (AISS). 2012. Vol. 4 (№ 11). P. 271–277.

УДК 656.6:004

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ БОРЬБЕ ЗА ЖИВУЧЕСТЬ СУДНА**

*Каминский Валерий Юрьевич* – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией

*ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13., Kaminskyv@yandex.ru*

*Скороходов Дмитрий Алексеевич* – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, skorohodda@mail.ru*

*Королев Олег Александрович* – научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, kama54@rambler.ru*

*Аннотация.* В статье рассмотрены особенности задач борьбы за живучесть транспортного средства и основные проблемы их решения. Утверждается, что большинство ошибок в борьбе за живучесть связано с принятием необоснованных решений на различных стадиях локализации и ликвидации аварийных ситуаций. Рассмотрены основные причины принятия необоснованных решений. Сформулирован комплексный подход для решения задач борьбы за живучесть на базе системы поддержки принятия решений. Определены принципы построения и основные компоненты систем подобного рода. Сформулированы базовые понятия и приведены принципы формирования концептуальных моделей объектов в виде семантических сетей.

*Ключевые слова:* аварийная ситуация, борьба за живучесть, транспортное средство, концептуальный анализ, система поддержки.

## INFORMATION SYSTEM FOR DECISION SUPPORT IN THE STRUGGLE FOR SURVIVABILITY OF A VESSEL

*Kaminsky Valery Yu. – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Laboratory, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, Kaminskyv@yandex.ru*

*Skorokhodov Dmitriy A. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Researcher Officer, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, skorhodda@mail.ru*

*Korolev Oleg Al. – research associate, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kama54@rambler.ru*

*Abstract.* In article features of problems of fight for survivability of the vehicle and the main problems of their decision are considered. It is claimed that the majority of mistakes in fight for survivability is bound to adoption of unreasonable decisions at various stages of localization and elimination of contingency situations. The main reasons for adoption of unreasonable decisions are considered. A comprehensive approach for problem solving of fight for survivability on the basis of the system of support of a decision making is formulated. The principles of construction and principal components of systems of this sort are defined. Basic concepts are formulated and the principles of formation of conceptual models of objects in the form of semantic networks are given.

*Keywords:* contingency situation, fight for survivability, vehicle, conceptual analysis, system of support.

Большинство ошибок в борьбе за живучесть транспортного средства (БЖТС) связано с принятием необоснованных решений на различных стадиях локализации и ликвидации аварийных ситуаций. Цена подобных решений – перерастание аварийных ситуаций в аварии и катастрофы. Ретроспективный анализ аварий показывает, что во многих случаях транспортные средства обладали необходимыми и достаточными техническими возможностями по локализации и ликвидации аварийных ситуаций [1-3].

Принять обоснованное решение в рамках БЖТС означает сформулировать эффективный перспективный пошаговый план действий (алгоритм).

Рассмотрим основные причины необоснованных решений при БЖТС.

1. В сложных аварийных ситуациях количество информации о свойствах объектов транспортного средства, их взаимосвязях и взаимозависимости функционирования, необходимое для выработки плана действий и контроля его исполнения превышает предел психологических возможностей человека.

2. Решения принимаются в условиях дефицита времени и возможных стрессовых состояниях.

3. Справочная документация слабо структурирована, что не позволяет достаточно объективно определять причинно-следственные связи между многочисленными факторами с выделением важнейших и оценивать ожидаемые последствия от принятия решений.

4. Нередко решение принимает персонал, имеющий небольшой практический опыт работы в должности и еще меньший (часто никакой) в условиях фактической аварийной обстановки.

5. Если процесс принятия решений в условиях аварийной ситуации выходит за пределы психофизиологических возможностей человека или его профессионального опыта, то дефицит времени и недостаточная компетентность ухудшают качество принятых решений.

Повышение качества организации и управления БЖТС требует оснащения персонала средствами автоматизации решения задач борьбы за живучесть.

Перечислим особенности задач БЖТС [4].

Организация и управление БЖТС не подчиняются достаточно строгим естественным законам и закономерностям. Они в значительной степени являются следствием проявления субъективных, индивидуальных и коллективных интересов участников процесса. Изменение состояния оборудования может осуществляться при одних и тех же начальных условиях по различным сценариям, в том числе, и приводящим к опасным состояниям и даже гибели транспортного средства.

Задачи БЖТС не поддаются строгому математическому анализу и решению в рамках классических математических методов. Их решение требует использования эмпирико-эвристических правил и упрощений, ограничивающих область поиска решений.

Стратегии, тактики и правила ведения БЖТС являются результатом обобщения эмпирических ассоциаций, накопленных опытом ведения БЖТС и проведением учений по отработке действий в ходе БЖТС.

Осуществляется поиск компромиссных решений по распределению ограниченных ресурсов транспортного средства, направленных на улучшение обстановки.

Существенное влияние на решение задач БЖТС оказывают индивидуальные особенности проектных решений, а также специфика аварийной ситуации.

Для успешного решения задач БЖТС необходим длительный период обучения и тренировок с целью приобретения практических навыков.

Используя эмпирико-эвристические правила, стратегии и тактики ведения БЖТС, с учётом особенностей устройства транспортного средства и его функциональных возможностях в текущей обстановке персонал решает задачи по защите личного состава от поражающих факторов, сопутствующих аварийным ситуациям, опираясь, в основном, на субъективные представления о происходящем.

Концептуально система поддержки принятия решений в борьбе за живучесть транспортного средства должна содержать следующие компоненты [5]:

- база знаний о транспортном средстве и БЖТС;
- алгоритм решения задач БЖТС;
- интерфейс.

Интерфейс должен включать интерпретатор знаний и диспетчер, устанавливающий порядок действия в определённой ситуации.

Для обеспечения необходимой меры доверия пользователей к рекомендациям по действиям в условиях аварийной ситуации, система должна включать их достаточную аргументацию.

Обладая указанными функциями, система поддержки принятия решений в борьбе за живучесть транспортного средства (СППР БЖТС) может быть использована для обучения и тренировок персонала. Для чего в систему необходимо включить специальный программный интерфейс и базу знаний стереотипов поведения персонала в определённых ситуациях.

Для создания действующей СППР БЖТС необходимо формализовать не только знания о БЖТС, но и способы решения задач обеспечения безопасности и живучести в виде специализированной программной системы, обеспечивающей следующие функции [6].

1. Анализ содержания информации при БЖТС.

2. Формулировка понятийного аппарата в проблеме обеспечения живучести транспортного средства за счет:

– архитектурно-конструктивных и схемных решений технических средств и средств борьбы за живучесть;

– организационно-технических мероприятий;

– организации планирования действий личного состава и руководства им.

3. Определение роли и значения различных объектов транспортного средства (ТС) в борьбе за живучесть, характеристика их свойств, связей и взаимоотношений.

4. Представление в форме концептуальных моделей выделенных понятий, свойств объектов, их связей и взаимоотношений.

5. Выявление этапов БЖТС, проектирование методов и средств логического установления связей между явлениями и процессами борьбы за живучесть.

6. Объединение понятий, отношений и свойств объектов ТС и процессов в ходе БЖТС в логически непротиворечивую систему.

Этап концептуализации является основополагающим при разработке СППР БЖТС, оказывая влияние на последующие этапы и определяя качество разработанной системы. Описание информации на данном этапе проводится с использованием понятий и концептов.

Концепт – абстрагированный образ конкретного или условного объекта транспортного средства. Конфигурация концепта представляет собой совокупность знаний о свойствах, отношениях и связях выделенного объекта. Содержание выделенного концепта задается его определением на естественном языке. При этом могут использоваться концепты, сформулированные ранее. На формализованном уровне характеристика концепта наиболее полно раскрывает его содержание.

При концептуальном анализе следует руководствоваться определённым соотношением содержательного и формального. Чем богаче содержательный аспект базы знаний СППР БЖТС, тем проще (логичнее) будет формализм. С другой стороны, чем беднее смысловой аспект базы знаний, тем изощреннее должен быть формальный аппарат системы для достижения сопоставимых результатов.

В рамках концептуального анализа на базе концептуальных моделей формируется функциональная спецификация СППР БЖТС. Концептуальные модели описывают не отдельные объекты, а их классы, с включением базовых знаний о строении транспортного средства, связях, свойствах и отношениях элементов и узлов, возможных их состояниях при взаимодействии со средой и использовании в борьбе за живучесть.

В связи с потребностью формализованного представления знаний о транспортном средстве, смысловое содержание понятий должно быть удобным для формализации. В формулировке определений должны участвовать наиболее характерные свойства определяемых понятий. Формируется спектр базовых понятий, формализующих знания о соответствующей предметной области с точки зрения БЖТС, в котором для каждого понятия определены признаки и значения соответствующих признаков.

Спектр базовых понятий должен включать:

– понятия, используемые в практике борьбы за живучесть транспортного средства;

– понятия, ввод которых вызван текущими потребностями представления знаний о транспортном средстве и БЖТС.

В свете решения задач борьбы за живучесть объект ТС можно разделить на следующие компоненты.

1. Организационная система, включающая органы управления частями и службами.

2. Технические средства и средства борьбы за живучесть, обеспечивающие движение и маневрирование транспортного средства, снабжение потребителей необходимыми видами рабочих сред (энергией, рабочими, огнегасящими и нейтрализующими веществами), борьбу с поражающими факторами и их последствиями.

3. Объемно-пространственные и конструктивные сооружения, формирующие архитектуру транспортного средства и обеспечивающие пожаровзрывозащищенность, обитаемость транспортного средства и размещение оборудования.



4. Имущество, включающее средства устранения аварийных повреждений, распространения поражающих факторов и защиту личного состава от них.

5. Запасы, обеспечивающие деятельность транспортного средства как самостоятельной функциональной единицы.

Особенностью схем декомпозиции объекта является их иерархический характер и отражение вложенной структуры. Поэтому при описании концептуальных моделей объектов следует руководствоваться следующими принципами.

1. Принцип многоуровневого описания – объект описывается, во-первых, как некоторая сущность, во-вторых, как элемент более широкой сущности, в-третьих, как некоторая сложная структура, внутреннее строение которой представляется с подробностью, достаточной для раскрытия его функциональной роли и влияния на живучесть транспортного средства.

2. Принцип информационного единства – описываемое понятие в иерархии объектов транспортного средства есть результат обобщения понятий нижнего уровня описаний.

3. Принцип целенаправленности – описываемые признаки должны, прежде всего, отражать своеобразие объекта в его применимости в борьбе за живучесть, его роль и влияние на живучесть транспортного средства.

Так как система поддержки принятия решений в борьбе за живучесть должна содержать образ транспортного средства, то для его описания необходимо использовать семантический язык, в котором символы интерпретированы (имеют многоярусную семантику). Для этого необходимо разработать совокупность базовых отношений, которые целесообразно задать в интенциональной (поименованной) форме. Используя совокупность базовых понятий и отношений концептуальные модели объектов транспортного средства можно описать семантической сетью.

Семантические сети позволяют создать в СППР БЖТС модель, отображающую (очевидно, не полно) реальную структуру транспортного средства, которая может служить источником информации для решения задач БЖТС. Достичь полной формализации невозможно даже в предельно упорядоченной области знаний (например, математике). При формализации задач практической деятельности человека имеют дело с неформализуемыми понятиями. Попытка их формализации искажает существо проблемы.

Семантические сети в процессе решения задач БЖТС позволяют осуществить направленный поиск и формирование таких комбинаций (конфигураций) объектов транспортного средства, которые с учетом конкретной аварийной обстановки и возможных ограничений, предположительно обеспечат персоналу возможность организации процессов, локализирующих и (или) ликвидирующих негативные проявления аварийной ситуации.

Семантическая сеть, отображающая знания об объектах транспортного средства, в аналитической форме задается с помощью семантических кодов. Язык семантических кодов обладает парадигматической, синтагматической и лексической полнотой (является открытой системой), что позволяет корректно отражать постоянные и переменные произвольные свойства объектов транспортного средства, а также отношения между ними. Лексическая полнота обеспечивается составом множества базовых понятий, которое может расширяться путем включения в него требуемого понятия.

Решение задач оценки состояний объектов транспортного средства сводится к идентификации явлений, способствующих возникновению поражающих факторов, определению наличия в аварийном районе объектов, способствующих ухудшению обстановки и приводящих к опасному развитию ситуации.

При определении главных направлений БЖТС решаются следующие задачи.

1. Оценка важности объекта для функционирования транспортного средства в текущий момент времени.

2. Оценка возможных направлений распространения поражающих факторов из очага аварии.

В рамках первой задачи на моделях объектов ТС определяются виды энергии и рабочих сред, которые генерирует или транспортирует объект, а также устанавливается утраченная при отказе функция. Это исследование реализуется с помощью продукции.

Оценка возможных путей распространения отказов (вторая задача) с помощью продукции (маршрутизация) связана с выявлением объектов, чувствительных к определённому поражающему фактору.

Маршрутизация реализуется в рамках трёх алгоритмов [7].

1. Поиск на моделях объектов транспортного средства выходов в смежные отсеки.
2. Поиск в смежных отсеках выходов на вышележащую (нижележащую) палубу (платформу).
3. Поиск в смежных отсеках прохода в помещение, имеющее выход на вышележащую (нижележащую) палубу (платформу).

В результате формируются достаточные условия для выделения определённого маршрута, использование которого зависит от степени безопасности помещений указанных отсеков. Отсутствие в помещениях аварийной ситуации - достаточное условие реализации маршрута движения. Условия достаточности описываются с помощью продукции.

Связанность помещений отсека, из которых необходимо проложить маршрут, со смежными отсеками можно описать матрицами смежности.

Для создания в СППР механизма обоснования принятого способа решения задачи используется принцип ретроспективного рассуждения с отражением части или всей последовательности правил, приводящих к сделанному заключению. Данный принцип может быть использован и для гипотетических рассуждений, при определённых исходных данных и граничных условиях.

Пользователю системы принятия решений должна предоставляться информация, отражающая готовое решение. Другими словами данные по содержанию и форме отображения должны трансформироваться в знания для принятия решений. Информация, устраняющая неопределенность в различных ситуациях, формируется СППР БЖТС по дополнительным запросам.

СППР БЖТС может наращиваться (обучаться) в процессе разработки и эксплуатации при возникновении новых возможностей в решении задач БЖТС.

Реализацию системы поддержки целесообразно разделить на два этапа:

- разработка прототипа;
- разработка системы в объеме технического задания.

На первом этапе решаются задачи, связанные с возникновением аварийных ситуаций в одной из зон основного корпуса и надстройки судна. При этом на исследования будут затрачены относительно малые средства. Далее следует наращивать возможности СППР БЖТС до полного объема в соответствии с техническим заданием. Такая стратегия позволяет при разработке системы качественно отработать концептуальные факторы, протестировать их, внести необходимые изменения, а главное, избежать возможных системных противоречий.

На этапе тестирования системы важна роль механизма обоснования выработанного алгоритма борьбы за живучесть транспортного средства. При этом анализируется адекватность использованных правил и оценивается релевантность (семантическое соответствие) полученного решения. Необходимые изменения могут вноситься в формализованное описание задачи или ее программную реализацию.

#### *Список литературы*

1. Архитектура интегрированных систем управления кораблём: учебное пособие / Д.А. Скороходов. СПбГЭТУ ЛЭТИ. СПб. 2010. 88 с.
2. Москаленко В.А. Создание информационных технологий для систем поддержки принятия решений при борьбе за живучесть корабля //Труды Санкт-Петербургского СПб-го государственного морского технического университета. 2014. №2(265). С.25–33.

3. Критерии и количественно-качественные показатели для оценки живучести и безопасности кораблей ВМФ / О.В. Алёшин, С.Л. Андрющенко, В.А. Москаленко, В.И. Поленин, С.Н. Соловьёв // Морская радиоэлектроника. 2012. №1 (39). С.1–11.

4. Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Показатели надёжности и безопасности при оценке и прогнозировании допустимых уровней состояния технических средств железнодорожного транспорта // Труды Всеросс. научн.-практ. конф. «Транспорт России: Проблемы и перспективы-2009» М.: МИИТ. 2009. С. 34–39.

5. Безопасность мореплавания высокоскоростных судов / В.С. Артамонов, В.С. Звонков, А.С. Поляков, Д.А. Скороходов, А.Л. Стариченков, Н.И. Уткин. СПб: УГПС МЧС РФ. 2010. 372 с.

6. Система поддержки принятия решения при борьбе с судовыми авариями / А.А. Верхоланцев, Д.А. Скороходов, Г.Н. Сус, Н.П. Ушакова // Морской вестник. 2007. №3 (4). С. 23-27.

7. Каминский В.Ю., Лукомский Ю.А., Скороходов Д.А. Принятие решений при борьбе с авариями на газонефтедобывающих платформах // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т.1. № 1 (35). С. 22–28.

УДК 159.928.235

## **ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ОПЕРАТОРА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ**

*Круглеевский Владимир Николаевич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, skpo@bk.ru*

*Маринов Марин Любенов – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, marinlomsky@gmail.com*

*Васьков Виктор Тихонович – кандидат технических наук, начальник отдела дежурной службы Аппарата Губернатора Санкт-Петербурга*

*191060, Россия, Санкт-Петербург, Смольный, uprds@gov.spb.ru*

*Аннотация. В статье предлагается информационный подход к моделированию когнитивных функций операторов при управлении динамическими объектами. Деятельность оператора по решению задач управления представляется в виде сценариев типовых действий на на уровне элементарных мыслительных операций.*

*Ключевые слова: оператор, концептуальная модель, когнитивная психология, оперативный образ, кратковременная память, долговременная память, фрейм, мыслительные операции.*

## **PRINCIPLES OF MODELING OF COGNITIVE FUNCTIONS OF THE OPERATOR UNDER THE CONTROL OF A DYNAMIC OBJECT**

*Krugleevsky Vladimir N. – Doctor of technical Sciences, Associate Professor, leading researcher an employee of the laboratory of Vehicle Safety systems*

*Solomenko institute of transport problems of the russian academy of sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, skpo@bk.ru*

*Marin Marinov Lyubenov – PhD, Leading Researcher an employee of the laboratory of Vehicle Safety systems*

*Solomenko institute of transport problems of the russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, marinlomsky@gmail.com*

*Vas'kov Viktor T. – Ph. D., Head of the duty service of the office of the Governor of St. Petersburg*

*Smolny, St.Petersburg, 191060, Russian Federation, uprds@gov.spb.ru*

*Abstract. The article proposes an information approach to modeling the cognitive functions of operators in the management of dynamic objects. The operator's activity in solving management problems is presented in the form of scenarios of typical actions at the level of elementary mental operations.*

*Keywords: operator, conceptual model, cognitive psychology, operative image, short-term memory, long-term memory, frame, mental operations.*

В когнитивной психологии используется понятие концептуальной модели, в которой фиксируются момент отражения оператором объекта и ситуация управления во всей их полноте. Концептуальная модель рассматривается как основное внутреннее средство деятельности, создаваемое в процессе обучения и тренировки. В эту модель включен жизненный опыт человека и знания, полученные при специальном обучении, а также сведения, поступающие в процессе управления. В содержание модели включается некоторый набор образов реальной и прогнозируемой обстановки, в которой происходит деятельность, знание совокупности возможных исполнительских действий, свойств объекта управления. Модель включает также широкое представление о задачах системы, мотивы деятельности, знание последствий правильных и ошибочных решений, готовность к нестандартным, маловероятным событиям. Содержание постоянной концептуальной модели в известной степени абстрагировано от конкретных условий и обстоятельств, в которых протекает предметное действие, и предстает в готовом виде еще до начала конкретных действий. Концептуальная модель - базовый компонент структуры образного отражения, глобальный образ.

В отличие от предварительно сформированной концептуальной модели в процессе выполнения конкретного действия формируется, так называемый, оперативный образ. Он может выступать и как образ очередного действия, отнесенный к задаче, и как образ, отнесенный к объекту, и как преимущественно эффекторный образ. Все упомянутые образы взаимосвязаны, их содержание динамично, непостоянно, иногда противоречиво. В регуляции предметного действия участвуют не единственный образ, а их упорядоченная структурированная система, в которой каждый из них занимает определенное место и выполняет определенные функции. Оперативные образы могут отражать самую различную информацию об объекте (с точки зрения ее полноты, объективной существенности, личной значимости для субъекта и т.п.).

Основываясь на сказанном, можно считать, что система управления (СУ), осуществляющие взаимосвязь между оператором и объектами управления, по существу с помощью средств отображения информации (СОИ) через механизм восприятия человека воздействуют на формирование оперативного образа, построение которого происходит на основе концептуальной модели. Материальным носителем знаний, содержащихся в концептуальной модели, является долговременная память (ДП) человека.

Если создать модель ДП оператора на основе имеющихся знаний об объекте управления и правил, по которым производится управление, а также отразить механизм взаимодействия между моделью ДП и внешней средой, в качестве которой будут выступать различным образом организованные средства отображения информации (СОИ), можно смоделировать деятельность оператора, соответствующую различным режимам работы объекта управления. При этом очевидно, что соответствие модели реальной деятельности оператора будет тем выше, чем более полно будут отражены хранимые в памяти оператора знания, и чем более всесторонне учтены все многочисленные нюансы функционирования различных механизмов

взаимодействия знаний в памяти человека. Основные положения информационного подхода к механизмам памяти, лежащего в основе методов моделирования интеллектуальной деятельности оператора подробно изложены Р. Солсо в книге «Когнитивная психология» [1]. Результаты моделирования, представляющие из себя сценарии деятельности оператора на уровне элементарных мыслительных операций, позволят определить информационные нагрузки на человека в любой момент времени, а также подсчитать время, необходимое для решения задач управления.

В рамках информационного подхода модель системы переработки информации человеком имеет вид, представленный на рис.1. Приведенная схема отражает в общих чертах то, что происходит с информацией о каком-либо стимуле, поступившем из «реального мира» (например, от СОИ), при его прохождении через человеческую память, перерабатывающая информацию.

Непосредственно после предъявления стимула, известное количество информации относительно этого стимула вводится в систему сенсорным регистром (СР). Информация может некоторое время оставаться в нем, но чем дольше она там остается, тем слабее становится след, пока, наконец, он не исчезнет полностью. В то время, пока информация находится в СР, вступает в действие ряд важных процессов. Один из них (стрелка «1») – это распознавание образов, процесс, возникающий в результате контакта между информацией, находящейся в СР, и информацией, накопленной в прошлом. В результате возникает структурированное описание признаков созданного периферическими сенсорными системами следа стимула, делающее возможным отнесение стимула к системе знания в памяти. Другой процесс (стрелка «2») заключается в том, что описание признаков вместе с их семантическим кодом поступает в кратковременную память (КП). Таким образом, в КП находится информация и о сенсорных характеристиках стимула, и о его семантическом коде, которая может взаимодействовать с предшествующей и последующей порциями информации. Это взаимодействие можно представить в виде следующих процессов: сравнение одновременно находящихся в памяти сведений для установления связей между ними; поиск дополнительной информации в ДП, обеспечивающей интеграцию предъявленного материала или его дополнений; осуществление операций вывода для получения новой информации и формирования схем, обеспечивающих восприятие ожидаемой информации и т.п.

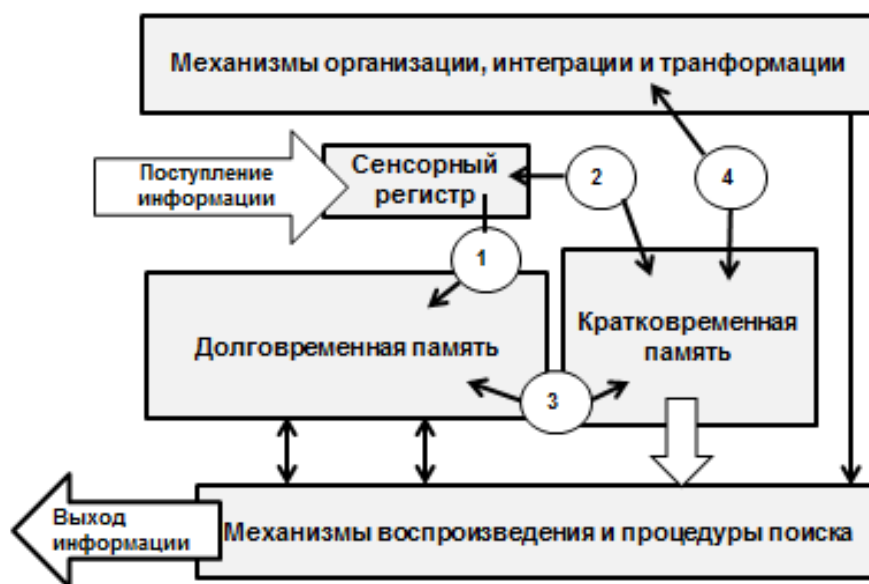


Рисунок 1 – Модель системы переработки информации человеком

В КП осуществляется управление механизмами концентрации внимания, активации образных представлений при ожидании определенных стимулов, обусловленное контекстом семантическое кодирование, выбор уровня абстракции при установлении понятийной при-

надлежности, подготовка стратегий организации воспринимаемой информации и т.д. Действующие в системе КП механизмы взаимодействия изображены на стрелках «2», «3» и «4». Через механизм «2» осуществляется воздействие на описания признаков в СР. Механизм «3» связывает информацию из ДП с предъявленной информацией. Механизм «4» реализует стратегии организации информации. Воспроизведение информации из памяти обеспечивается особыми механизмами, причем имеющаяся в КП информация воспроизводится непосредственно, без специальных усилий. Информация из КП может переводиться на более глубокие уровни системы (процесс «3»), где она может сохраняться практически бесконечно, в так называемую ДП. В ДП хранится огромное количество самой разнообразной информации, в сущности, она содержит все, что нам известно об окружающем мире.

Знания об объекте управления и о законах управления, которые хранятся в ДП оператора, можно представить в виде совокупностей фреймов, именами которых являются структурные элементы систем [2]. Фрейм - обобщенная система данных, хранящихся в ДП и содержащая различные виды информации о часто встречающихся сценах и ситуациях. Это сложная информационная структура, представляющая собой сеть узлов и отношений, вызывается из памяти благодаря тому, что верхние уровни ее (имена фреймов) фиксированы и служат «адресом» при вызове. Конкретные данные, полученные при обзоре воспринимаемой сцены, помещаются в ячейки нижних уровней фрейма. Для этого следует соблюсти необходимые условия, которые перечисляются в этих же ячейках. В каждом фрейме содержится информация о том, в какой ситуации им пользоваться, какие результаты следует ожидать при восприятии, что изменять при неподтвердившихся результатах.

В процессе решения оператором задачи по управлению динамическим объектом, которым может быть, к примеру, транспортное средство (ТС), под воздействием внешних (воспринимаемых СР) и внутренних стимулов (являющихся результатами промежуточных мысленных операций) в актуальное состояние приводятся те знания, содержащиеся в терминалах фреймов, которые необходимы в данный момент, а между самими фреймами, благодаря хранящимся в терминалах указаниям, устанавливаются связи.

Для полной интерпретации и понимания входных сенсорных сигналов, которые оператор получает от СОИ, недостаточно того, что содержится в самих сигналах. Часто входная информация бывает неполной или неоднозначной. Сенсорный образ должен быть облечен плотью в результате его истолкования, которое возможно лишь на основе внутренних структур создаваемых для этой цели когнитивной системой. Ту часть анализа, которая исходит от высших концептуальных уровней, называют «концептуально направляемой переработкой», а ту его часть, которая начинается с сенсорных данных, извлекает их существенные свойства и объединяет в информационную единицу, - «переработкой, направляемой данными». Для полного анализа сигналов нужны процессы того и другого рода. На рис. 2 показано содержание когнитивной системы человека.

Память оператора при зрительном восприятии сигналов от СОИ непрерывно занята приемом, видоизменением, хранением и извлечением информации. Как было сказано ранее, в зрительной памяти различают три типа: иконическую - СР, кратко- и долговременную, которые в целом образуют сложную иерархическую систему и реализуются, по видимому, различными механизмами.

Продолжительность времени хранения данных в иконической памяти (ИП) примерно несколько сотен миллисекунд. Если по истечении этого времени информация не используется, то она теряется безвозвратно. Удержание сигналов, поступивших в КП, осуществляется в более длительном интервале: порядка 15-30 секунд и определяется типом входной информации. Содержание этой памяти вне интервала времени хранения также необратимо исчезает. При необходимости распознавания воспринятой информации и запоминания ее на длительный срок функционирует ДП, данные в которой могут храниться фактически без потерь.

Целенаправленную деятельность оператора по решению задач управления ТС можно представить в виде последовательности типовых действий (сценария).

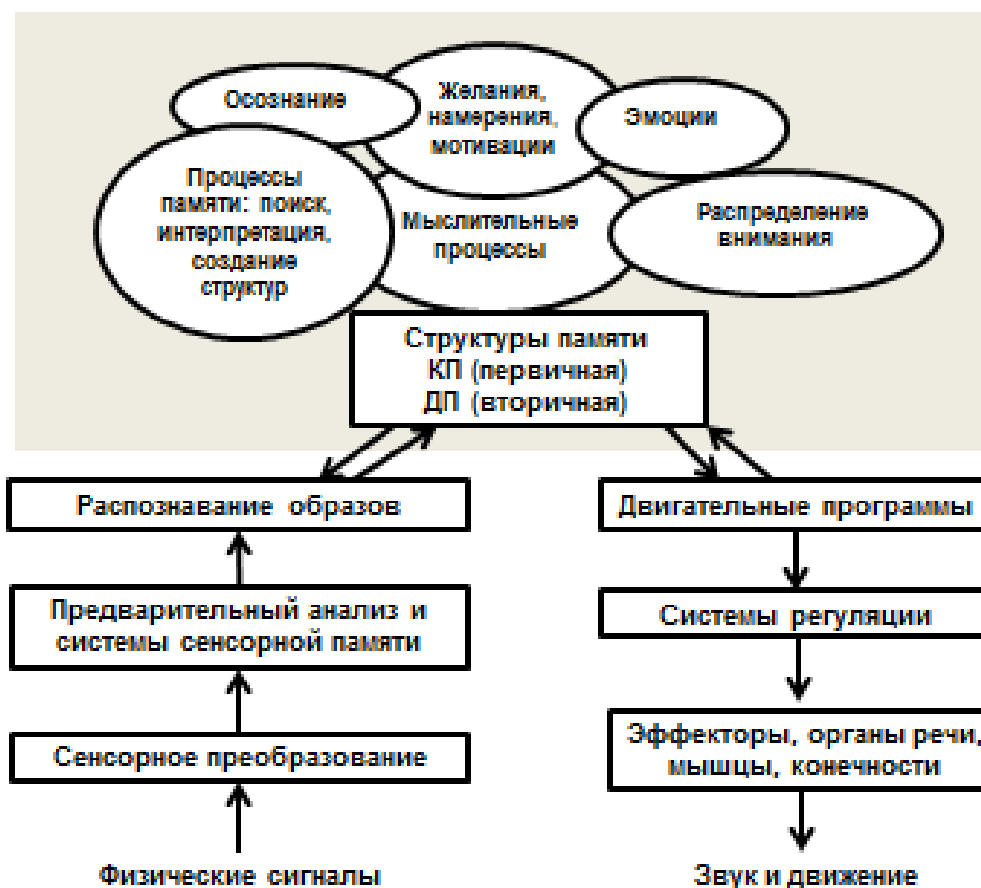


Рисунок 2 – Содержание когнитивной системы человека

Если вместо действий использовать соответствующие им алгоритмы выполнения мыслительных операций, то мы получим алгоритм деятельности оператора на уровне элементарных мыслительных операций. При этом становится ясным, на каком этапе переработки информации человеку приходится обращаться к знаниям, хранимым в ДП, воспринимать информацию от СОИ или производить логические операции с помощью КП.

Любые действия оператора можно представить в виде алгоритмов выполнения мыслительных операций, в соответствии с принятой схемой функционирования механизмов зрительной памяти. Легче всего представить исходные алгоритмы элементарных мыслительных операций при выполнении типовых действий. При описании реальной деятельности оператора они будут отличаться количеством тех или иных промежуточных этапов в зависимости от числа единиц информации воспринимаемой от СОИ или актуализируемых в ДП. Это объясняется тем, что вся переработка информации производится с использованием КП, возможности которой ограничены  $7 \pm 2$  единицами информации обрабатываемыми параллельно. Поэтому, если количество единиц информации, актуализируемой в ДП или воспринимаемой СР от СОИ, превышает указанное число, то перевод информации в КП осуществляется «пачками» по  $7 \pm 2$  единицы, которые, поступая в КП, «упаковываются» в единый образ.

Конкретный вид семантической сети, отражающей оперативный образ, создаваемый оператором при решении задачи управления ТС, определить практически невозможно. На процесс ее построения оказывает влияние не только решаемая задача, но и субъективные качества человека: сумма его знаний по данному вопросу, впервые ли он сталкивается с возникшей ситуацией или она встречалась в его практике ранее, психо-физиологическое состояние и т.п. В то же время при решении задачи управления любым ТС или системой можно выделить ряд основных правил, по которым оператором производится синтез внутренних моделей. Эти правила усваиваются оператором в процессе обучения. Так, для задачи определения работоспособного состояния ТС оператор создает оперативную модель, которую можно отобразить в виде семантической сети, узлами которой являются фреймы элементов ТС

или систем, каждый из которых содержит в своих терминалах знания по определению состояния элемента, а графы семантической сети отражают функционально-структурные связи этих элементов.

Необходимо все же ввести ограничение на область моделирования деятельности оператора ТС, т.к. предлагаемый подход позволяет отобразить лишь процессы восприятия и осознания информации, но никак не мышления оператора, связанного с генерированием новой для него информации. Это ограничение не является существенным, т.к. доля подобных мыслительных операций в деятельности оператора сравнительно невелика.

Представляя деятельность оператора ТС в виде последовательности алгоритмов выполнения элементарных мыслительных операций, мы, тем самым, получаем структуру потоков информации с указанием ее материального носителя в каждый момент времени (СР, КП, ДП). При этом вид этой структуры будет отражать те приемы мышления, которые были заложены в память оператора при его обучении. В то же время, в процессе своей деятельности, благодаря способности производить обобщения и запоминать их результаты, оператор обязательно внесет изменения в эти приемы, «приспособив» их для своего удобства. Естественно, что этот процесс идет в сторону сокращения количества этапов выполняемых мыслительных операций. Поэтому, после того как построена теоретическая модель информационных процессов, она должна быть подвергнута анализу на предмет возможности исключения ряда мыслительных операций. Процесс подразумевает замену большего числа мыслительных операций меньшим числом качественно отличающихся операций. В результате будут получены две различные структуры потоков информации, первая из которых отражает процесс мышления начинающего (неопытного) оператора, а вторая – «идеального» (опытного) оператора.

Количество единиц информации, актуализируемых в ДП и поступающих в КП, зависит от количества единиц информации воспринимаемой СР. На каждом этапе переработки информации можно довольно точно определить количество единиц информации, поступающей в СР, и приблизительно - актуализирующейся в ДП и циркулирующей в КП. Точное определение количества информации, актуализируемой в ДП, невозможно в связи с большим разнообразием индивидуальных особенностей людей. Обычно в ДП актуализируются не только те знания, которые необходимы для решения возникшей задачи, но и каким-либо образом связанные с ними, являясь как бы «информационным шумом». Если решаемая задача повторяется многократно, то при решении ее в очередной раз количество единиц информации, являющихся «шумом», сокращается и ею можно пренебречь.

В настоящее время понятие единицы информации в точности не определено. Это может быть число букв, цифр, символов и т.п. Доказано, что ограниченность КП определяется совсем не количеством объективно измеренной (в битах) информации, а субъективной организацией материала в более или менее крупные «порции», размеры которых меняются в процессе обучения.

Данные, полученные психологами и нейрофизиологами, противоречивые на первый взгляд, на самом деле дополняют друг друга. Утверждение, что длительность элементарной мыслительной операции величина постоянная, относится все же к ее среднему, а не абсолютному значению. При этом, как правило, анализируемая мыслительная деятельность является довольно разносторонней и связана не только с процессами восприятия, но и с выработкой и принятием решений. Если на процесс восприятия человеком информации большое влияние оказывают разнообразные сопутствующие воздействия внешнего мира, то при обращении к информации, хранимой в памяти, параметры, характеризующие мыслительные операции, должны быть более стабильными и зависеть от личностных свойств человека. Минимально возможным временем выполнения одной элементарной мыслительной операции следует считать 100 мс. Это время определяется переводом поступающего сигнала (его перекодировкой) в специальный рисунок разрядов нейронной активности. При подсчете минимально возможного времени ответной реакции оператора целесообразно дифференцированно подходить к оценке времени выполнения операций по восприятию и операций на других этапах переработки информации. Время выполнения первых - 100 мс (плюс 50 мс за-



держка), вторых - 200 мс. При определении среднего времени ответной реакции можно считать, что выполнение любой операции занимает 250 мс.

Таким образом, в качестве показателя, с помощью которого можно производить количественную оценку информационной деятельности оператора ТС (любого динамического объекта), целесообразно использовать время ответной реакции оператора. Оно пропорционально количеству этапов выполняемых мыслительных операций, которое, в свою очередь, определяется количеством единиц информации, перерабатываемой оператором при решении стоящей перед ним задачи.

Исходными данными для количественной оценки информационной нагрузки на оператора любой СУ, являются перечень технологических процессов (ТП) и алгоритмы функционирования объекта управления, режимы его работы, а также список параметров, подлежащих контролю и управлению. К этому необходимо добавить специфические для данного объекта управления знания о правилах и ограничениях, предъявляемых к управлению, формализовать которые не представляется возможным.

Исходная информация представляется в виде совокупности фреймов и является основой модели ДП человека [3]. Информация, характеризующая СОИ и органы управления, расположение приборов на панелях пульта представляется в виде фреймов и вводится в модель ДП. В модели ДП содержатся знания как об объекте управления и правилах управления им, так и о средствах, с помощью которых осуществляется информационное взаимодействие оператора с объектом управления.

Следующий этап заключается в формировании модели зрительного восприятия информации, которая учитывает специфику СР человека при восприятии различных зрительных сигналов, отличающихся формой, цветом и интенсивностью. Она позволит определять время, необходимое для преобразования внешнего сигнала во внутренний код. Длительности задержек установлены экспериментально и известны заранее. Поэтому функционирование модели заключается в классификации входного сигнала и отыскании в базе данных соответствующего ему численного значения временной задержки.

Задавая различные режимы работы, на выходе модели объекта управления получаем изменение параметров контроля в соответствии с заложенными алгоритмами функционирования. Эти сигналы через модель СОИ и восприятия зрительной информации, где происходит их преобразование, поступают в модель ДП актуализируя те фреймы, которые содержат знания, имеющие отношение к возникшей ситуации. Образуется семантическая сеть, узлами которой являются актуализированные фреймы. Она отражает оперативный образ, который создал бы оператор при решении возникшей задачи. В состав приведенных в актуальное состояние знаний входят, помимо прочего, и указания на те действия, которые должен предпринять оператор при возникновении подобной ситуации. На практике оператор не всегда принимает решение сразу. Ему приходится произвести перед этим определенные логические операции, связанные с обработкой информации, содержащейся в концептуальной модели. Этот процесс носит иерархический характер и имеет, как правило, направленность от общего к частному. Поэтому знаниям, содержащимся в терминалах фреймов, заранее присваиваются весовые коэффициенты в зависимости от их значимости по отношению к возможным задачам, в которых они будут использоваться. В соответствии со значимостью весовых коэффициентов информация из терминалов фреймов, каждый из которых содержит порцию информации равную единице, «пачками» по семь штук переводится в соответствии с рядом правил из ДП в КП до тех пор, пока не будет переведена единица информации, несущая указания о дальнейшей деятельности оператора. Этот момент будем считать моментом принятия оператором управляющего решения.

Информация о дальнейшей деятельности оператора, содержащая указания о том, на какой орган управления и как необходимо воздействовать, поступает в модель органов управления, где вырабатывается соответствующий сигнал, идущий в модель объекта управления.

Количество этапов перевода информации из ДП в КП и содержание единиц информации протоколируется для последующего анализа. Также учитываются временные задержки в

модели СОИ, модели восприятия зрительной информации и модели органов управления. С учетом того, что перевод одной «пачки» информации из ДП в КП является элементарной мыслительной операцией и занимает в среднем 250 мс, определенным оказывается и время центральной нервной задержки. В результате мы получим развернутую во времени структуру информационных процессов, протекающих в замкнутом контуре: объект управления - СОИ - оператор - органы управления - объект управления.

На следующем этапе производится анализ структур и сравнение временных ограничений, предъявляемых объектом управления к контуру управления при протекании ТП, с суммарным временем прохождения информации через модель СОИ и органов управления СУ и модель человека-оператора.

Если оказывается необходимым сократить время управления, то производятся изменения в модели СОИ и органов управления, где осуществляется замена показывающих приборов и органов управления или их перекомпоновка с целью сокращения времени, которое затрачивает оператор на восприятие информации и производство управляющих действий. Если с помощью этих мероприятий не удастся уложиться в отведенный интервал времени, прорабатывается вариант автоматизации ряда функций управления.

В результате подобного анализа должно быть выбрано рациональное, обоснованное распределение функций управления и контроля между оператором и системой, т.е. определена необходимая степень автоматизации управления объектом. При этом происходит формирование панелей пульта СУ, обеспечивающих максимально возможную безошибочную деятельность оператора.

#### *Список литературы*

1. Круглеевский В.Н. Применение методов когнитивной инженерии при создании систем управления судовыми техническими средствами. // Материалы 8 Всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы комплексной автоматизации технических средств». СПб. ЦНИИ «Аврора». 1991. Вып.13. С. 29– 0.
2. Маринов М.Л. Ситуационное моделирование безопасности человеческого поведения с использованием функционально-психологической модели // Морской вестник. 2009. №4. С.75–78.
3. Маринов М. Л. Концепция подготовки специалистов по усвоению шельфа // Научный журнал „Морские интеллектуальные технологии”. 2012. №1 (спецвыпуск). С. 85–88.
4. Маринов М. Л. Человеческий фактор – особенности решения проблемы / *научная монография*. Saarbrucken. Germany „Palmarium - Lambert Academic Publishing”. 2014. 178 с.
5. Мински М. Фреймы для представления знаний // М.: Мир. 1979. С. 67–91.
6. Солсо Р.Л. Когнитивная психология // М.: Тривола. 1996. С. 97–110.
7. Higgins A., Koucky S. Go-anywhere rescue hovercrafts. // *Machine design*, 2001. №10. P. 26–37.
8. Sira-Ramirez H., Ibanez C.A. On the control of the hovercraft system // *Dynamics and control*. 2000. №2. P. 151–163.
9. Perrow C. Normal Accidents: living with high-risk technologies // Princeton University Press., Chichester, United Kingdom, 1999. P. 73–84.
10. Reiss, S., Levitan, G.W., & McNally, R.J // Emotionally disturbed, mentally retarded people: An undeserved population. *American Psychologist*. 1982. P. 12-23.

## АНАЛИЗ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

**Круглеевский Владимир Николаевич** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, skpo@bk.ru

**Маринов Марин Любенов** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, marinlomsy@gmail.com

**Вислогузов Виктор Викторович** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

Аннотация. В статье предлагается несколько изменить назначение современных систем пожарной сигнализации, создаваемых для установки на морских и речных судах, и расширить их функции, автоматизировав когнитивные функции человека при разведке района пожара, что позволит значительно сократить время между обнаружением пожара и началом его тушения.

Ключевые слова: пожарная сигнализация, морские и речные суда, обнаружение пожара, пожарный извещатель, когнитивные функции, сокращение времени, разведка зоны пожара.

## THE ANALYSIS OF THE COGNITIVE FUNCTIONS PERSPECTIVE FOR FIRE ALARM SYSTEMS

*Krugleevsky Vladimir N. – Doctor of technical Sciences, Associate Professor, leading researcher an employee of the laboratory of Vehicle Safety systems*

*Solomenko institute of transport problems of the russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, skpo@bk.ru*

*Marin Marinov Lyubenov – PhD, Leading Researcher an employee of the laboratory of Vehicle Safety systems*

*Solomenko institute of transport problems of the russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, marinlomsy@gmail.com*

*Visloguzov Victor V. – Ph. D., associate Professor, leading researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, info@iptran.ru*

Abstract. The article proposes to slightly change the purpose of modern fire alarm systems, created for installation on sea and river vessels, and expand their functions by automating the cognitive functions of a person in the exploration of the fire area, which will significantly reduce the time between the detection of a fire and the beginning of its extinguishing.

Keywords: fire alarm, sea and river vessels, fire detection, fire detector, cognitive functions, time reduction, fire zone exploration.

В технических заданиях на создание первых систем пожарной сигнализации (СПС)

для морских и речных судов было сформулировано их назначение — обнаружение пожара. Данная формулировка автоматически перешла в технические условия на СПС и остается неизменной до настоящего времени.

Решив принципиальную возможность автоматического обнаружения пожаров и получив практический опыт использования СПС, стало ясно, что ощутимый эффект от установки СПС на суда можно ожидать только в том случае, когда факт пожара распознается системой на самой ранней стадии его развития. В процессе совершенствования СПС пришлось решать множество задач, в том числе, противоречивых. С одной стороны, было необходимо повышать чувствительность и снижать инерционность сенсоров пожарных извещателей, с другой стороны, обеспечивать высокую достоверность формируемого СПС сигнала «пожар».

Современные СПС способны обнаружить место появления опасных факторов пожара (появление дыма, пламени, аномальное повышение температуры, наличие угарного газа) на судне с точностью до зоны, контролируемой пожарным извещателем. Чувствительность пожарных извещателей повысилась, а их инерционность снизилась в разы. Аппаратура СПС стала цифровой и позволяет обмениваться информацией с другими судовыми системами.

Достоверность формируемых СПС сигналов обеспечивается в настоящее время применением: помехоустойчивых методов обработки первичной информации; контролем параметров, имеющих различную физическую природу; все более сложных алгоритмов распознавания пожара. Так называемые, «ложные срабатывания» СПС происходят все реже, в основном, по причине неудачного размещения пожарных извещателей в зонах, где работа судовых технических средств, систем, открытие дверей или люков могут вызвать изменения контролируемых параметров, аналогичные проявлению опасных факторов пожара.

Несмотря на существенные достоинства современных СПС, формируемый ими сигнал «пожар» требует подтверждения, а для формирования управляющих решений по локализации и тушению пожара, необходима дополнительная информация о зоне распространения огня и дыма, интенсивности процесса развития пожара. Эту информацию руководитель борьбы с пожаром на судне получает несколько позже в виде доклада при проведении разведки охваченного пожаром района.

Таким образом, десятки секунд, на которые удалось сократить время обнаружения пожара путем совершенствования СПС, обесцениваются минутами (иногда и более), затрачиваемыми на организацию и проведение разведки. Естественно возникает вопрос; есть ли смысл в дальнейшем совершенствовании СПС? И, если ответ «да», то что надо делать в первую очередь?

Учитывая вышеизложенные рассуждения, ответ может быть следующим: судовые СПС должны гарантированно обеспечивать максимальную достоверность информации о пожаре и автоматически формировать и представлять пользователям системы информацию в объеме достаточном для выработки и принятия правильных решений по локализации и тушению пожара.

Если повышением достоверности сигналов СПС занимаются уже достаточно давно, то вопрос автоматизации функций разведки пожара серьезно не обсуждался. При разведке зоны пожара разведчики реализуют свои когнитивные функции: осуществляют восприятие информации, связанную с пожаром, ее обработку, анализ, запоминание, хранение, выработку конкретной программы собственных действий в сложившейся обстановке, реализацию этой программы, формирование и передачу информационных сообщений о месте пожара, что горит, масштабе пожара, пути его распространения, опасности для смежных помещений.

Реализация в СПС задач разведки пожара в судовых помещениях фактически подразумевает автоматизацию когнитивных функций человека. Далее проанализируем, в какой степени информация, получаемая от СПС, может заменить доклады разведчиков.

Место пожара может быть автоматически определено с точностью до координат места установки «сработавших» пожарных извещателей СПС. Для помещений небольшого объема (каюты, кладовые, тамбуры и т.п.), в которых установлен всего один пожарный извещатель, подобной точности достаточно. В помещениях большой площади и объема,

особенно в помещениях машинных отделений, где находятся технические средства (ТС) и оборудование, аварии которых могут сопровождаться возгоранием, пожарные извещатели должны устанавливаться с привязкой к пожароопасным ТС и оборудованию. Таким образом, помещение будет условно разделено на зоны.

Определив ограниченную зону, в которой произошло возгорание, становится значительно легче определить что именно горит. Здесь могут быть использованы различные методы [1,3,7].

Например, по первому, среагировавшему на аномальное повышение температуры или появление пламени, пожарному извещателю можно предположить одно или несколько наиболее вероятно загоревшихся ТС или элементов оборудования судовых систем, находящихся в зоне его контроля. Во многих случаях эти данные будут даже более информативны, по сравнению с докладами разведчиков, действующих в задымленных помещениях.

Для более точного определения источника пожара может быть использован мультикритериальный подход к обработке сигналов мультисенсорных пожарных извещателей [2,4,5]. С его помощью можно различить типовые источники пожара по динамике изменения контролируемых параметров. Для любого судового помещения можно определить конечное множество возможных источников пожара. Для конкретного помещения количество значимо вероятных источников пожара невелико и в большинстве случаев не превышает 4–6.

Контроль температурного поля в помещении позволяет определить места с аномальным изменением температуры, вызванным очагом возгорания [6,8]. При этом контролировать температурное поле помещения можно не только с помощью дорогостоящих средств контроля (тепловизоров), но и измеряя температуру в нескольких разнесенных друг от друга точках контроля.

Современные цифровые СПС могут осуществлять обмен данными с интегрированной автоматизированной системой управления (ИАСУ) судном и его техническими средствами по стандартизованным интерфейсам в соответствии с разработанными и согласованными протоколами обмена данными. Поэтому при определении источника пожара имеется техническая возможность дополнительно учитывать данные о режимах работы ТС и оборудования, а также сигналы аварийно-предупредительной сигнализации, получаемые от ИАСУ.

Информация о масштабе пожара подразумевает данные о площади и границах пламенного горения и распространения дыма, что непосредственно связано с указанием путей распространения пламени и дыма. Пути распространения дыма можно контролировать по показаниям дымовых пожарных извещателей, расположенным в разных помещениях, коридорах, тамбурах, места расположения которых известны и неизменны, если запоминать последовательность их реагирования на появления дыма и учитывать степень и скорость заполнения приемных камер пожарных извещателей.

Для определения зоны распространения пламени в начальный момент пожара (до потери видимости в результате заполнения помещения дымом) могут быть использованы пожарные извещатели, реагирующие на открытое пламя. Для этой же цели могут использоваться камеры систем телевизионного наблюдения, которые в последние годы нашли свою «нишу» в обеспечении пожарной безопасности и устанавливаются на судах новых проектов. Но эти устройства относительно дороги, к тому же в условиях затесненности многих судовых помещений малоинформативны, поэтому их устанавливают только в наиболее ответственных помещениях большого объема.

Косвенно о распространении пламени позволяют судить показания тепловых пожарных извещателей. В небольших помещениях по скорости роста температуры у подволока можно автоматически определять наличие открытого пламени - мощного источника тепла. За некоторый промежуток времени также автоматически можно вычислить приращение мощности теплового потока, то есть, интенсивность развития пламенного очага горения. Но при развитии пожара и дальнейшем повышении температуры пожарные

извещатели и кабельные линии связи с ними выйдут из строя. Можно предположить, что время работы современных пожарных извещателей в условиях быстро развивающегося пожара в помещении будет от 3 до 10 минут. Этого времени должно быть достаточно, чтобы с учетом пожарной нагрузки помещения, система могла выполнить автоматический грубый прогноз развития пожара на следующие 10-15 минут. Опасность для смежных помещений может быть оценена дистанционно руководителем борьбы с пожаром с использованием прогноза развития пожара и показаний пожарных извещателей, установленных в этих помещениях. В перспективе возможна автоматизация этого процесса путем разработки быстродействующей модели (симулятора процессов переноса тепла и дыма, прогрева конструкций) для прогнозирования развития пожара из аварийного помещения в смежные. Для судовых помещений различного назначения можно рассмотреть возникновение пожаров от потенциальных источников пожаров и сценарии их развития, определив диапазоны значений контролируемых параметров для каждой возможной ситуации, требующей своего наиболее эффективного средства (системы, способа) тушения [3,9].

В итоге можно сделать вывод, что для того, чтобы действительно существенно сократить время, затрачиваемое на начальном этапе борьбы с пожаром, СПС должны быть наделены когнитивными «способностями» – аналогичным способностям разведчиков пожара по восприятию окружающей обстановки, ее накоплению и распознаванию пожарной опасности. При этом, чтобы СПС действительно развивались в этом направлении необходимо переформулировать назначение СПС, изменив его на следующее: «обеспечение членов экипажа судна информацией о возникновении и развитии пожара», при этом «обнаружение пожара» остается важной функцией СПС. На первый взгляд может показаться, что подобная перестановка не может как-либо повлиять на развитие СПС. Но это далеко не так. Те, кто занимается проектированием, должны будут изменить привычный подход к проектированию СПС и перенацелить основные усилия с попыток разработать все новые средства и методы так называемого «сверххранного обнаружения пожаров» на развитие технических средств и методов освещения обстановки в аварийном помещении.

#### *Список литературы*

1. Круглеевский В.Н., Стариченков А.Л. Самообучающиеся судовые системы пожарной сигнализации // Транспорт Российской Федерации. 2016. №3 (66). С. 50–52.
2. Круглеевский В.Н., Соколенко О.А., Цапков А.П. Перспективы применения мультикритериального способа обработки сигналов пожарных извещателей в корабельных системах пожарной сигнализации // Военный инженер. 2017. № 2 (4). С. 23–32.
3. Маринов М.Л. Ситуационное моделирование безопасности человеческого поведения с использованием функционально-психологической модели // Морской вестник. 2009. № 4. С.75–78.
4. Маринов М. Л. Концепция подготовки специалистов по усвоению шельфа // Научный журнал „Морские интеллектуальные технологии”. Санкт-Петербург. 2012. №1 (спецвыпуск). С. 85–88.
5. Маринов М.Л. Проблемы и перспективы оценки поведения руководителей и специалистов в профессиональной сфере // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2015. №4(39). С.215–224.
6. Круглеевский В.Н. Патент РФ № 2646204 «Способ автоматического обнаружения начальных стадий пожара в помещениях пожароопасных объектов, содержащих тепловыделяющее оборудование».
7. Скороходов Д. А. Функции и режимы интегрированных систем управления // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ „ЛЭТИ”. 2010. С. 84.
8. Higgins A., Koucky S. Go-anywhere rescue hovercrafts. // Machine design. 2001. №10. P. 26.
9. Sira-Ramirez H., Ibanez C.A. On the control of the hovercraft system // Dynamics and control. 2000. №2. PP. 151–163.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА КРУИЗНЫМИ СУДАМИ И  
АВТОТРАНСПОРТОМ В РАЙОНЕ ПАССАЖИРСКОГО ПОРТА  
«МОРСКОЙ ФАСАД САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»**

*Ложкина Ольга Владимировна* – доцент, кандидат химических наук,  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, olojkina@yandex.ru  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр. 149

*Ложкин Владимир Николаевич* – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр. 149, vnlojkin@yandex.ru

*Артемов Игорь Александрович* – курсант

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр. 149, igoarteme@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты численного исследования загрязнения воздуха выбросами круизных судов и автотранспортных средств в районе Пассажирского порта «Морской фасад Санкт-Петербурга».

Ключевые слова: круизные суда, автотранспортные средства, выбросы загрязняющих веществ, численные исследования.

**EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATIONS OF AIR POLLUTION  
BY CRUISE SHIPS AND MOTOR TRANSPORT IN THE DISTRICT OF  
"PASSENGER PORT OF SAINT PETERSBURG "MARINE FAÇADE"**

*Lozhkina Olga V.* – Ass. Prof., PhD in Sci. Chem.

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, olojkina@yandex.ru*

*St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovsky, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation*

*Lozhkin Vladimir N.* – Dr. Sci. Tech., Professor, Honored scientist of the Russian Federation

*St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovsky, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, vnlojkin@yandex.ru*

*Artem'ev Igor A.* – cadet

*St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovsky, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, igoarteme@gmail.com*

Abstract. Present paper describes the results of numerical investigations of air pollution by exhaust emissions of cruise ships and motor transport in the district of "Passenger Port of Saint Petersburg "Marine Façade".

Keywords: cruise ships, motor transport, pollutants emissions, numerical investigations.

Сбалансированное развитие транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга, на основе принципов устойчивого развития, является приоритетной задачей в области повышения качества жизни горожан, привлекательности города для инвестиционной активности (в том числе, туристической), роста экономических показателей. При этом немаловажное значение имеют такие факторы, как безопасность транспортного процесса, минимизация ущерба здоровью населения и среде обитания [1, 2].

Современное развитие транспортной системы большого города возможно только в контексте инновационных информационных, телекоммуникационных и когнитивных технологий [3–5]. Однако для успешной интеграции требуется понимание процессов на физическом уровне.

Санкт-Петербург – крупнейший транспортный узел Российской Федерации со стремительно развивающейся транспортной инфраструктурой. Мониторинг влияния транспортного комплекса на уровень загрязнения городской среды в динамично меняющихся условиях функционирования транспортных систем является, несомненно, актуальной задачей.

В 2008-2016 гг. в Василеостровском районе Санкт-Петербурга были введены в эксплуатацию два ключевых транспортных объекта. В 2008 году Пассажирский порт Санкт-Петербурга «Морской фасад» принял первые круизные лайнеры, а позже, в декабре 2016 года, по Центральному участку Западного скоростного диаметра (ЗСД) проехали первые автомобили (рис.1).

Целью данной работы явилось исследование локального воздействия круизных судов и автотранспортных потоков,двигающихся по ЗСД, на уровень загрязнения воздушной среды в районе Пассажирского порта Санкт-Петербурга «Морской фасад».

#### **Характеристика Пассажирского порта «Морской фасад». Анализ расписания судозаходов круизных лайнеров. Технические характеристики круизных судов**

«Морской фасад» – единственный на всем северо-западе грузопассажирский порт, отвечающий всем международным требованиям и стандартам (рис. 1). Он занимает намывные территории западной части Васильевского острова. В комплекс порта входят: 7 причалов (2171 м общей длины), способных принимать океанские лайнеры, и 4 терминала, 3 из которых круизные и 1 круизно-паромный. Площадь акватории порта – 3,05 км<sup>2</sup> (рис. 1), площадь самой территории – 33.03 га. Порт рассчитан на прием до 18 тысяч человек, т.е. максимальная пропускная способность за время навигации с мая по октябрь может достигать порядка 2 миллионов человек. Максимально возможное количество судозаходов – 726 ед/год [6].



*Рисунок 1 – Скриншот спутниковой карты микрорайона «Морской фасад Санкт-Петербурга»*



В 2013-2017 году среднее количество судозаходов составило 238 ед/год. Анализ показал, что 2018 год должен стать рекордным по количеству судозаходов для порта. Так с 27 апреля по 17 октября 2018 г. планируется принять 269 судов, иногда – по 7 круизных лайнеров в сутки [6]. Это, в свою очередь весьма позитивно скажется на развитии экономики и туризма города, но может представлять угрозу для качества воздушной среды.

В табл. 1 приведены технические характеристики и показатели выбросов загрязняющих веществ некоторых круизных лайнеров, заходящих в порт.

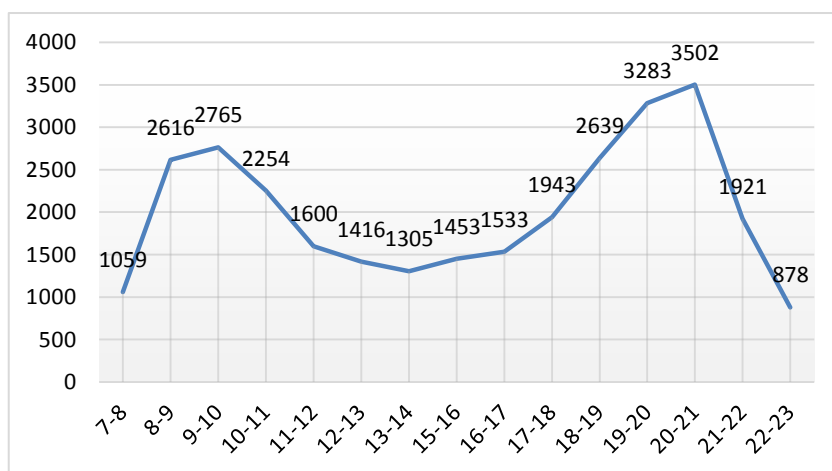
*Таблица 1 – Технические характеристики некоторых круизных лайнеров, заходящих в Пассажирский порт Санкт-Петербурга «Морской фасад», и показатели выбросов загрязняющих веществ их двигательных установок*

| Лайнер, год постройки   | Длина, м | Ширина, м | Водоизмещение, тонны | Пассажиры, чел. | Экипаж, чел. | NO <sub>x</sub> , кг/ч | SO <sub>2</sub> , кг/ч |
|-------------------------|----------|-----------|----------------------|-----------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Disney Magic, 1998      | 300      | 32        | 83338                | 2700            | 945          | 141,75                 | 200,25                 |
| Sapphire Princess, 2004 | 290      | 37        | 116000               | 3078            | 1060         | 122,85                 | 94,5                   |
| Costa Magica, 2004      | 271      | 34        | 102587               | 3470            | 1027         | 83,25                  | 110,25                 |
| Queen Elizabeth, 2010   | 294      | 32        | 90901                | 2068            | 1005         | 94,5                   | 87,75                  |
| Zuiderdam, 2002         | 291      | 32        | 81769                | 2272            | 842          | 99                     | 81                     |

#### **Характеристика Западного скоростного диаметра Санкт-Петербурга. Результаты обследования автотранспортных потоков**

Западный скоростной диаметр (ЗСД) – внутригородская платная автомагистраль мирового уровня в Санкт-Петербурге [7].

Общая протяженность составляет 46,6 км, количество полос варьируется в пределах от 4 до 8, а максимально разрешенная скорость движения – 110 км/ч [7]. Протяжённость Центрального участка составляет 11,7 км, количество полос 8. Участок соединяет Васильевский остров с Адмиралтейским и Приморским районами Санкт-Петербурга и проходит от границ Морского порта до Приморского проспекта. В составе ЗСД на Центральном участке сооружены три моста, одна транспортная развязка и один транспортный туннель. Восьмиполосная дорога имеет по четыре полосы в каждом направлении движения. Проведенные нами обследования состава автотранспортных потоков (АТП) и интенсивности движения на Центральном участке показали, что максимальная интенсивность движения в утренние часы пик составляет 2765 авт/ч, а в вечерние – 3502 авт/ч (рис. 2). Доля грузового транспорта в потоке – до 15 %.



*Рисунок 2 – Среднесуточная интенсивность движения на ЗСД Санкт-Петербурга с 7.00 до 23.00 (март-май 2018 г.)*

### **Численные исследования загрязнения воздуха круизными судами и автотранспортом в районе Пассажи́рского порта «Морской фасад Санкт-Петербурга»**

В качестве исходных условий для прогнозного численного исследования по гипотетическому сценарию рассматривалась ситуация, соответствующая реальной максимальной загрузке Пассажи́рского порта «Морской фасад Санкт-Петербурга» - до 5 лайнеров в сутки и реальной интенсивности движения автотранспорта на ЗСД – 3500 авт/ч. Расчеты проводились для неблагоприятных метеорологических условий, способствующих переносу выбросов от источников (круизных лайнеров и автотранспорта) в сторону жилых массивов – при слабом западном ветре 1-3 м/с.

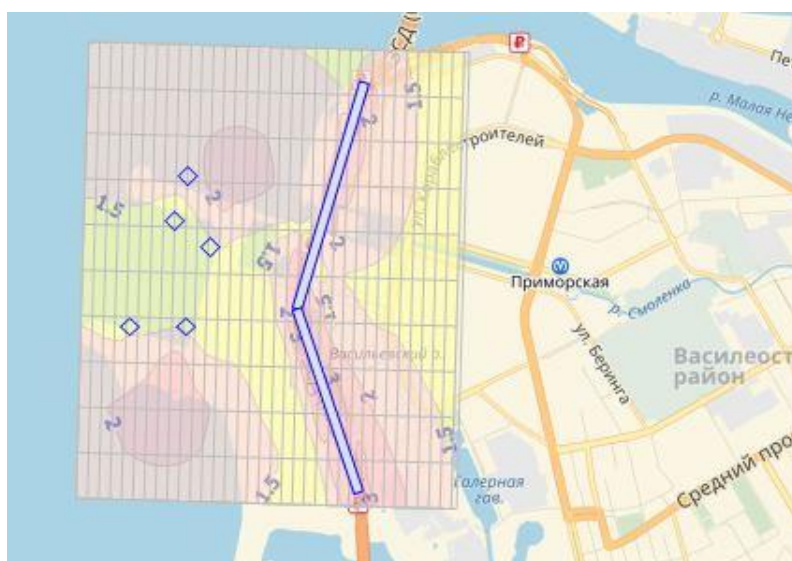
Для реализации численных исследований были использованы:

«Методика для определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» (Санкт-Петербург, ОАО «НИИ Атмосфера», 2010), актуализированная с учетом структуры АТП на ЗСД;

«Методы расчета рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», утвержденные приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 273 от 6 июня 2017 года.

Расчеты производились с помощью программного обеспечения «Магистраль» и «Эколог» НПФ «Интеграл», в информационные базы которых были внесены изменения согласно результатам исследования.

Результаты расчетов загрязнения воздуха диоксидом азота в микрорайоне «Морской фасад Санкт-Петербурга» в картографическом виде представлены на рис. 3.



*Рисунок 3 – Карта загрязнения воздуха диоксидом азота, выделяющимся с отработавшими газами двигателей круизных лайнеров и автотранспортных средств, в микрорайоне «Морской фасад Санкт-Петербурга»*

Результаты численных исследований, выполненные для выше описанного сценария неблагоприятного сочетания транспортных и метеорологических параметров, указывают на то, что в таких условиях энергетические установки круизных судов, поддерживающие системы их жизнеобеспечения во время стоянки, и автотранспортные потоки на ЗСД могут создавать устойчивое негативное воздействие на качество атмосферного воздуха в окрестностях порта. Загрязнение по  $\text{NO}_x$ , при этом, в районе жилой застройки может достигать 1.5-2 ПДК.

#### *Список литературы*

1. O.V. Lozhkina, V.N. Lozhkin. Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models // Transportation Research Part D:

Transport And Environment. – Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2015. – V. – 36. – P. 178-189.

2. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И. К вопросу о развитии информационно-коммуникационного процесса управления экологической безопасностью автомобильного транспорта в городах // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. №4 (40). С. 91–98.

3. Малыгин И.Г. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза / Малыгин И.Г., Цыганов В.В., Еналеев А.К., Савушкин С.А. // Монография. СПб: 2016. 216 с.

4. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и космос. 2016 г. № 3. С. 8–17.

5. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Комашинский В.И. К вопросу о развитии информационного процесса мониторинга экологической безопасности автомобильного и водного транспорта большого города (на примере Санкт-Петербурга) // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2018. – № 1-2 (115–116). – С. 160–166.

6. Официальный сайт АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад»  
Режим доступа: <https://www.portspb.ru/>.

7. Официальный сайт ООО «Магистраль северной столицы. Режим доступа: <https://nch-spb.com/>.

УДК 614.842, 519.8, 621.397.13

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА И АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

**Фахми Шакиб Субхиевич** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, [shakeebf@mail.ru](mailto:shakeebf@mail.ru)

Профессор кафедры САПР

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

АО "НИИ телевидения"

194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 22

**Крюкова Марина Сергеевна** – заместитель начальника кафедры Высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, [krukova\\_ms@mail.ru](mailto:krukova_ms@mail.ru)

**Шваров Никита Николаевич** – студент 4 курса кафедры САПР

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, [nshvarov@mail.ru](mailto:nshvarov@mail.ru)

**Еид Муса Мухамед** – кандидат технических наук, доцент, кафедра информационно-измерительных систем и технологий

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5

Сирийская Арабская Республика

*Аннотация.* В работе рассмотрены метод, алгоритмы и основные функции решения задачи обнаружения, локализации и структуризации объектов изображений. Предложен алгоритм анализа космических снимков для выделения областей пожаров. Исследованы алгоритмы анализа изображений на основе методов сегментации. Разработано и протестировано приложение для автоматизированного обнаружения лесных пожаров на изображениях.

*Ключевые слова:* лесные пожары, дистанционное зондирование земли, мониторинг, обнаружение, анализ изображений, сегментация.

## METHOD OF IMAGE PROCESSING FOR AUTOMATIC DETECTION AND ANALYSIS OF FOREST FIRE

*Fahmi Shakeeb S. – Doctor of Technical Sciences Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, shakeebf@mail.ru*

*Professor of CAD Department of Saint Petersburg Electrotechnical University, ETU*

*Professor Popov str., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation*

*Research institute of television*

*Politekhnikeskaya str, 22, St.Petersburg, 194021, Russian Federation*

*Kryukova Marina S. – Deputy head of the Department of Higher mathematics and system modeling of complex processes of FGBOU IN St. Petersburg University of GPS of EMERCOM of Russia*

*Moskovsky Prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, kruko-va\_ms@mail.ru*

*Shvarov Nikita N. – 4th year student of the CAD Department of Saint Petersburg Electrotechnical University, ETU*

*Professor Popov str, 5, St. Petersburg, 197376, Russian Federation, nmsshvarov@mail.ru*

*Eid Musa Muhamed – PhD, docent, Syrian Arab Republic, Saint Petersburg Electrotechnical University, ETU*

*Professor Popov str, 5, St. Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Abstract.* The solutions of problems of localization and structuring of image objects are considered. An algorithm for analyzing space images for identifying areas of fires is proposed. The algorithms of image analysis based on segmentation methods are investigated. Developed and tested the application for automated restoration of fires in the image.

*Keywords:* forest fires, remote sensing of the earth, monitoring, detection, image analysis, segmentation.

**Введение.** Огонь играет важную роль в жизни человечества. Однако огонь может вызывать такие опасные явления как пожары. В частности лесные пожары представляют собой глобальную угрозу, которая вызывает озабоченность во всем мире. Ряд промышленно развитых стран выделили значительные ресурсы на изучение лесных пожаров и их поведенческой динамики. Именно эта проблема порождает очень большой рынок оборудования дистанционного зондирования для раннего обнаружения лесных пожаров, который, как ожидается, вырастет на 11,53% к 2020 году [1].

Лесные пожары — одно из природных явлений, частота и разрушительность которого в настоящее время возрастает не только из-за человеческого фактора, но и в связи с возрастающими последствиями глобального потепления. Деятельность человека и природные катаклизмы не только многократно увеличивает возможность возникновения и быстрого распространения огня, но и увеличивает негативные последствия уже локализованного пожара.

В современном мире проблему космического видеонаблюдения и мониторинга за лесными пожарами широко изучается как у нас в России, так и зарубежом [2]. Производится разработка наиболее функциональных и систематизированных средств мониторинга, с це-

лю более раннего обнаружения точек возгорания и предупреждения чрезвычайных экологических ситуаций, связанных с лесными пожарами.

Преимущества дистанционного космического мониторинга по сравнению с другими методами заключаются в:

- возможности мониторинга больших территорий;
- оперативности получения видеoinформации (обработка видеоданных, полученных со спутников, анализ и передача соответствующих сигналов в центры, и их выдача заказчику осуществляется на протяжении часа);
- доступности данных (космические снимки находятся в свободном доступе).

Метод дистанционного зондирования, тем не менее, имеет свои недостатки:

- Во-первых, площадь возгорания для обнаружения должна быть значительной;
- Во-вторых, несмотря на наличие радиолокационных систем и появление технологии «система на кристалле» [3], позволяющих производить приём и анализ видеоданных в реальном времени в ночное время суток и при неблагоприятных метеорологических условиях, их использование чрезвычайно редко. Чаще всего для мониторинга лесных пожаров используется комплексная многоспектральная спутниковая съемка, для которой большую роль играет прозрачность атмосферы [3];
- В-третьих, во избежание возможных ошибок, существует необходимость согласования данных полученных методом ДЗЗ с наземными источниками информации.

Под лесными пожарами понимается стихийное, неконтролируемое распространение огня по лесным площадям. Несвоевременная локализация лесных пожаров приводит к гибели населения, животных, серьёзным нарушениям экосистем и существенным экономическим потерям. Актуальность проблемы мониторинга лесопожарной обстановки подтверждается широким использованием космических средств контроля наряду с наземными и авиационными службами наблюдения. [4,5]

В настоящее время на территории России уже установлены и успешно эксплуатируются видеосистемы дистанционного мониторинга лесных пожаров на основе систем видеонаблюдения с компьютерным зрением. Такие системы позволяют на ранней стадии обнаруживать и оперативно реагировать на очаги задымления и возгорания в лесах.

Главные преимущества обнаружения пожаров с использованием интеллектуальных видеосистем с компьютерным зрением на основе технологии «Система на кристалле» (ИВСнК) для наблюдения и обнаружения ЧС:

- обнаружение возгорания происходит в момент его возникновения;
- обнаружение огня, дыма и направления ветра осуществляется на открытых пространствах;
- передача видеoinформации с места обнаружения возгорания производится автоматически в реальном времени;
- направление очагов возгорания определяется в зависимости от направления оптической оси видеокамер – благодаря этому возможно рассчитать расстояние до очагов возгорания;
- возможна передача данных в единый мониторинговый центр в реальном времени.

ИВСнК с компьютерным зрением состоят из узлов мониторинга – управляемых высокоскоростных купольных видеокамер, обычно устанавливаемых на вышках (провайдеров связи, операторов сотовой связи, телевизионных, осветительных и т.д.), и локальных мониторинговых центров. В эти центры поступает видеoinформация от видеокамер.

В качестве детектора возгорания и задымления используется поворотная видеокамера, выполняющая панорамное сканирование как в автоматическом, так в автоматизированном режимах управления.

Разработка и применение алгоритмов функционирования ИВСнК с компьютерным зрением в системе дистанционного наблюдения и обнаружения лесных пожаров позволяют в автоматическом режиме обнаруживать возгорания и предупреждать о них оператора в реальном времени.

Одной из важнейших проблем мониторинга при обработке снимков ДЗЗ является решение задачи анализа и локализации лесных пожаров на ранних стадиях возникновения.

Можно выделить следующие задачи ИВСнК обнаружения и анализа пожаров и их последствий:

- детектирование пожаров, определение мест загорания;
- мониторинг и контроль развития пожаров;
- расчет основных информационных показателей качества видеоинформации с минимизацией ошибки восстановления и скорости передачи сжатых видеоданных;
- оценка пожарной опасности в пределах сезона;
- прогнозирование рисков возникновения пожаров в долгосрочной перспективе;
- оценка последствий пожаров. Совмещение снимков до и после пожаров дает возможность выявить гари, определить их площади на текущее время и оценить нанесенный ущерб.

Целью исследования являлась разработка метода и алгоритмов обнаружения и передачи параметров и информации об уровне сложности лесных пожаров.

Для этого предлагается решение следующих основных задач, которые должны обеспечить достижение цели:

1. Разработка метода и алгоритмов анализа космических снимков и выделения областей пожаров.
2. Структурирование областей пожаров на изображении для определения параметров лесных пожаров по космическим снимкам, таких как площадь, уровень пожара, прогнозируемые риски.

**Описание метода структуризации видеоинформации.** На практике наиболее распространенным представлением цвета, используемым в цифровых камерах для создания цифрового изображения и в компьютерах для отображения данных, является RGB модель, где каждый пиксель описывается тройкой компонентов RGB (Red, Green, Blue – Красный, Зеленый, Синий). Эти компоненты представляют красную, зеленую и синюю составляющие каждого пикселя. Смешивая эти цвета можно получить дополнительные. [6]

Согласно стандарту RGB для кодирования цвета каждого пикселя отводится 3 байта (24 бита) – в первый байт записывается интенсивность красного, во второй байт интенсивность зеленого, в третий байт – интенсивность синего цвета. Т.к. в один байт можно записать любое значение от 0 до 255 (т.е. одно из 256 значений), то каждый базовый цвет может иметь 256 градаций интенсивности. Соответственно, в рамках RGB-стандарта возможно  $256 \cdot 256 \cdot 256 = 16777216$  различных значений оттенков. Это перекрывает возможности любого человеческого глаза.

Одной из основных задач ДЗЗ при анализе объектов на изображениях является сегментация, т.е. разделение изображения на области, представляющие интерес для исследования (пожар) и фон изображения (незначимые объекты). Понятие области изображения используется для определения связной группы элементов изображения, имеющих определенный общий признак (свойство).

В работе используется способ сегментации разделением по порогу (thresholding). Разделение по порогу предусматривает сопоставление значения яркости каждого пикселя с пороговым значением, в конечном счете, каждый пиксель зачисляется в одну из двух групп в зависимости от того, превышает значение яркости пороговое значение или нет. Данный подход может содержать несколько порогов для выделения на изображении всех интересующих областей [7]. Решение задачи автоматического выделения областей пожаров заключается в правильном выборе пороговых значений для обнаружения областей горения на изображениях в различных природных условиях и определение направления ветра на основе анализа и вычисления анизотропии соответствующих областей дыма (рис. 1 а). А также необходимо выполнить обработку исходных визуальных данных с учетом технических факторов съемочной аппаратуры (тип съемочной аппаратуры, способ управления процессом съемки; ориентация оси съемочной аппаратуры и пр.), получаемых на предварительном этапе съёмки.

Локализация пожара осуществляется с помощью гистограммы яркостей красной составляющей цвета пикселя путём формирования двух порогов по этой составляющей (рис. 1 б):

а) минимальный порог, позволяющий определить максимально охваченную область пожаром;

б) максимальный порог, позволяющий фиксировать центр пожара.

Данный алгоритм основан на предположении, что пожаром является любой пиксель, у которого интенсивность красной составляющей цвета больше значений компонентов зеленой и синей.

Пиксели, которые образуют очаг пожара, имеют наибольшую интенсивность доминирующей красной составляющей цвета (значение этой интенсивности фиксируется максимальным порогом). Минимальным порогом соответственно считаем наименьшую интенсивность доминирующего красного цвета. Алгоритм обнаружения в процессе обработки космического снимка фиксирует эти два порога с возможностью управления выводом информации о начальных стадиях пожара параллельно с вычислением занимаемой площади для каждого уровня. При этом в программе предусмотрена дополнительная функция для определения статистических показателей характеристик локальных областей пожаров.

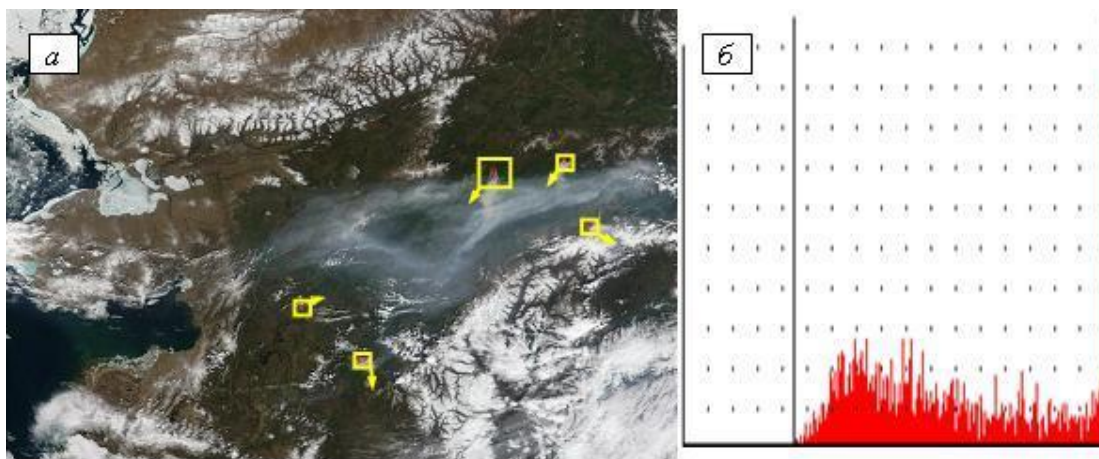


Рисунок 1 – Космический снимок

а) с результатами обнаружения пожаров и направления ветра

б) определение величин порогов с помощью гистограммы

**Алгоритмы обнаружения и обработки лесных пожаров.** В целях обеспечения своевременного обнаружения лесных пожаров необходимо:

- осуществление подготовки и инициализации параметров видеоинформационной системы ДЗЗ;
- обеспечение связи с наземными службами МЧС;
- исследование и разработка соответствующих сложно-функциональных блоков в составе интеллектуальной видеоинформационной системы на основе технологии «система на кристалле»;
- исследование и разработка методов и алгоритмов приёма, анализа и передачи видеоинформации в реальном времени [8,9].

Алгоритм обнаружения и исследования лесных пожаров включает следующие основные этапы (рис. 2):

- 1) приём, подготовка и инициализации параметров видеоинформационной системы обнаружения лесных пожаров;
- 2) блок формирования и первичной обработки видеоданных;
- 3) блок фильтрации от помех и шумов;

4) исследование и структурирования объектов изображений для формирования набора признаков, параметров и характеристик лесных пожаров с учетом специфики космических снимков;

5) блок анализа и исследования пожаров – данный блок является основным и содержит главные функции (см. ниже), позволяющие определить координат и уровни обнаруженного пожара;

б) формирование видеоданных.

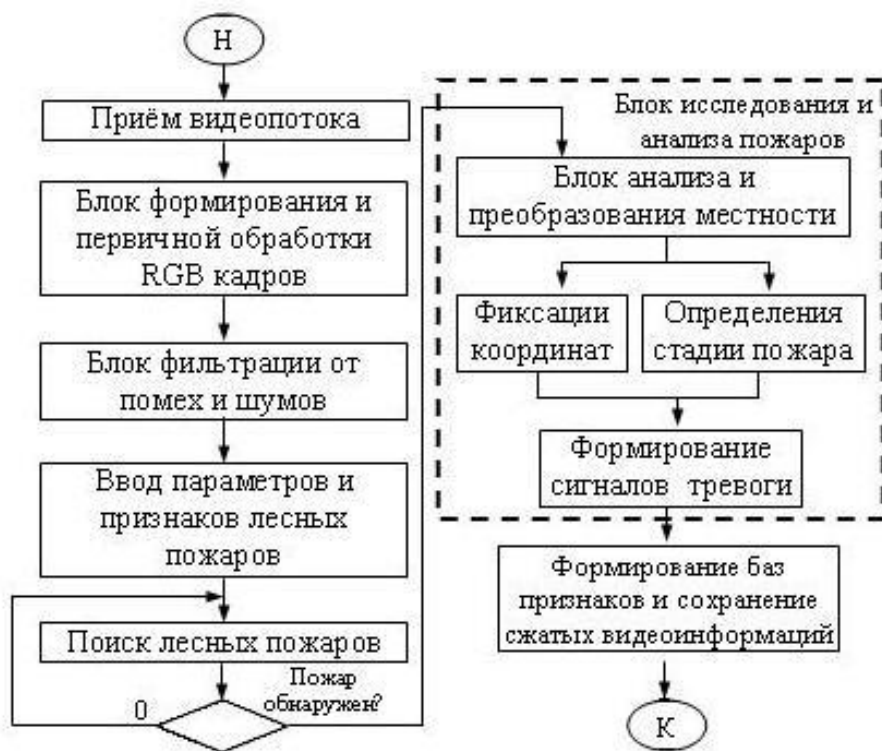


Рисунок 2 – Блок схема алгоритма обнаружения и анализа лесных пожаров

Важно также, чтобы процедура и порядок выполнения предупредительных (профилактических) противопожарных мероприятий, а также режим работы центра МЧС и служб в зависимости от степени пожарной опасности в лесах по условиям погоды были изложены в Указаниях по противопожарной профилактике в лесах и регламентациях для работы лесопожарных служб.

Следует отметить, что для обнаружения и контроля над состоянием и динамикой развития лесных пожаров используется спутниковая информация, получаемая в виде снимков с искусственных спутников земли (ИСЗ).

**Основные функции выделения и анализа лесных пожаров.** Блок обнаружения, исследования и анализа лесных пожаров на основе технологии «система на кристалле» включает следующие основные функции:

1) *Подчеркивание границ* также можно осуществить, выполняя дискретную фильтрацию с использованием высокочастотного импульсного отклика  $h$ . Другими словами нужно вычислить свертку (9) исходного изображения с маской  $h$  [9, 10].

$f(x,y)=\sum\sum F(k_1,k_2)H(x-k_1+1, y-k_2+1)$ , где одна из типичных масок для выполнения высокочастотной фильтрации используется:



$$h_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -2 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \text{ причем сумма элементов матрицы всегда должна быть равна еди-}$$

нице.

2) *Сегментация изображений* позволяет выделить участки изображения, кажущиеся наблюдателю однородными; эта операция обеспечивает разбиение изображения по порогу путём сопоставления значения яркости каждого пикселя с пороговым, в результате чего соответствующий пиксель зачисляется в одну из двух групп в зависимости от того, превышает значение яркости пороговое или нет. Если изображение действительно состоит из двух областей, в одной из которых преобладают темные, а в другой светлые пиксели, то можно предполагать, что гистограмма будет иметь два пика. В таком случае порог можно выбрать из значений, заключенных между двумя пиками.

Вкратце, методы пороговой сегментации основываются на простых принципах. Пиксели с интенсивностью, ниже порогового значения, помечаются как принадлежащие объекту, остальные пиксели – как принадлежащие фону. Если яркость пикселя больше порога, то точка принадлежит объекту, иначе она принадлежит фону.

Алгоритм также применим к изображениям, содержащим светлые объекты на темном фоне. Если яркость пикселя меньше порога, то пиксель принадлежит объекту, иначе он принадлежит фону. На выходе алгоритма получают значение признака «объект» или «фон», которое может быть представлено соответственно двоичной Булевой переменной.

3) *Вероятностное дискретно-временное моделирование* используется для представления распространения лесного пожара. Поэтому представление леса представляет собой сетку деревьев размером  $N \times N$  с четырьмя возможными состояниями для каждого дерева:

- здоровым (зеленым цветом);
- на стадии начала горения (жёлтым цветом) и подлежащие тушению;
- деревья в огне (красным цветом) требующие тушения и локализации;
- перегоревшие (черным цветом) области сгоревшего леса.

4) *Функция оценки риска и потерь* используются для оценки того, насколько хорошо будет работать набор маршрутных точек, сгенерированных на этапе моделирования процесса горения и с учётом скорости распространения пожара и объём имеющихся ресурсов для тушения.

5) *Оценка статистических характеристик* областей пожаров по результатам проведённых исследований оценены шумовые характеристики цифрового фотоаппарата в лётных условиях и наиболее полной характеристикой шума является автокорреляционная функция, которая (в предположении эргодичности шума) может быть рассчитана по одной реализации [11]:

$$A\phi(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = \lim 1/A \{ \iint [g(x,y) - \hat{g}][g(x+\varepsilon_1, y+\varepsilon_2) - \hat{g}] dx dy \} \text{ при } A \rightarrow \infty,$$

где  $A$  – площадь изображения по которой производится интегрирование;

$g(x,y)$  – значение яркости в точке с координатами  $(x, y)$ ;

$\lim 1/A \iint g(x,y) dx dy$  – эмпирическое математическое ожидание;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – сдвиги по осям  $x$  и  $y$  соответственно между точками изображения, для которых рассчитывается корреляционная связь;

$\hat{g}$  – среднее значение яркости.

Блок анализа также использует понятие площади корреляции  $S$  двумерного случайного поля  $g(x, y)$  [10]:

$$S = \frac{\int_0^\infty \int_0^\infty \varphi(x,y) dx dy}{\sigma^2}, \text{ } \varphi(x,y) \text{ – корреляционная функция поля, } \sigma^2 \text{ - дисперсия этого поля.}$$

Однако наряду с  $S$  для более точного описания структуры поля вдоль направлений  $x$  и  $y$  применяются корреляции  $r_x$  и  $r_y$ , под которыми можно понимать радиусы корреляции одномерных сечений  $g(x, 0)$  и  $g(0, y)$ :

$$r_x = \int \varphi(\varepsilon_1, 0) d\varepsilon_1 / \varphi(0, 0) \text{ и } r_y = \int \varphi(0, \varepsilon_2) d\varepsilon_2 / \varphi(0, 0).$$

Здесь величина  $r$  называется радиусом корреляции изотропного поля. Необходимо также отметить, что введенные простые определения площади  $S$  и радиусов корреляции  $r$ , не универсальны. Их удобно применять только в случаях, когда корреляционная функция  $\varphi(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  неотрицательна либо области её отрицательных значений незначительны [11].

б) После выделения очагов, когда известны их границы, локальную неустойчивость можно охарактеризовать средней яркостью очага и его формой. Для сравнения форм-факторов двух очагов выбран критерий сходства формы очага с кругом. Сравнение формы очага с кругом производится следующим образом: согласно формулам:

$$X_{cp} = \sum \sum f(i, j) x_j / \sum \sum f(i, j), \quad Y_{cp} = \sum \sum f(i, j) y_i / \sum \sum f(i, j),$$

где вычисляются координаты центра яркости очага, затем вычисляются радиусы в восьми направлениях от центра, считается их среднее значение и стандартное отклонение.

В работе предусмотрен случай, когда очагов на одном изображении несколько, тогда очаги обрабатываются последовательно в порядке уменьшения их площади. На некоторых изображениях присутствует большое количество ярких объектов с маленькой площадью. Если их параметры не представляют интерес для пользователя, то он может задать порог площади, и обработать только интересующие большие объекты.

**Результаты моделирования.** В начале исследования была разработана функция, определяющая область на изображении относительно указанного пикселя, удовлетворяющую заданному порогу яркости в диапазоне красной составляющей.

В результате было разработано графическое приложение (рис. 3) на Windows Forms с помощью Visual C#, которое позволяет выполнить следующие функции:

- с помощью подсистемы автоматизированного определения очагов пожара (области красного, зеленого и синего цвета) на изображении, реализовать автоматический поиск пожаров, где пожаром является любая точка, в которой количество красной составляющей цвета в палитре доминирующее;

- обеспечение многоуровневой детализации вывода видеoinформации о пожарах в зависимости от заданного порога;

- относительная оценка площади и ущерба от лесных пожаров в зависимости от высоты и разрешения камеры.

При реализации предложенных алгоритмов обработки космических снимков с целью обнаружения лесных пожаров так же были получены характеристики и необходимые данные (к примеру, координаты очагов относительно начала отчета снимка, количество пикселей (площадь пожара), коэффициент ущерба в зависимости от площади и т.д.). Все эти характеристики являются важной информацией для служб МЧС, которые при своевременной ликвидации пожара, снижают ущерб наносимый пожаром природе и человеку. В динамике важно так же предоставлять информацию о следах пожаров и возможном движении пожаров по данным о лесном покрове в области снимка, метеоданных (ветер, температура, осадки).

Важно отметить, что система «СКАНЭКС» осуществляет оперативный мониторинг пожаров с 2004 года. В качестве базовой компоненты сервиса используется технология, основанная на алгоритме автоматического детектирования пожаров по «тепловым» каналам спутниковой съемки. Данные с полярно-орбитальных метеорологических спутников Terra, Aqua и NPP принимаются на собственную сеть станций в режиме реального времени. Все

данные выкладываются на карту, что обеспечивает удобный просмотр и поиск информации и связанных тематических слоев [4,5].

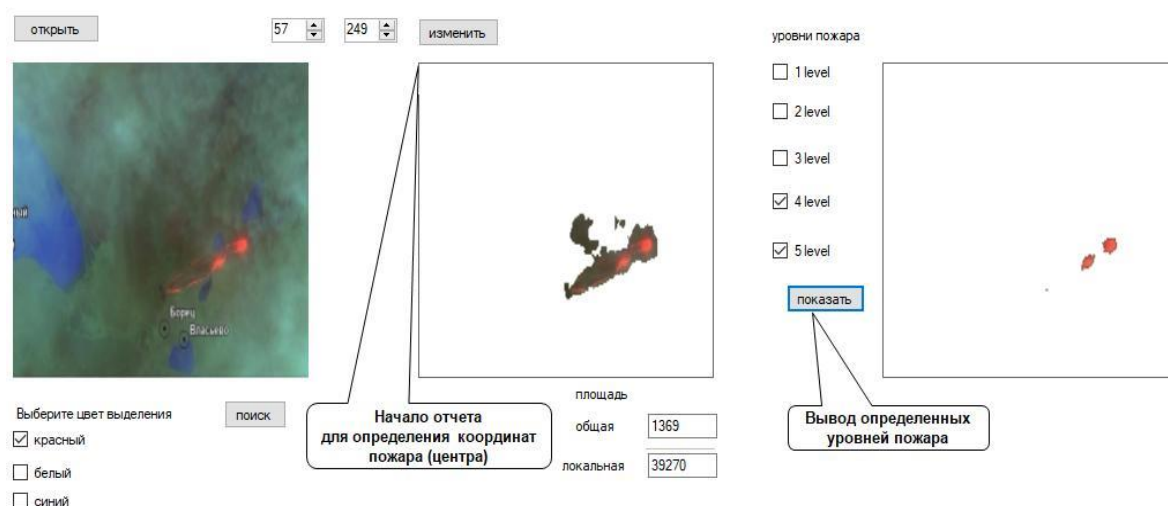


Рисунок 3 – Пример работы приложения

Глобальная система позиционирования (GPS) основывается на созвездии из 24 спутников, вращающихся вокруг Земли на высоте около 11 000 миль. Спутники GPS находятся на достаточно высокой орбите, чтобы избежать проблем, связанных с наземными системами, но могут обеспечить точное позиционирование 24 часа в сутки, в любой точке мира. Автономные координаты определяются с помощью GPS спутниковых сигналов с точностью в диапазоне от 50 до 100 метров [12]

**Закключение.** В результате моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Точные характеристики пожара, являются важной информацией для служб МЧС, позволяющая при своевременной передаче снижать ущерб наносимый пожаром природе и человеку.

2. Расчёт рисков за счёт предоставления информации о следах пожаров и возможном направлении движения пожаров по данным ДЗЗ с учётом метеоданных (ветер, температура, осадки).

3. Разработанное приложение по спутниковому мониторингу лесных пожаров при обработке снимков ДЗЗ работает достаточно устойчиво и может практически не требовать контроля со стороны человека. Дальнейшее развитие, данное приложение может получить в области нахождения на снимках ближайших водоемов для каждого из очагов пожара.

#### Список литературы

1. Rui V.A., Pedro V. Forest Fire Finder – DOAS application to long-range forest fire detection //Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union, 2017, Atmos. Meas. Tech., 10, PP. 2299–2311.

2. Zuoning W., Pengfei L., Tiejun C. Research on forest flame recognition algorithm based on image feature // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W7, 2017 ISPRS Geospatial Week 2017, 18–22 September 2017, pp. 925–928.

3. Фахми Ш.С. Видеосистемы на кристалле селекции объектов на примере обнаружения лесных пожаров/ Ш.С. Фахми, А.И. Бобровский, Я.В. Алексеенко, Е.П. Ермаков// Материалы 14-ой Международной научно-технической конференции «Телевидение: передача и обработка изображений». СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 27–28 июня. 2017. С. 106–113.

4. Фахми Ш.С., Алексеенко Я.В. Использование геоинформационных систем космического мониторинга МЧС России в пожароопасный период. Тезисы докладов четвертой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания косми-

ческих систем дистанционного зондирования земли» – М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ». 2016. С. 155–156.

5. Шаталова Н.В., Бахарев Т.С. Методы и геоинформационные технологии, применяемые для расчета пораженности территории линейно эрозионными процессами в социально значимых зонах в условиях насыщенности территории города транспортными инженерно-техническими сооружениями // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9. № 5. С. 69-73.

6. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2012. с. 1104.

7. Геосервис по лесным пожарам «Космоснимки». // [Электронный ресурс]. URL: <http://fires.kosmosnimki.ru>.

8. Фахми, Ш. С. Систематизация алгоритмов нахождения и кодирования опорных точек изображений/ Ш.С. Фахми, М.М.Еид, А. И.Бобровский, И. А.Гаврилов, Ю.А.Мукало, М.Альмахрук, А.Салем // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2017. Вып. 3. С. 15–20.

9. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. С. 187–193.

10. Гуляев П.Ю., Долматов А.В., Иордан В.И. Адаптивный алгоритм обучения байесовского нейросетевого классификатора информационных кластерных структур в спектральных изображениях.//Материалы XIII-го Всероссийского семинара «Нейроинформатика и ее приложения», 7-9 октября 2005 г./Под ред. А.Н. Горбаня, Е.М. Меркеса. - Красноярск: ИВМ СО РАН. 2005. С. 29–30.

11. Белоглазов И. Н., Джанджгава Г. И., Чигин Г. П. (1985) Основы навигации по геофизическим полям. М.: Наука. 1985.

12. S.Praveenchakkaravarthy, J.Nancy, V.S.NaveenKumar, NeethiNarayanan, R.Pavithra. Forest fire detection system// International Journal of Recent Trends in Engineering, 2017, pp. 99–102.

УДК 004.853, 025.4.03, 004.738.5:51-7

## **О ПРИМЕНЕНИИ РЕЛЯЦИОННОГО РЕГУЛЯТОРА СОГЛАСОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ КОГНИТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ**

**Селиверстов Святослав Александрович** – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С.Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, [seliverstov\\_s\\_a@mail.ru](mailto:seliverstov_s_a@mail.ru)

**Кураков Андрей Валерьевич** – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

*Аннотация.* Производится анализ существующих определений когнитивности применительно к транспортной системе. Приводится перечень когнитивных функций при переходе к когнитивной транспортной системе. Рассматривается возможность применения реляционного регулятора согласования в задачах когнитивного управления транспортной системой. Описываются перспективы применения реляционного регулятора согласования.

*Ключевые слова:* когнитивные вычисления, когнитивная транспортная система, реляционный регулятор согласования, интеллектуальные транспортные системы, умный город.

## ABOUT APPLICATION OF THE RELATIONAL REGULATOR OF HARMONIZATION IN PROBLEMS OF COGNITIVE CONTROL OF THE TRANSPORT SYSTEM

*Seliverstov Svyatoslav – PhD, Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12–th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov\_s\_a@mail.ru  
Kurakov Andrey V. – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Abstract.* The analysis of the existing definitions of cognition in relation to the transport system is made. The list of cognitive functions upon transition to the cognitive transport system is provided. The possibility of use of the relational regulator of harmonization in tasks of cognitive management of the transport system is considered. The prospects of use of the relational regulator of harmonization are described.

*Keywords:* cognitive computing, cognitive transport system, relational regulator of harmonization, intelligent transport systems, smart city.

Современная когнитивная наука [1-7] сосредоточена на исследовании интеллекта (мыслительных способностей) и поведения, а так же процессах представления, обработки и преобразования информации, как в нервной системе, так и вычислительной машине.

Однако прежде чем перейти к влиянию когнитивных технологий на транспортную отрасль мы предлагаем рассмотреть толкование таких понятий как когнитивность и когнитивная система в границах «наук о жизни» и «компьютерных наук».

Опираясь на работы [1-4, 6] представим лишь те из них, которые по нашему мнению наиболее полно раскрывают их суть

*Толкование когнитивности в области «наук о жизни».*

Когнитивность – это способность к умственному восприятию и переработке внешней информации.

Когнитивная система – это система познания человека, сложившаяся в его сознании в результате становления его характера, воспитания, обучения, наблюдения и размышления об окружающем мире.

*Толкование когнитивности в области «компьютерных наук».*

Ввиду того, что в области «компьютерных наук» четкие определения того, что такое «когнитивность» и «когнитивная система» не согласованны, предложим следующие:

компьютерная когнитивность или к-когнитивность (компьютерная познавательная способность) – это способность искусственного интеллекта к целенаправленной электронно-вычислительной обработке разнородной информации, самостоятельно получаемой им из внешних источников, посредством которой происходит его самообучение и развитие, повышающее эффективность достижения выполняемых целей.

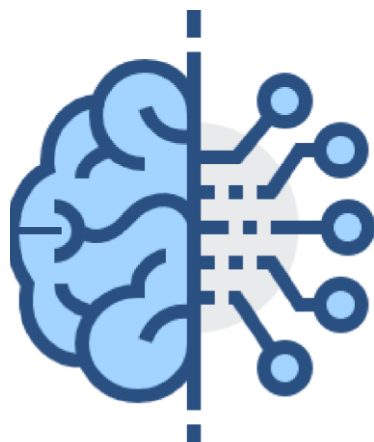
компьютерная когнитивная система – это электронно-вычислительная интеллектуальная система, способная самостоятельно обрабатывать и генерировать информацию из неструктурированных данных с элементами неопределенности, получаемую из внешних источников, для достижения выполняемой цели, само обучаться и всесторонне совершенствоваться в процессе своей работы, и улучшать инструментарий взаимодействия с внешней средой и человеком.

Согласно [6] к наиболее передовым когнитивным системам, действующим в настоящее время, относят системы *IBM Watson*, *Google Now* и *Siri*.

В перспективе речь идет о создании объединенной системы [6], которая будет сочетать в себе лучшие возможности человека и машины (рис. 1)

#### Преимущества ЧК

Здравый смысл  
Мораль  
Воображение  
Сострадание  
Абстракция  
Дилеммы  
Сновидение  
Фантазия  
Обобщение



#### Преимущества ККС :

Поиск знаний  
Идентификация шаблонов  
Естественный язык  
Машинное обучение  
Отсутствие предубеждений  
Бесконечная емкость

Рисунок 1 – Интеграция уникальных способностей при построении объединенной человеко-машинной когнитивной системы, согласно [6]

Таким образом, основная цель развития когнитивных систем состоит в том, чтобы расширять границы человеческого познания, создать естественное взаимодействие между компьютерами и людьми, усилить возможности для машинного обучения и способности адаптации.

В транспортном секторе развитие когнитивных технологий даст серьезный толчок росту потребительской полезности. По данным [6,7,8], когнитивные технологии окажут влияние на следующие сферы транспорта:

- различные виды транспорта и их взаимодействия;
- интеллектуальное управление и контроль трафика в режиме реального времени;
- транспортная политика, планирование, проектирование и управление;
- экологические проблемы, ценообразование на дорогах и тарифная политика, безопасность и безопасность;
- функционирование транспортных систем;
- анализ спроса, прогнозирование и транспортный маркетинг;
- информационные системы и услуги для участников транспортного процесса;
- моделирование и анализ пешеходов и пешеходных потоков;
- автономное вождение;
- искусственные транспортные системы и моделирование;
- системы наблюдения и мониторинг транспортных процессов.

Рост численности населения мегаполисов и увеличение его мобильности в условиях нерационального развития транспортной, социальной и жилой инфраструктуры стало причиной снижения эффективности функционирования транспортных процессов движения, и качества их реализации.

Решение столь сложного комплекса проблем требует проработки новых парадигм управления процессом развития транспорта в границах когнитивных наук [7,8,9].

Предлагается рассмотреть применение реляционного регулятора согласования в задаче когнитивного управления транспортной системой.

Особенности организации и функционирования реляционного регулятора согласования (РРС) рассматривались в [9]. Формирование системы интегральных индикаторов и их перечень представлен в [10].

Согласно [11] процедура реляционного согласования имеет вид  $f_{\Sigma}$  :

$$f_{\Sigma} : \left( \bigcap_{[S_n]_{sift}^{P_n}} C^k \right) \left\langle \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right\rangle [S_{\Phi}]_{perf}^{P_{\Phi}} \longrightarrow \left( \bigcap C_{S_n}^k \right) = \begin{cases} \emptyset \longrightarrow \left( \bigcap C_{S_n}^k \right) \tilde{\otimes} R_{S_{\wedge n}}^{\Phi} \\ \neq \emptyset \longrightarrow \left( \bigcap C_{S_n}^k \right) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $f_{\Sigma}$  - РРС;

$[S_n]_{sift}^{P_n}$  - упорядоченные множества после просеивания, содержащие элементы с указанием свойств,  $n$  - количество систем,  $k$  - количество наборов подсистем подлежащих согласованию;

$[S_{\Phi}]_{perf}^{P_{\Phi}}$  - упорядоченные множества, содержащие элементы с эталонными параметрами свойств;

$\Phi$  - функционал управления сравниваемых индикаторных множеств систем;

$\bigcap_{[S_n]_{sift}^{P_n}} C^k$  - разностное сочетание упорядоченных свойств систем после просеивания;

$CPR$  - оператор сравнения;

$\tilde{\otimes}$  - оператор развития систем  $U$  (пользователь),  $C$  (коммуникации),  $M$  (мегаполис),  $V$  (участники процесса движения).

Пример работы РРС будем рассматривать на примере развития городской транспортной сети.

Система пользователь  $S_U$  задана показателями:

$h_U^{FK}$  - количество жителей в рассматриваемом городском квартале;

$z_u^{\max}$  - максимальная стоимость парковки в районе;

$z_u^{pref}$  - предпочтительная стоимость парковки в районе.

Система транспортные средства  $S_V$  задана средним показателем технической скорости транспортных средств  $v_V^{me.cp}$ .

Система транспортные коммуникации задана показателем средней скорости транспортных средств по полосам на рассматриваемом участке УДС. Подсистема мегаполис представлена показателем доступности специализированного парковочного пространства до рассматриваемого участка УДС  $l_p$ .

Рассматривается задача повышения пропускной способности от фактической до плановой.

Требуется формально описать работу регулятора согласования в процессе развития ГТС на примере решения данной задачи.

*Решение.* Пусть на вход в регулятор согласования поступают показатели систем  $U, C, M, V$ .

Процесс согласования по скорости движения представим выражением (2)

$$f_{\Sigma} : \left( \bigcap_{[S_n]_{sift}^{P_n}} C^k \right) \left\langle \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right\rangle [S_{\Phi}]_{perf}^{P_{\Phi}} = \left( [S_V]_{sift}^{P_V} \cap [S_C]_{sift}^{P_C} \cap [S_M]_{sift}^{P_M} \right) \left\langle \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right\rangle [S_{\Phi=V,C}]_{V_C}^{P_{\Phi=V,C,M}} =$$

$$= \begin{cases} v_{V,C,M} = 0 \\ \emptyset \end{cases}. \quad (2)$$

Процесс согласования по стоимости представим выражением (3)

$$f_{\Sigma} : \left( \bigcap_{[S_n]_{sift}^{P_n}} C^k \right) \left\langle \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right\rangle [S_{\Phi}]_{perf}^{P_{\Phi}} = \left( [3_U]_{sift}^{P_U} \cap [3_U^M]_{sift}^{P_M} \cap [3_U^C]_{sift}^{P_C} \right) \left\langle \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right\rangle [S_{\Phi=U,M,C}]_{3_U^{pref}}^{P_{\Phi=U,M,C}} = \\ = |3_U^C = 0. \quad (3)$$

Процесс реляционного согласования по доступности парковки представим выражением (4)

$$f_{\Sigma} : \left( \bigcap_{[S_n]_{sift}^{P_n}} C^k \right) \left\langle \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right\rangle [S_{\Phi}]_{perf}^{P_{\Phi}} = \left( [l_M^p]_{sift}^{P_M} \cap [l_C^p]_{sift}^{P_C} \right) \left\langle \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right\rangle [S_{\Phi=U,M,C}]_{l_U^{pref}}^{P_{\Phi=U,M,C}} = l_C^p = 0 \quad (4)$$

Схематическую интерпретацию структурно-функционального согласования представим на рисунке 2.

Для устранения выявленного рассогласования РРС, в соответствии с (1), осуществляет развитие элементов системы  $U, C, M, V$ , то есть:

$$\left( [S_U]^{P_U} \cap [S_V]^{P_V} \cap [S_M]^{P_M} \cap [S_C]^{P_C} \right) \tilde{\otimes} R^{\Phi} = \\ = \left( [3_U]^{P_U} \cup [3_U^{pref}] \cap [v_V]^{P_V} \cup [v_V^{pref}] \cap [l_M^p]^{P_M} \cup [l_p^{pref}] \cap [v_C]^{P_C} \cup [v_C^{pref}] \right) = \\ = S_p : | 3_U^{pref} \wedge l_p^{pref} \wedge h_U^{FK}. \quad (5)$$

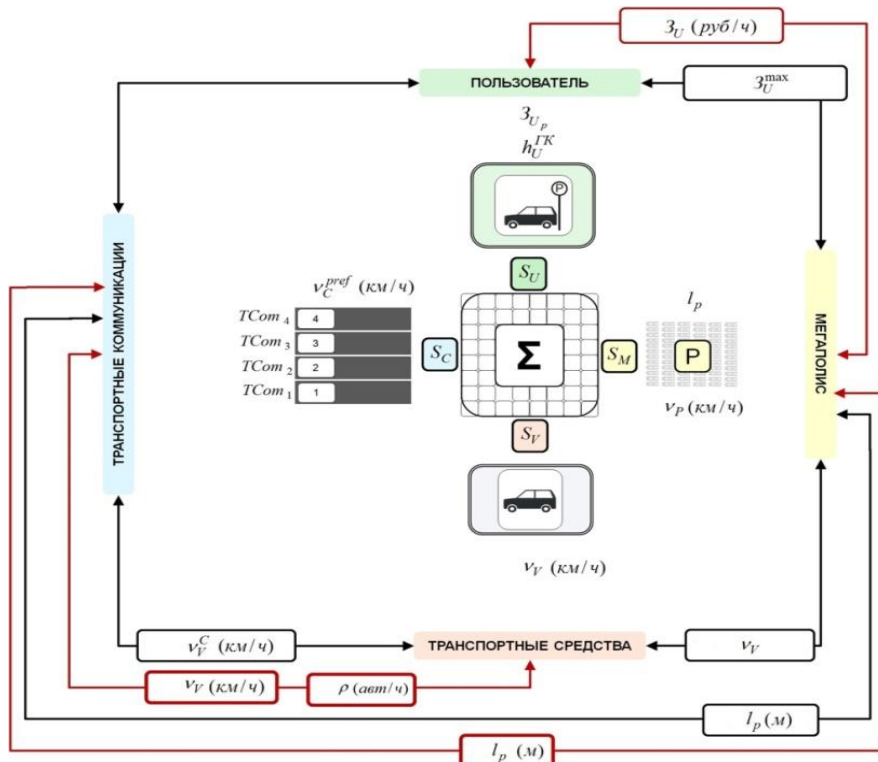


Рисунок 2 – Схематическая интерпретация согласования



В соответствии с рассматриваемым примером процесс развития ГТС осуществляется посредством встраивания новых элементов транспортной системы, обладающих свойствами согласования систем  $U, C, M, V$ .

Данная задача демонстрирует реализацию таких когнитивных функций как сбор и анализ разнородных данных об эффективности транспортного процесса движения, а так же их согласование и вывод рекомендаций по совершенствованию инфраструктуры транспортной сети.

**Вывод.** Применение реляционного регулятора согласования в вычислительных когнитивных системах, призванных решать сложные задачи когнитивного управления процессом развития транспортной инфраструктуры, позволит повысить эффективность и качество производимых решений и перейти к построению более эффективных систем интеллектуального управления, а также устранить неопределенности процесса организации и развития городской среды.

#### *Список литературы*

1. Francis Heylighen. Cognitive Systems a cybernetic perspective on the new science of the mind. Lecture Notes 2014-2015 ECCO: Evolution, Complexity and Cognition - Vrije Universiteit Brussel. PP.175.
2. Beer, R. D. (2000). Dynamical approaches in cognitive science. Trends in Cognitive Neuroscience. 4(3). 91–99.
3. Anderson, D. & Michael, L. 2003: Embodied cognition: A field guide, Artificial Intelligence 149. PP. 91–130.
4. Wilson, Stephen (1988). "The Cognitive Computer: On Language, Learning, and Artificial Intelligence by Roger C. Schank, Peter Childers (review)". Leonardo. 21 (2): 210. ISSN 1530-9282. Retrieved 13 January 2017.
5. Von Eckardt, Barbara (1996). What is cognitive science? Massachusetts: MIT Press. pp. 45–72. ISBN 9780262720236.
6. Building Cognitive Applications with IBM Watson Services: Volume 1 Getting Started. An IBM Redbooks publication. Published 23 June 2017. Cover image. ISBN-10: 073844264X ISBN-13: 9780738442648. IBM.
7. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Афонин П.Н.. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей. Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4. С. 68–73.
8. Малыгин И.Г., Шаталова Н.В., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Михалев О.А. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Информация и Космос. 2018. № 1. С. 6–13.
9. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Комашинский В.И., Таранцев А.А., Шаталова Н.В., Григорьев В.А. Интеллектуальные системы упреждения причин дорожно-транспортных происшествий в мегаполисе. Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2017. Т. 2. С. 15–18.
10. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. О построении интеллектуальной системы организации и развития транспортной системы мегаполиса. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 2-3 (217-222). С. 139–161.
11. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Обзор показателей транспортной обеспеченности мегаполиса. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 237–247.

## **ВОЕННАЯ КОГНИТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА И ВОЕННЫЙ ТРАНСПОРТ**

*Михалев Олег Александрович – кандидат технических наук, начальник отдела научно-исследовательского центра*

*ФГКВОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного*

*Комиссаров Станислав Алексеевич – кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра*

*ФГКВОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного*

*Сыса Евгений Трофимович – кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра*

*ФГКВОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного*

*Ткачев Дмитрий Федорович – кандидат технических наук, заместитель начальника отдела научно-исследовательского центра*

*ФГКВОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного*

*Сорокин Константин Николаевич – старший научный сотрудник научно-исследовательского центра*

*ФГКВОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного, Санкт-Петербург, vas-nic@yandex.ru*

*Аннотация. В статье рассмотрена коэволюция технологий построения транспорта, систем связи и вооруженного противоборства. Введено понятие военной когнитивной информационно-телекоммуникационной системы и рассмотрена ее стратифицированная модель. Предложена многоуровневая архитектура когнитивного автономно-сетевого терминала.*

*Ключевые слова: Военная когнитивная информационно-телекоммуникационная система, когнитивный автономно-сетевой терминал, когнитивный цикл.*

## **MILITARY COGNITIVE INFORMATION-TELECOMMUNICATION SYSTEM AND MILITARY TRANSPORT**

*Mikhalev Oleg Al. – Candidate of technical sciences, head of the department of the research center*

*FGKVOU VO Military Academy of Telecommunications. Marshal of the Soviet Union S. Budyonny*

*Komissarov Stanislav Al. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Research Center*

*FGKVOU VO Military Academy of Telecommunications. Marshal of the Soviet Union S. Budyonny*

*Sysa Evgeny Tr. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Research Center. FGKVOU VO Military Academy of Telecommunications. Marshal of the Soviet Union S. Budyonny.*

*Tkachev Dmitry F. – Candidate of technical sciences, deputy head of the department of the research center*

*FGKVOU VO Military Academy of Telecommunications. Marshal of the Soviet Union S. Budyonny*

*Sorokin Konstantin N. – Senior Researcher of the Research Center*

**Abstract.** The article discusses the co-evolution of transport construction technologies, communication systems and armed confrontation. The concept of military cognitive information-telecommunication system is introduced and its stratified model is considered. A multi-level architecture of the cognitive autonomous network terminal is proposed.

**Keywords:** Military cognitive information-telecommunication system, cognitive autonomous-network terminal, cognitive cycle.

**Введение.** Анализируя траекторию развития технологий построения и применения вооружений и военной техники, не трудно не заметить положительную ее корреляцию с траекторией развития индустриальных и информационных технологий [1]. Это объясняется, прежде всего, постоянно возрастающей наукоемкостью вооружений и военной техники. Например, для перехода от гужевого транспорта (конницы) к железным дорогам (и бронепоездам), пароходам (и крейсерам на паровой тяге), потребовалось несколько тысяч лет научно-технического и технологического развития.

Переход от паровых двигателей к двигателям внутреннего сгорания и от них к автомобилям, самолетам, теплоходам (танкам, военной авиации и подводным лодкам) произошел гораздо быстрее (рис.1), что связано с ускорением научно-технического прогресса в области информационных, телекоммуникационных и индустриальных технологий, формированием новых, электронных методов получения, хранения, переноса и применения данных информации и знаний. Особенностью наступающей, постинформационной эпохи [2,3], является усиление акцента на получении знаний и разработке технологий их применения посредством специальных технических систем, получивших название искусственных технических когнитивных систем (применительно к военной сфере, эти технологии направлены на создание автономного и интеллектуального оружия).

Технологии построения вооружений и военной техники, всегда оказывали глубокое воздействие на стратегию и тактику его применения, а также на ход и исход вооруженного противоборства. Особенностью индустрии (в т.ч. военной) постинформационной эпохи (Industrie 4.0), является роботизация промышленности и переход к производству интеллектуализированных изделий (например, автономных автомобилей, самолетов, кораблей, подводных судов и т.д.).

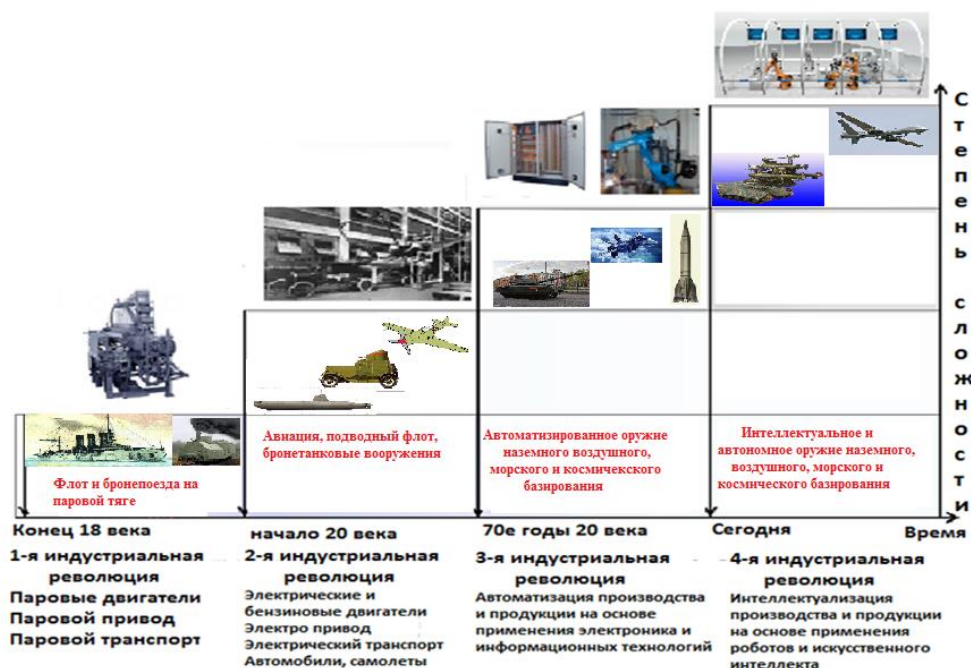


Рисунок 1 – Индустриальные революции и военные технологии

Реализация концепции новой, четвертой промышленной революции (Industrie 4.0) в военной сфере, ведет, с одной стороны к созданию промышленности с минимальным использованием рабочей силы (за счет ее роботизации), увеличению производительности заводов и фабрик, выпуску новых образцов интеллектуального оружия, а с другой стороны, открывает широкие возможности конверсии (реконверсии) промышленности в реальном масштабе времени на основе смены промышленного программного обеспечения [4]. В целом можно предположить, что в ближайшие годы вооружение ведущих, промышленно развитых стран мира будет существенно роботизировано. Широкое применение в вооруженном противоборстве найдут искусственный интеллект и новые военные когнитивные информационно-телекоммуникационные системы (ИТКС), предоставляющие участникам вооруженного противоборства (личному составу и умному оружию) необходимые для их эффективного применения данные, информацию и знания.

**Архитектура военной когнитивной информационно-телекоммуникационной системы.** Военная когнитивная информационно-телекоммуникационная система является ключевым элементом, интегрирующим другие военные подсистемы, обеспечивающим интеллектуализацию военного пространства и, в конечном итоге, оказывающим решающее влияние на ход и исход вооруженного противоборства. Стратифицированное представление военной когнитивной ИТКС показано на **Ошибка! Источник ссылки не найден.:**

- нижняя страта, отражает подсистему пользователей (включающую телекоммуникационные терминалы личного состава и роботизированной техники), а также встроенные (в обмундирование и военную технику) сети датчиков и исполнительных устройств, которые обеспечивают сбор данных (о военной технике, оружии, личном составе, состоянии своих войск и войск противника и т.д.) и реализацию управляющих воздействий;

- в страте телекоммуникационных подсистем отображены сетевые устройства, обеспечивающие качественное, полнопрофильное и надежное взаимодействие (обмена данными, информацией и знаниями) пользователей сети;

- страта информационной подсистемы отражает устройства и процессы, обеспечивающие сбор, хранение, обновление данных, их первичную переработку, представление данных и информации сетевым объектам;

- страта когнитивной подсистемы отражает функции глубокой структуризации данных и информации, преобразование их в знания (контекстные для различных пользователей, личного состава и военно-технических систем), их хранение, обновление и предоставление;

- страта прикладных процессов отражает процесс реализации различного рода прикладных процессов, использования сформированных знаний: анализ, принятие решений, формирование команд управления и т.д. [5-10]

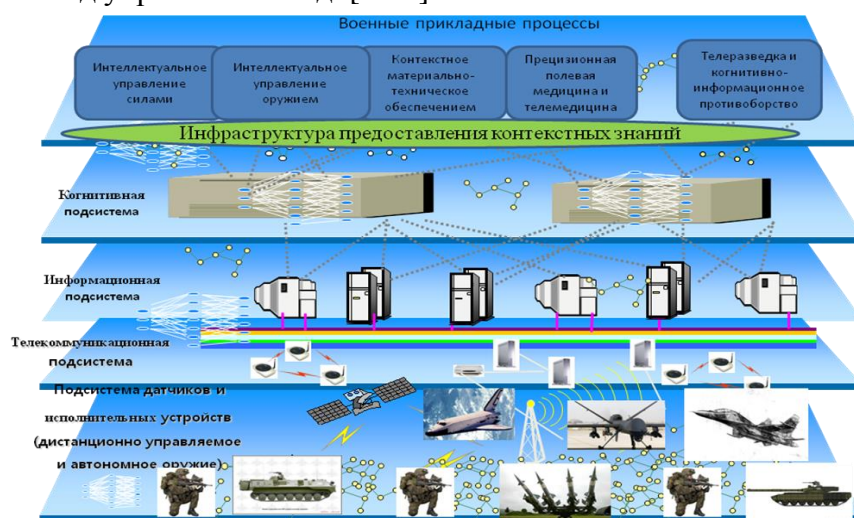


Рисунок 2 – Стратифицированное представление когнитивной инфотелекоммуникационной системы

Отличие от существующих ИТКС заключается в наличии интеллектуальной надстройки – когнитивной подсистемы, осуществляющей формирование знаний о системе и оперативно-техническое управление. Знания, в свою очередь, формируются в результате обработки сведений о состоянии системы, получаемых от агентов, встраиваемых в структурные элементы системы.

**Когнитивный цикл.** Модель когнитивной подсистемы в расширенном представлении отображена ниже (рис. 3, рисунок 1). Основой ее является непрерывный цикл из четырех последовательных процессов: наблюдением, ориентацией, решением, управляющим воздействием. При этом непрерывность цикла преследует цель постоянно совершенствовать параметры системы, исходя из внешних условий, собственного состояния, возможностей.

**Наблюдение** – процесс сбора необходимых для принятия решения данных об окружающей среде, состоянии управляемой подсистемы, цели.

**Формирование информации** – составление информационной контекстной картины о текущем состоянии внешней среды и целевого объекта.

**Формирование знаний** – формирование контекстных знаний о динамике и направлении изменения внешней среды и объекта, их поведении и соотношении с целевым состоянием объекта управления.

**Формирование решения** – проработка возможных способов воздействия на объект, выбор оптимального воздействия с учетом прогноза изменений внешней среды для перевода объекта управления в целевое состояние.

**Планирование действий** – разработка оптимального (лучшего) плана (последовательности воздействий на объект) выполнения сформированного решения. В нашем случае под объектом понимаем инфотелекоммуникационную подсистему.

**Исполнение действий** – осуществляется посредством выдачи команд на исполнительные устройства (сетевые исполнительные устройства, агенты управления) и внесением требуемых изменений в соответствии с разработанным и принятым планом управления.

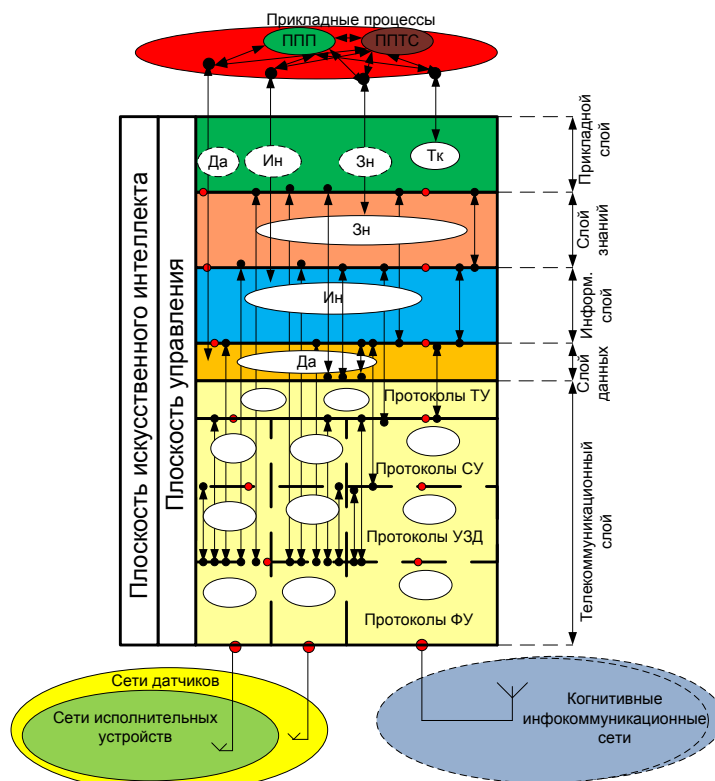


Рисунок 3 – Многоуровневая архитектура когнитивного автономно-сетевого терминала



Рисунок 1 – Кибернетическая модель когнитивной подсистемы

Когнитивную подсистему нельзя рассматривать в отрыве от взаимодействующих подсистем, поскольку вся информационно-телекоммуникационная подсистема пронизана агентами контроля и управления (данными, информацией, знаниями, системами принятия решений и т.д.), являющимися связующим звеном между управляющей и управляемой системами. Таким образом, когнитивный цикл анализа и управления, в контексте рассмотрения инфотелекоммуникационной системы, задействует в роли объекта управления подсистемы доступа (проводную и беспроводную) транспортную телекоммуникационную подсистему.

В когнитивном цикле транспортной подсистемы военного назначения могут быть выделены подциклы, охватывающие каждый элемент отдельно и объединяемые в цикл управления пространством боевых действий в целом (рис. 2).

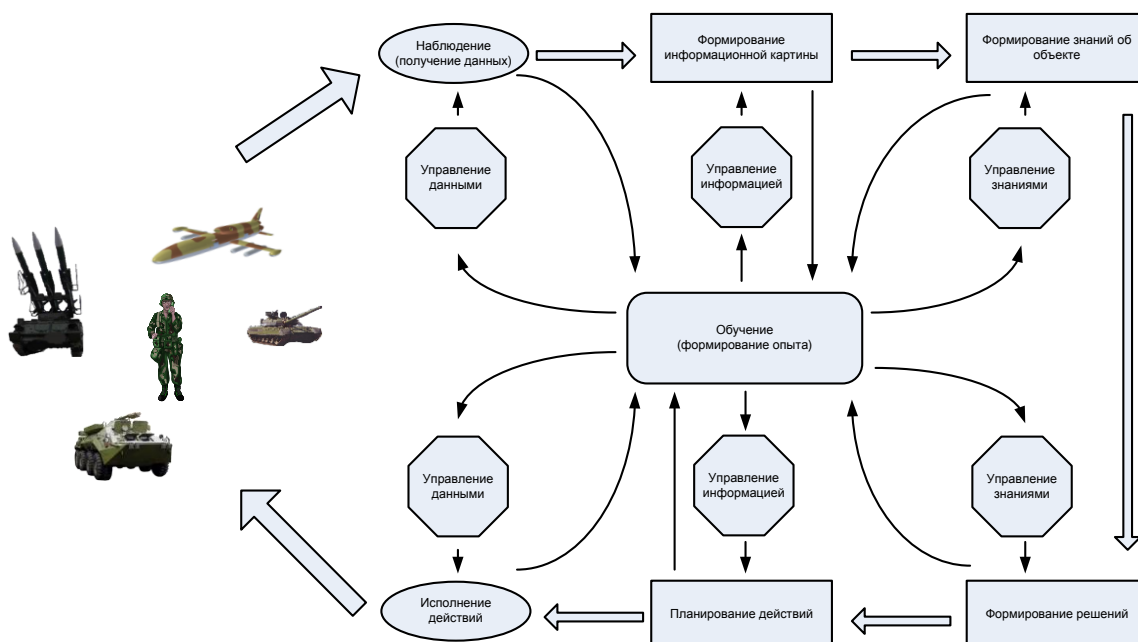


Рисунок 2 – Когнитивные циклы в пространстве боевых действий

Когнитивный цикл управления отдельного средства вооруженной борьбы начинается с сетей датчиков, охватывающих различные активные и пассивные элементы (оружия), а заканчивается исполнительными устройствами, оказывающими управляющие воздействия на активные элементы данного средства (оружия).

Циклы управления пространством боевых действий берут свое начало в сенсорных сетях датчиков, охватывающих основные активные и пассивные его элементы, и заканчиваются на исполнительных устройствах, оказывающих управляющее воздействие на активные элементы пространства боевых действий.



Рисунок 3 – Логическая архитектура когнитивной инфотелекоммуникационной системы

Бесконфликтность и эффективность взаимодействия различных элементов могут быть обеспечены благодаря использованию общего информационного интеллектуального пространства, опирающегося на полевые и стационарные сетевые облачные инфраструктуры.

С точки зрения интеграции интеллектуальной составляющей в современные (существующие) системы, стоит указать, что логическая многоуровневая архитектура когнитивной военной информационно-телекоммуникационной системы в части касающейся принципа построения открытых систем, соотносится с семиуровневой сетевой моделью с использованием которой могут быть отражены индивидуальные прикладные процессы (ИПП) пользователей (активных агентов), сетевые прикладные процессы (СПП) различных общих инфраструктурных элементов и облачные инфраструктуры, поддерживающие информационное и интеллектуальное пространства (рисунок 36).

Следовательно, для придания существующим системам вооружения, связи, навигации новых качеств или характеристик, достаточно обеспечить сопряжение или передачу управления комплексами интеллектуальной надстройке в соответствии с протоколами взаимодействия, тем более, что основой современных технических комплексов является в основной своей массе SRD платформа, позволяющая гибко менять характеристики технических комплексов (устройств) за счет внесения изменений в программный код.

**Выводы.** Исходя из общей тенденции дальнейшего развития (интеллектуализации) военной техники и вооружений следует, что основные перспективы развития связаны с расширенным применением в различных подсистемах управления пространством боевых действий элементов искусственного интеллекта, поддерживающих их информационной подсистемы и подсистемы предоставления знаний.

Расширение спектра применения интеллектуальных систем и их развитие связано с необходимостью компенсации ограниченности возможностей человека по обработке информации в условиях высокой динамики изменения обстановки при ведении боевых действий.

Решение задачи построения военной когнитивной инфокоммуникационной системы будет способствовать повышению интеллектуальной составляющей и ускорению процессов управления войсками и оружием, что особенно актуально в условиях ведения высокодинамичных боевых действий гибридного характера.

### Список литературы

1. Комашинский В.И., Осадчий А.И., Рогозинский Г.Г. Козволюция информационно-телекоммуникационных технологий и общества // Технологии и средства связи. 2012. № 3. С. 17–23.
2. Информационные технологии и искусственный интеллект — основные двигатели четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информационные технологии. 2016. Том 22. №12. С. 899–904.
3. Комашинский В.И., Комашинский Д.В. Когнитивная метафора в развитии телекоммуникационных и индустриальных сетевых инфраструктур, или первые шаги к постинформационной эпохе. Журнал «Технологии и средства связи». 2015. № 1. С. 62–67.
4. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Асаул А.Н., Четвертая индустриальная революция (INDUSTRIE 4,0) в транспортной и сопутствующих отраслях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. №2. С. 70–78.
5. Комашинский В.И., Мардер Н.С., Парамонов А.И. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе // Технологии и средства связи. 2011. № 4. С. 52–54.
6. Комашинский В.И., Соколов Н.А. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети. Вестник связи. 2011. №11. С.4–8.
7. Комашинский В. И., Смирнов Д. А., Нейронные сети и их применение в системах управления и связи, М.: Горячая линия - Телеком, 2003.
8. Комашинский В. И., Парамонов А.И., Саид М.А.С. Особенности проектирования и управления когнитивными беспроводными сетями связи // Вестник связи. 2012. № 11, №12.
9. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2017». СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 13–20.
10. Малыгин И.Г., Шаталова Н.В., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Михалев О.А. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Информация и Космос. 2018. № 1. С. 6–13.

УДК 681.518; 519.2

## О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ИСКУССТВЕННЫМИ НЕЙРОНАМИ

**Таранцев Александр Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, t\_\_54@mail.ru  
заведующий лабораторией проблем безопасности транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, t\_\_54@mail.ru

**Комашинский Владимир Ильич** – доктор технических наук, заместитель директора по научной работе  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, kama54@rambler.ru

**Маринов Марин Любенов** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем



ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, marinlomsky@gmail.com

**Потапенко Вячеслав Викторович** - кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры Пожарной безопасности Военного института (инженерно-технического)

Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва Министерства обороны РФ

191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, 22, vatt-spb@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен вопрос построения математических моделей логических схем в виде нейронов (перцептронов). Показано, что такие модели могут быть построены по результатам тестирования логических схем – по обучающим выборкам. Приведены соответствующие математические выражения и примеры перцептронов применительно к некоторым логическим схемам. Показана перспективная область применения метода.

Ключевые слова: системы управления, логические схемы, нейронные сети.

## ABOUT THE BENEFITS OF THE PRESENTATION LOGIC IN ARTIFICIAL NEURONS

*Tarancev Aleksandr AI – Doctor of Technical Sciences, Professor*

*St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospect, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences,*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Komashinsky Vladimir II. – Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Research of*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kama54@rambler.ru*

*Marinov Marin Lyubenov – PhD, Leading Researcher an employee of the laboratory of Vehicle Safety systems Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences,*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, marinlomsky@gmail.com*

*Potapenko Vyacheslav V. – Cand.Sci.Tech., head of the Department of Fire safety of Military Institute (engineering and technical)*

*Military Academy logistics support them. army General A.V.Khrulev of the Ministry of Defence of the Russian Federation*

*Zakharievskaya str., 22, St.Petersburg, 191123, Russian Federation, vatt-spb@mail.ru*

Abstract. The question of constructing mathematical models of logical schemes in the form of neurons (perceptrons) is considered. It is shown that such models can be constructed by results of testing of logical schemes – by training samples. The corresponding mathematical expressions and examples of perceptrons in relation to some logical schemes are given. The perspective area of application of the method is shown.

Keywords: control systems, logic circuits, neural networks.

**Введение.** Развитие современного общества предполагает широкое использованием математического моделирования реальных процессов, в т.ч. в транспортной отрасли [1], пожарной безопасности [2] и др. Значительное место при этом интеллектуализация, предусматривающая применение современных методов – математической логики [3] и нейросетевых технологий [4,5].

Особый интерес представляет возможность альтернативного описания логических схем нейросетевыми методами, используя в качестве обучающих выборок результаты тестирования логических схем [3]. Это может позволить, например, по-новому взглянуть на проблему устойчивости выходного сигнала логической схемы к ошибочным, зашумлённым или сбойным значениям некоторых входных сигналов [6].

**Пороговая логика.** Пороговый элемент может представлять собой персептрон [4,5] как символьное представление нейрона, являющийся основой нейросетевых методов [5]. Персептрон представляет  $m$ -входной пороговый элемент, выход  $y$  которого представляет собой двоичный сигнал вида “0-1”, получаемый путём суммирования весовых функций (весов) входных воздействий  $x_1, \dots, x_m$  с последующим преобразованием пороговой функцией  $\Pi(y_{\Pi})$  в двоичный сигнал  $y$  – рисунок 1.

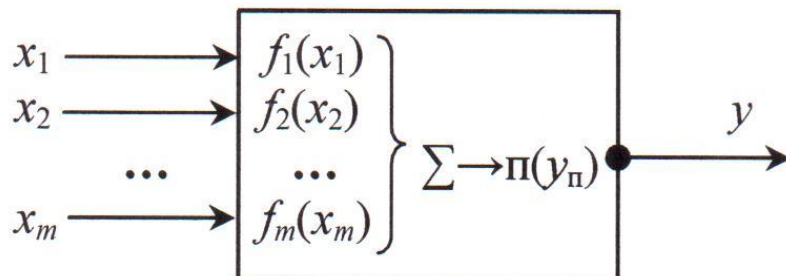


Рисунок 1 – Обобщенное представление персептрона ( $\{f_i(x_i)\}$  – весовые функции входных воздействий)

В классической литературе [4, 5] функции  $\{f_i(x_i)\}$  представляют собой весовые коэффициенты  $\{w\}$ , а пороговая функция  $\Pi(y_{\Pi})$  осуществляет преобразование суммы

$$y_{\text{выч}} = \sum_{i=1}^m f_i(x_i) \quad (1)$$

в бинарный выход  $y$  путем преобразования, например (рис.2):

$$y = \begin{cases} 0 & \text{при } y_{\text{выч}} < y_{\Pi}; \\ 1 & \text{при } y_{\text{выч}} \geq y_{\Pi}; \end{cases} \quad (2)$$

где  $y_{\Pi}$  – пороговая величина.

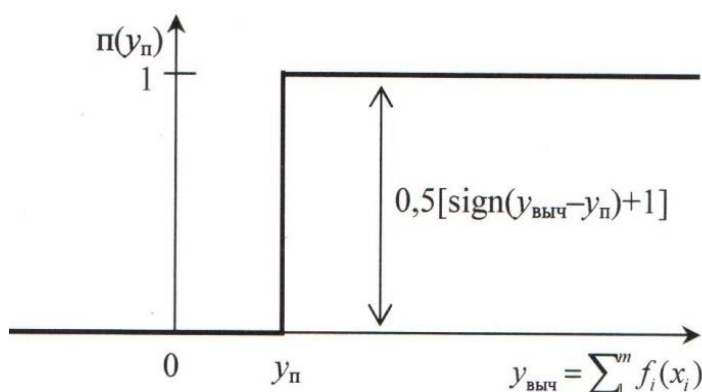


Рисунок 2 – Ступенчатая пороговая функция

В качестве функций  $\{f_i(x_i)\}$  могут как простые веса

$$f_i(x_i) = w_i x_i, i \in [1, m], \quad (3)$$

так и более сложные функции:

$$f_i(x_i) = w_{1i}x_i + w_{2i}(1 - x_i) = k_{1i} + k_{2i}x_i, i \in [1, m]. \quad (4)$$

В качестве дополнительных входных воздействий могут использоваться и сочетания известных  $x_1, \dots, x_m$ , например:  $x_{m+1} = x_1x_2$ ,  $x_{m+2} = x_1x_3$  и т.п.

Нетрудно увидеть, что персептрон является некоторым аналогом известных логических схем [3], на вход которых подаются воздействия  $x_1, \dots, x_m$  в двоичном виде “0-1”, а выход  $y$  – также в двоичном виде “0-1”. Например, для  $m=2$  и  $m=3$  соответственно:

$$X_{m=2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}; Y_{m=2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; X_{m=3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}; Y_{m=3} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Применительно к персептронам матрицы  $X$  векторы  $Y$  могут рассматриваться как обучающие выборки, на основе которых определяются весовые функции  $\{f_i(x_i)\}$ . Для решения задачи нахождения  $\{f_i(x_i)\}$  была разработана компьютерная программа *porog.exe*, использующие метод Монте-Карло [7].

**Примеры построения персептронов.** В качестве примера построения персептронов как аналогов логических схем были взяты обучающие выборки на основе трехвходовых ( $m=3$ ) логических схем [3]:

$$X_{m=3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}; Y_a = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; Y_b = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; Y_c = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; Y_d = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; Y_e = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; Y_{ж} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

С использованием программы *porog.exe* были построены персептроны с простой функцией (3) или (4) при  $w_{2i}=0$  (рис.3). Для некоторых персептронов потребовались двух-компонентные функции (4) (рис.4).

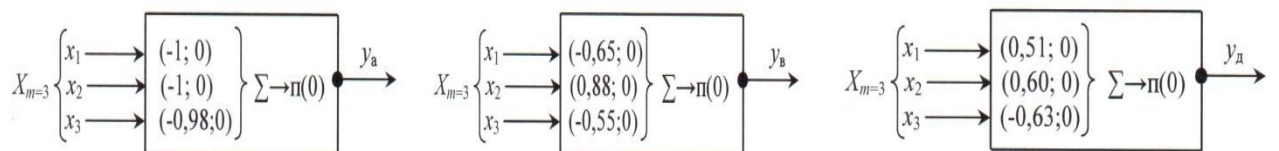


Рисунок 3 – Персептроны с простой функцией преобразования (3). В скобках первый член –  $w_{1i}$ , второй член – нулевая величина  $w_{2i}$

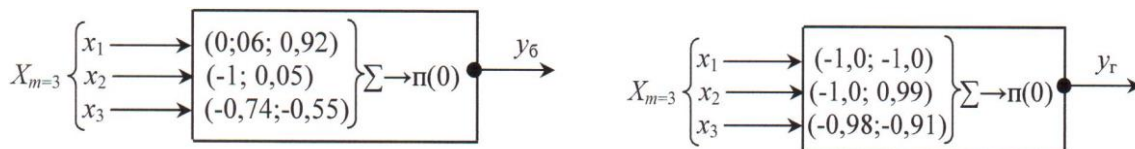


Рисунок 4 – Персептроны с двухкомпонентной функцией преобразования (4). В скобках первый член –  $w_{1i}$ , второй член –  $w_{2i}$

А для вариантов «е» и «ж», чтобы полностью «обучить» персептроны, потребовалось использовать дополнительные условные входы в виде комбинаций исходных входов  $x_1, x_2, x_3$  (рис.5).

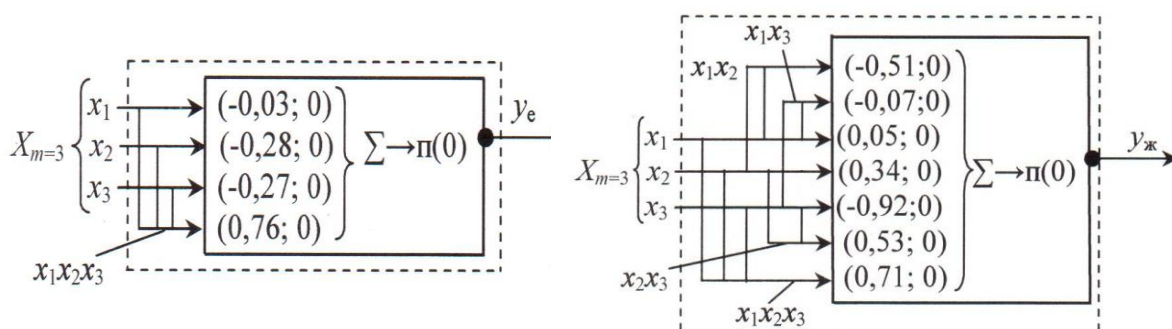


Рисунок 5 – Персептроны с использованием дополнительных входов в виде комбинаций исходных входов  $x_1, x_2, x_3$

Таким образом, показана возможность построения нейросетевых логических схем. Отличительной особенностью нейросетевой реализации логических схем является возможность управления их надежностью (на основе изменения количества применяемых искусственных нейронов) а также возможностями формирования новых типов человеко-машинных интерфейсов. Представленный метод описания логических схем искусственными нейронами (персептронами) может использоваться в различных областях – от транспорта и средств пожарной автоматики до моделирования функций человека-оператора [9].

#### Список литературы

1. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок. Учебное пособие для ВУЗов. М.: Высшая школа. 1980. 535 с.
2. СП 5 13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изменениями).
3. Коваленко С.И. Решение задач математической логики с использованием элементарной алгебры. М.: Физматли. 2004. 80 с.
4. Дертоузос М. Пороговая логика. М.: Мир. 1967. 343 с.
5. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. М.: Горячая линия – Телеком. 2003. 94 с.
6. Таранцев А.А., Груданова О.В., Погорельская К.В., Яркин В.В. Об оценке помехоустойчивости логических схем // Вестник СПбИ ГПС МЧС России. 2005. №2(9).
7. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука. 1985.
8. Таранцев А.А. Регрессионный анализ и планирование испытаний в задачах принятия решений / Монография. СПб.: ИПТ РАН. 2017. 174 с.
9. Маринов М. Л. Человеческий фактор – особенности решения проблемы / научная монография. Saarbrucken. Germany изд. Palmarium - Lambert Academic Publishing. 2014. 178 с.

## КОГНИТИВНЫЕ НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ

*Лукомская Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук  
199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, luol@mail.ru*

*Аннотация. В работе уточнены функции когнитивности как свойства человеческого разума и приведены в соответствие с когнитивными аспектами функционирования транспортных систем и технологий.*

*Рассматривается аппарат когнитивных технологий – нейросетевые системы управления, выполненные на основе обучаемых многослойных нейронных сетей прямого действия в классе адаптивных систем управления динамическими объектами. Уточняется возможность и варианты их включения в контур управления транспортной системой: управление движением транспортных и пассажирских потоков, в том числе управление движением беспилотных транспортных объектов.*

*В задачах совершенствования транспортной инфраструктуры (проект Smart City) существует проблема управления функционированием транспортных узлов, в том числе регулированием светофоров, которая может быть так же решена использованием нейросетевой системы управления.*

*Ключевые слова: транспорт, управление, когнитивность, адаптивные системы управления, нейронная сеть, транспортные потоки, Smart City, транспортные узлы, светофорное регулирование.*

## COGNITIVE NEURO NETWORK TECHNOLOGIES IN TASKS OF CONTROL OF TRANSPORT SYSTEM

*Lukomskaya Olga Yu. – Ph.D., Associate Professor, Leading Researcher of laboratory of intelligent transport systems*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, luol@iptran.ru*

*Abstract. The functions of cognition as properties of the human mind are refined and brought into line with the cognitive aspects of the functioning of transport systems and technologies.*

*The consider the mathematical apparatus of cognitive technologies – neural network control systems, based on trained multi-layer neural networks of direct action in the class of adaptive control systems for dynamic objects. The possibility and variants of their inclusion in the control system of the transport system are clarified: traffic control of transport and passenger flows, including traffic control of unmanned transport objects.*

*In the tasks of improving the transport infrastructure (the Smart City project), there is the problem of managing the functioning of transport nodes, including the regulation of traffic lights, which can also be solved using a neural network management system.*

*Keywords: transport, control, cognition, adaptive control systems, neural network, traffic flows, Smart City, transport nodes, traffic light regulation.*

Проблема управления транспортными системами на современном этапе развития человеческой деятельности предполагает внедрение новых и достаточно наукоемких технологий, например, когнитивных транспортных технологий.

**Когнитивность (познание)** – это действие, относящееся к умственному процессу, посредством которого внешние и внутренние нервные процессы преобразуются, развиваются, сохраняются, восстанавливаются и используются. Таким образом, когнитивность включает в себя множество функций, таких как восприятие, внимание, кодирование памяти, сохранение и отзыв, принятие решений, рассуждение, решение проблем, формирование изображений, планирование и выполнение действий [1,2]. Соотнесем функции человеческого разума и функциональные возможности транспортных систем и технологий, заложенные на стадии проектирования когнитивных транспортных систем и технологий (КТСТ) и сформированные на основе решаемых задач (табл. 1).

Таблица 1 – Функции когнитивности в транспортных системах и технологиях

| № п/п | Функции человеческого разума (когнитивности) | Функции когнитивности в транспортных технологиях   |
|-------|--|--|
| 1.    | восприятие                                   | получение информации (данных) от датчиков и сенсоров   |
| 2.    | внимание                                     | анализ входной информации (организация данных от сенсоров)   |
| 3.    | запоминание                                  | кодирование и структурирование информации (семантическая обработка организованных данных)  |
| 4.    | сохранение                                   | структурирование и запись данных   |
| 5.    | отзыв  | отклик (реакция) системы на входное воздействие (в форме диалога, звуковых и видео-оповещений)   |
| 6.    | принятие решений                             | выработка принятия решения (формирование знаний, необходимых для принятия решений)   |
| 7.    | рассуждение                                  | контекстная обработка информации по запросу  |
| 8.    | решение проблем                              | формирование и выдача вектора управляющих воздействий, направленных на реализацию изменений состояния исполнительных механизмов и устройств                |
| 9.    | формирование изображений                     | передача и обработка видеосигналов для информационного обмена  |
| 10.   | планирование                                 | планирование (формирование расписаний, построение согласованного режима работы системы)  |
| 11.   | выполнение действий                          | управление действиями исполнительных устройств, осуществляющих перевод физической среды в требуемое состояние на основании вектора управляющих воздействий |

Основные математические аппараты и их свойства, применяемые при проектировании и моделировании систем управления в КТСТ [3 – 6]:

1) искусственные нейронные сети (ИНС), прототипом которых является нервная система живого существа, а элементом – базовый процессорный элемент (БПЭ) – аналог биологического нейрона, имитирующий наиболее важные элементарные функции человеческого разума, биологического нейрона (табл. 1). Основное, используемое в управлении свойство ИНС, – обучение, кроме этого, идут сигналы прямого распространения, универсальные аппроксимационные свойства, адаптивные свойства структур управления с ИНС и способность к параллельной обработке аналоговых и дискретных сигналов для многомерных объектов [3 – 5];

2) искусственный интеллект, имеющий возможность формировать новые правила и отношения, реализующие процесс принятия решения;

3) самоорганизация, использующая принцип развития организации системы под действием внутренних причин и механизмов адаптации к условиям окружающей среды.

Многослойные нейронные сети (МНС) или многослойные перцептроны выполняют в динамической системе управления функцию адаптивного регулятора. На входе исполни-

тельного устройства системы при целевой функции  $Z = \min$ , МНС в процессе обучения формирует оптимальное управляющее воздействие (цель обучения и цель управления объектом совпадают, т.е. происходит задание одной общей  $Z$ ). Однако, функционирование сети может проходить в 2 этапа и, соответственно, целевые функционалы обучения сети и управления объектом могут отличаться друг от друга: 1) предварительное обучение сети соответствует оптимальному закону управления, вычисленному на основе теории в соответствии с заданным функционалом обучения; 2) воспроизведение оптимальной управляющей функции на выходе сети или на входе исполнительного устройства при включении сети в реальную систему [3, 4, 5].

МНС в динамических системах управления выполняют функцию адаптивных регуляторов, идентификаторов состояния и оптимизаторов и называются нейросетевые системы управления [5].

Искусственный нейрон реализует на выходе  $q$  отображение  $\mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^1$ :

$$q = f \left( \sum_{j=1}^n w_j r_j + w_0 r_0 \right), \quad (1)$$

где  $r_0, r_1, \dots, r_j$  – входные параметры;  $w_0, w_1, \dots, w_j$  – весовые коэффициенты синаптических связей нейронов. Для инициализации сети вводят входной параметр  $r_0$ ,  $w_0$  – коэффициент связи, которые, как и другие  $w_j$  настраиваются в процессе обучения; «функция активации»  $f(\cdot)$  – монотонная, непрерывно дифференцируемая на  $(-1, 1)$  или  $(0, 1)$ , наиболее употребительны, в том числе бинарные функции различного определения (табл.2).

Таблица 2 – Типы функции активации в МНС

| № п/п | Название функции          | $f(x)$  | $f'(x)$                        |
|-------|---------------------------|---|--------------------------------|
| 1.    | экспоненциальная          | $f(x) = \exp(-x^2/\sigma), \quad \sigma = \text{const}$ |                                |
| 2.    | гиперболического тангенса | $f(x) = \text{th}(x) = (e^x - e^{-x}) / (e^x + e^{-x})$ | $f'(x) = (1 + f(x))(1 - f(x))$ |
| 3.    | сигмоидная                | $f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$                               | $f'(x) = f(x)(1 - f(x))$       |

*Параметры МНС:* – вектор входных параметров (сигнал  $\mathbf{r}$ ); – матрицы весовых коэффициентов; – функция активации (одинаковая для всех БПЭ); –  $l = \overline{1, K}$  – текущий слой, где  $K$  – всего число слоев в сети; –  $n_0$  – число входов сети; –  $n_i, \quad i = \overline{1, K-1}$ , – число БПЭ в  $i$ -х «скрытых» или промежуточных слоях; –  $n_K$  – число выходов  $q_1, \dots, q_{n_K}$  сети; –  $\mathbf{u} = \mathbf{q}^{(K)}$  – вектор выходных сигналов.

Запишем (1) в векторной форме для  $l$ -го слоя:

$$\mathbf{q}^{(l)} = \mathbf{f}(\mathbf{W}_1^{(l)} \mathbf{q}^{(l-1)} + \mathbf{w}_0^{(l)} \cdot \mathbf{1}) \quad (2)$$

Связь входных и выходных сигналов  $\mathbf{u} = \mathbf{q}^{(K)}$  определяет матрица весовых коэффициентов БПЭ  $l$ -го слоя (из (1) и (2)):

$$\mathbf{W}^{(l)} = [\mathbf{w}_0^{(l)} : \mathbf{W}_1^{(l)}], \quad \mathbf{q}^{(l)} = \mathbf{f}^{(l)} \mathbf{q}^{(l-1)}, \quad l = \overline{1, K}.$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{q}^{(K)} = \mathbf{f}^{(K)}\left(\mathbf{w}_0^{(K)} + \mathbf{W}_1^{(K)}\mathbf{f}^{(K-1)}\left(\mathbf{w}_0^{(K-1)} + \mathbf{W}_1^{(K-1)}\mathbf{f}^{(K-2)}\left(\dots\mathbf{w}_0^{(l)} + \mathbf{W}_1^{(l)}\mathbf{f}^{(l-1)}\dots\right)\right)\right) \quad (3)$$

$$\left(\dots\mathbf{w}_0^{(2)} + \mathbf{W}_1^{(2)}\mathbf{f}^{(1)}\left(\mathbf{w}_0^{(1)} + \mathbf{w}_1^{(1)}\mathbf{q}^{(0)}\dots\right)\dots\right) = \mathbf{F}(\mathbf{r})$$

Классификация МНС по архитектурным параметрам приведена на рисунке 1.

В рамках адаптивного управления МНС используется как аппроксиматор функций многих переменных (как регрессоры с сигмоидной функцией активации с передаточной функцией). Особенности регрессоров зависят от способа включения в схему управления (см. табл. 3).

Математическая модель объекта управления записывается в виде уравнений состояния, описывающих динамическую систему в канонической форме Коши для адаптивного управления:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x(t), \Theta(t), u(t)), & \dot{x} = f(x(t), \Theta(t), u(t)) + g(x(t), u(t)) \\ y = g(x(t), u(t)) \end{cases} \quad (4)$$

где  $\mathbf{x}$  – вектор переменных состояния;  $\mathbf{u}$  – вектор управляющих воздействий  $\Theta \in \Omega_\Theta \in R^d$  – вектор неизвестных воздействий среды.

Известный гибрид МНС – *Neuro-fuzzy control system* – МНС, использующая механизмы вывода нечеткой логики (*fuzzy*-правила: ЕСЛИ ...ТО) в задачах управления (или иначе, обучение МНС данными, которые производит *fuzzy*-система). Структурно выделяют слои: «фазификация» – «*fuzzy*-правила» – «дефазификация» [3]. Практическая реализация изложена во многих работах, в том числе в [6].

В задачах совершенствования транспортной инфраструктуры (проект Smart Sity) проблема управления функционированием транспортных узлов, в том числе регулированием светофоров [7], решается использованием нейросетевой системы управления. Например, в работах [8, 9] приведены результаты проектирования МНС для городской системы регулирования светофорами, предварительно сформированы: матрица смежности графа дорожной сети, матрица пропускных способностей участков дорог, матрица распределения потоков, вектор управляющих воздействий (фаз светофора), матрица конфигураций (матрица смежности неполного графа), матрица управления транспортными средствами на перекрестке, матрица переключений фаз светофоров.

Моделирование МНС удобно проводить в различных математических ПО, в том числе в Matlab 6.5 версии и выше, с использованием пакетов функций Neural Networks Toolbox и структурного пакета Simulink.

Внедрение когнитивных технологий в городскую транспортную систему происходит во всем мире, начиная с 70-х гг. – «умные светофоры», «чувствительные» к трафику (traffic responsive), SCOOT (Split, Cycle and Offset Optimization Technique) и SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) в 3-ем поколении алгоритм совмещает преимущества фиксированных планов координации для дорожной сети и адаптивного управления, , ОПАС (Optimized Policies for Adaptive Control) – полностью адаптивные алгоритмы управления (traffic adaptive), и RHODES, разрабатываемый Аризонским университетом. Сейчас разница в эффективности управления между адаптивными и «чувствительными» системами практически стерлась вследствие внедрения аппарата МНС и гибридных вариантов [10].

«В рамках создания проекта Smart Sity российский разработчик систем искусственного интеллекта для беспилотных транспортных средств "Когнитивные технологии" (Cognitive Technologies) впервые представил на международной выставке электроники и робототехники CES в Лас-Вегасе технологию понимания дорожной ситуации Cognitive smart situation capture, которая позволяет не только детектировать объекты дорожной сцены, но и делать точный прогноз развития дорожной ситуации для всех участников дорожной сцены, формировать сценарии безопасного движения, в том числе и в критических дорожных ситуациях» [11].



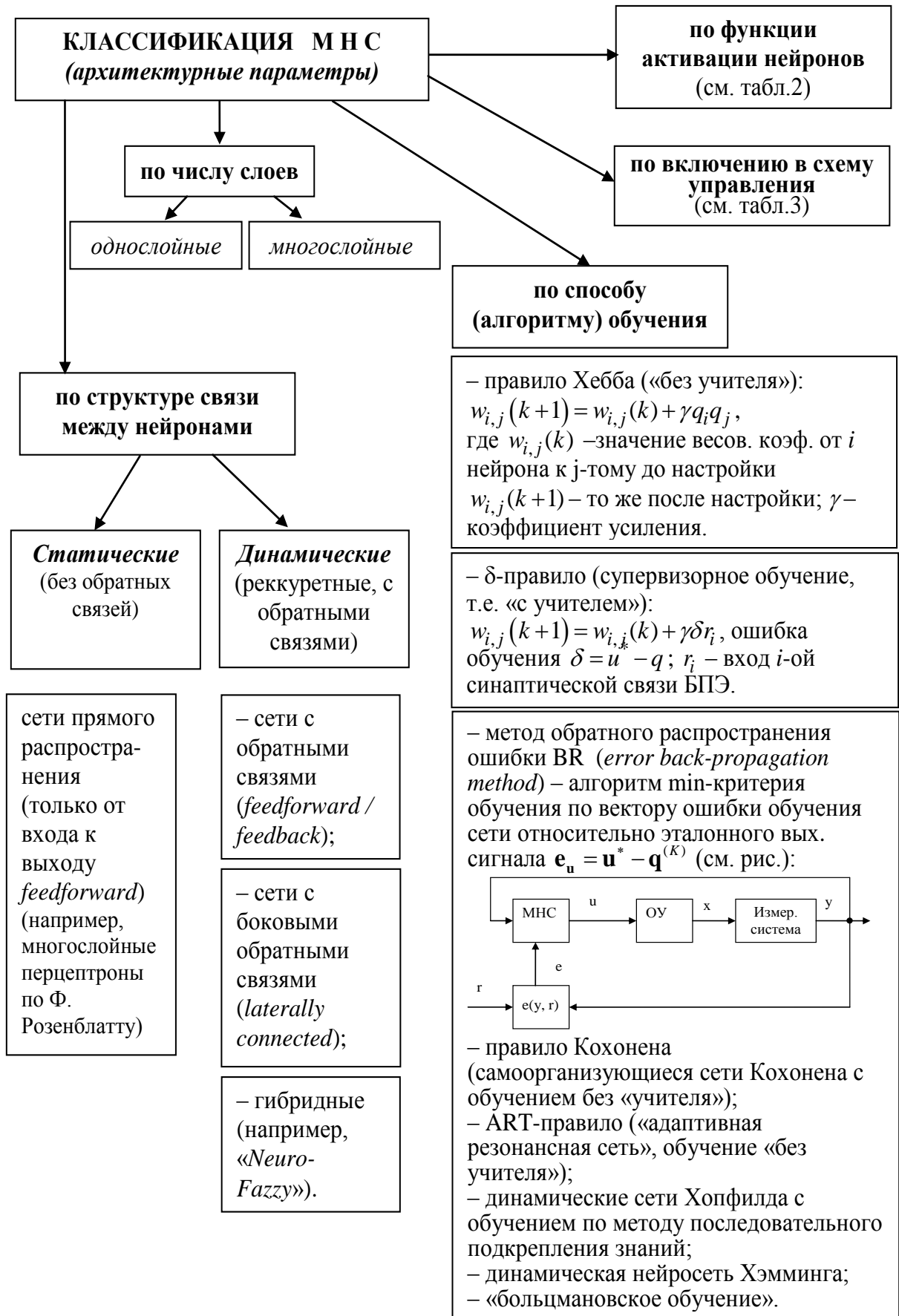
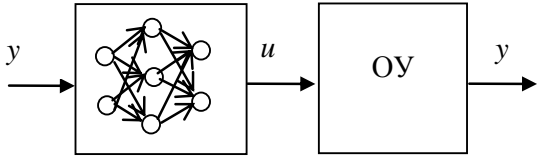
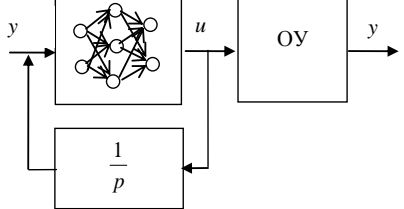
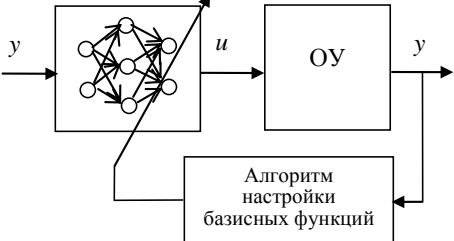
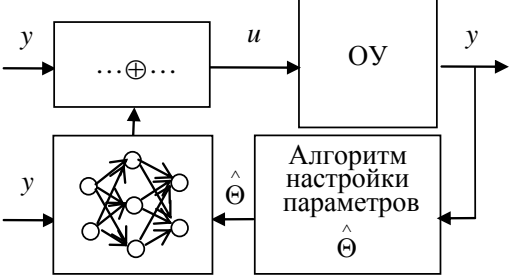


Рисунок 1 – Классификация МНС

Таблица 3 – Способы включения МНС в схему управления

| № п/п | Описание способа включения МНС как регрессора   | Схема включения   |
|-------|---|---|
| 1.    | Нейросетевое управление с обучением в режиме off-line   |   |
| 2.    | Нейросетевое управление с обучением в режиме off-line с рекурсией                                       |   |
| 3.    | Нейросетевое управление с обучением в режиме on-line  |   |
| 4.    | Нейросетевой адаптивный регулятор с аппроксимацией модели влияния неопределенности на целевые ориентиры |  |

Разработчики предполагают использование МНС, в случае, когда прогнозируемая ситуация совпадает с реальной, то эти данные могут быть направлены на вход нейронной сети, которая на правильных прогнозах будет самообучаться в процессе движения авторобота, что повысит точность прогнозирования дорожных ситуаций» и, в комбинации с технологией Cognitive low level data fusion, позволяющей одновременно обрабатывать на нижнем уровне данные с различных сенсоров (камер, радаров и т.д.), внедрение МНС позволяет повысить безопасность движения до 30% [11].

В заключении о новом виде когнитивных технологий, *искусственной иммунной системе (ИИС)* – адаптивной вычислительной системе, использующей модели, принципы, механизмы и функции, описанные в теоретической иммунологии, которые применяются для решения прикладных задач (например, обеспечение компьютерной безопасности; обнаружение аномалий во временных рядах данных; распознавание образов; многомерная многоэкстремальная оптимизация). Понятие ИИС было определено в начале текущего тысячелетия учеными де Кастро и Тиммисом как адаптивной системы. В качестве описания взаимодействия компонентов системы (антител) используются меры аффинности, а в качестве механизмов адаптации – иммунные алгоритмы. Чтобы построить такую систему, необходимо знать область применения или целевую функцию.

Список литературы

1. Малыгин И. Г., Комашинский В. И., Катцын Д. В. Некоторые проблемы построения когнитивных транспортных систем и сетей. В сборнике: Транспорт России: проблемы и перспективы - 2015. Материалы Юбилейной Международной научно-практической конфе-

ренции. 2015. С. 3–8.

2. Малыгин И.Г., Шаталова Н.В., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Михалев О.А. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Информатика и Космос. 2018. № 1. С. 6–13.

3. Современная прикладная теория управления: Новые классы регуляторов технических систем/ Под ред. А.А. Колесникова. Таганрог: Изд-во ТРТУ. 2000. Ч.III. 656 с.

4. Антонов В. Н., Терехов В. А., Тюкин И. Ю. Адаптивное управление в технических системах: учеб. пособие. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 2001. 244 с.

5. Тюкин И. Ю., Терехов В. А. Адаптация в нелинейных динамических системах. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 384 с. (Синергетика: от прошлого к будущему.)

6. Розенберг И. Н. Когнитивное управление транспортом. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/kognitivnoe-upravlenie-transportom> (дата обращения: 10.04.2018).

7. Береговой А. В., Лукомская О. Ю. Технические средства обеспечения безопасности на пешеходных переходах. Транспорт Российской Федерации. 2012. № 3–4 (40–41). С. 52–55.

8. Тимофеева О.П., Малышева Е.М., Соколова Ю.В. Проектирование интеллектуальной системы управления светофорами на основе нейронной сети // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=16496> (дата обращения: 12.04.2018).

9. Казарян Д. Э., Михалев В. А., Софронова Е. А. Нейросетевые подходы к управлению потоками транспорта// Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2017. Т.18. № 1. С.97–106.

10. АСУДД: Эволюция «умных» светофоров. Анализ и проектирование систем. URL: <https://habrahabr.ru/post/125282/> (дата обращения: 22.04.2018).

11. URL: <http://www.comnews.ru/digital-economy/content/111287/news/2018-01-16/cognitive-technologies-obyasnil-dorozhnyu-obstanovku#ixzz5B84pe6dD> (дата обращения: 22.04.2018).

УДК 004.056.5

## **ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО АЭРОПОРТА**

*Далингер Яков Михайлович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Прикладная математика и информатика»*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, iakovdalinge@gmail.com*

*Аннотация. Создание системы информационного взаимодействия аэропорта с применением сетевых технологий, и информационное взаимодействие процессов через узлы компьютерной сети, приводит к появлению проблемы защиты от распространения вредоносного программного обеспечения в компьютерной сети при информационном взаимодействии. В работе выявлены особенности распространения вирусной эпидемии в узлах подобной системы и предложено решение задачи обеспечения защиты от воздействия вредоносного программного обеспечения.*

*Ключевые слова: информационное взаимодействие, компьютерный вирус, узел компьютерной сети, иерархическая структура.*

# PROTECTION AGAINST IMPACT OF THE MALICIOUS SOFTWARE OF THE SYSTEM OF INFORMATION INTERACTION FOR A REGIONAL AIRPORT

*Dalinger Iakov M. – Ph.D., Head of the Department of Applied Mathematics and Informatics*

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation*

*38, street of Pilots, Saint-Petersburg, 196210, Russian Federation, kgvf@inbox.ru*

*Abstract. Development of the information interaction system of the airport with the use of network technologies, and information interaction of processes through the nodes of the computer network, faces a problem of protection from the spread of malicious software in the computer network during the information interaction. Features of the spread of the virus epidemic in the nodes of a similar system and proposed to solve the problem of providing protection from the effects of malicious software are identified in this paper.*

*Keywords: information interaction, computer virus, computer network node, hierarchical structure.*

Региональные аэропорты могут значительно различаться по количеству обслуживаемых авиарейсов, величине пассажиро- и грузопотока, количеству производственных объектов, объему транзитных перевозок, оснащенности средствами телекоммуникации и вычислительными ресурсами. Все это учитывается при выработке решений по организации системы информационного взаимодействия аэропорта.

Система информационного взаимодействия в общем случае имеет иерархическую структуру. При этом интегрированные информационные ресурсы целесообразно разбить на группы, каждая из которых может соответствовать либо производственному процессу, либо технологической операции. Это позволяет более удобно оперировать с ресурсами, относящимися к указанным объектам производственного процесса аэропорта, соответствующим технологическим операциям или производственным процессам [1,2].

Создание подобной системы с применением сетевых технологий, и информационное взаимодействие процессов через узлы компьютерной сети, приводит к появлению проблемы защиты от распространения вредоносного программного обеспечения в компьютерной сети при информационном взаимодействии. Суть проблемы заключается в необходимости учета и оценки динамики заражения узлов сети и, соответственно, данных и программного обеспечения, проникшими в сеть с различных узлов вирусами. Важность оценки скорости распространения вирусной эпидемии в производственной сети определяется высокой степенью влияния числа зараженных узлов на функционирование производственных процессов, ориентированных на обработку получаемой информации.

В большинстве известных моделей используется предположение о том, что структура сети не влияет на динамику распространения эпидемии, поскольку вероятности контактов между узлами сети равны для всех узлов. Однако, для производственных сетей, данное предположение не выполняется, что обусловлено спецификой информационного взаимодействия производственных процессов, которое определяется заданным производственным циклом. Реально узлы системы информационного взаимодействия аэропорта контактируют только с относительно небольшим количеством других узлов в соответствии с установленными правилами взаимодействия производственных процессов, связанных с узлами сети. Поэтому распространение вирусов идет по-разному в сетях с различными структурами и архитектурами [3, 4].

В связи с этим целесообразно проведение исследований, учитывающих влияние структуры сети на распространение компьютерных вирусов.

Для моделирования развития эпидемии компьютерных вирусов в компьютерной сети требуется информация о структуре сети, так как она определяет, доступность узлов для заражения от зараженных узлов и используется различными видами сетевых червей. Например, сканирующие черви получают информацию о структуре сети с помощью перебора воз-

можных адресов, топологические черви с помощью поиска списка целей на зараженном узле. На практике для распространения червей каждому зараженному узлу достаточно информации о непосредственно доступных для заражения узлах, но для моделирования сетевых эпидемий необходима информация о связях всех узлов.

Распространенной математической моделью структуры вычислительной сети является граф  $G = (V, E)$ , где  $V$  – множество вершин (узлов сети), а  $E$  – множество ребер (связей между узлами сети).

Для построения графа в большинстве случаев достаточно обладать информацией о физическом соединении узлов сети, однако, часто между узлами сети устанавливаются логические связи, определяемые особенностью информационного взаимодействия производственных процессов, которые определяют логическую структуру сети. В результате, для сети с одной физической структурой может существовать сеть с другой логической структурой.

Построение графов сетей на основе информации о непосредственных физических соединениях узлов не всегда позволяет построить достаточно точную модель, так как для некоторых компьютерных вирусов непосредственно доступными могут являться взаимодействующие узлы, не имеющие прямого соединения. Например, для сканирующих червей узлы доступны непосредственно по своему IP-адресу.

Связи между узлами определяются и спецификой взаимодействия узлов производственной сети на различных уровнях стека протоколов TCP/IP: на физическом уровне граф задается физическими связями между узлами, на сетевом уровне узлы считаются связанными, если между ними возможно установить соединение по протоколу IP, на уровне приложений наличием связи между узлами считается возможность сделать HTTP-запрос и граф сети является ориентированным.

При формировании графа структуры важное значение имеет вид топологических червей. Почтовые черви распространяются, используя адресные книги (список адресов, по которым и рассылаются зараженные письма) и информация о физической структуре сети не имеет значения, так как путь, который проходит зараженное электронное сообщение по каналам связи не оказывает влияния на распространение червя потому, что для заражения необходимо открытие письма.

Таким образом, можно составить отдельные графы сети для каждого способа распространения, учитывая особенности этого способа распространения и уровень используемого протокола.

Поскольку для заражения узла достаточно, чтобы он был доступен с уже зараженного, вид графа, используемого для моделирования эпидемии, напрямую зависит от перечисленных выше факторов. Поэтому далее целесообразно учитывать виртуальные каналы связи между вершинами графа, соответствующими компьютерам (узлам) реальной сети.

Пусть локальная сеть, состоит из  $N$  узлов. Каждый узел может находиться в одном из двух состояний – незараженный или зараженный. Сеть представляется в виде графа, множество узлов  $V$  которого составляют компьютеры, а множество ребер  $E$  – виртуальные каналы связи между ними, по которым могут распространяться вирусы. Здесь под термином узел сети понимается виртуальный компьютер, соответствующий либо реальному компьютеру, либо виртуальной вычислительной среде, создаваемой для исполнения производственных процессов, размещаемой в одном компьютере. Поэтому одному реальному компьютеру может соответствовать несколько узлов сети и, соответственно, графа сети.

Вес связи  $w_{ij}$  ( $0 \leq w_{ij} < 1$ ) это вероятность перехода вируса по виртуальному каналу связи между узлами  $i$  и  $j$  за шаг работы сети. Следует отметить, что вес связи определяется спецификой производственного цикла предприятия и информационным взаимодействием между производственными процессами. Основным параметром взаимодействия, определяющим значение  $w_{ij}$ , является частота обмена данными между производственными процессами (узлами сети).

Пусть  $s$  – множество всех возможных состояний, в которых может находиться сеть. Это множество конечно, поскольку состояние сети в момент времени  $t_n$  является совокупностью состояний всех узлов сети.

Так как состояние сети в следующий момент времени зависит только от текущего состояния сети и не зависит от того, какие состояния сети ему предшествовали, процесс распространения вируса в сети можно моделировать дискретной вложенной цепью Маркова [5]. Состояния цепи Маркова будем определять также как состояния сети.

Шагом цепи будем считать интервал времени, за который возможна передача инфекции (вируса) между двумя узлами, связанными виртуальными каналами связи. Начальный момент времени функционирования сети –  $t_0$ .

$p_{ij} = \Pr[s^i \rightarrow s^j]$  - переходные вероятности цепи за один шаг. Значения вероятностей  $p[s_k^i \rightarrow s_k^j]$  перехода  $k$ -го узла из состояния  $s_k^i$  в состояние  $s_k^j$  можно вычислить с учетом допустимых вариантов переходов при отсутствии лечения, по формуле:

$$p[s_k^i \rightarrow s_k^j] = \begin{cases} 1 - \prod_{n=1}^N (1 - w_{nk}(1 - s_n^i)), & \text{если } s_k^i = 1, s_k^j = 0 \\ \prod_{n=1}^N (1 - w_{nk}(1 - s_n^i)), & \text{если } s_k^i = 1, s_k^j = 1 \\ 0, & \text{если } s_k^i = 0, s_k^j = 1 \\ 1, & \text{если } s_k^i = 0, s_k^j = 0 \end{cases}$$

- в первой строке находится формула для вычисления вероятности заражения не зараженного узла  $k$  от какого-либо из зараженных узлов сети, с которым есть логическая связь;
- во второй строке формула для вычисления вероятности не заражения незараженного узла  $k$  от узлов сети, с которыми у него логическая связь;
- в третьей строке показана величина вероятности излечения зараженного узла  $k$ , которая при отсутствии лечения всегда равна 0;
- в четвертой строке показана величина вероятности заражения уже зараженного узла  $k$ , по-другому, это вероятность того, что зараженный узел останется через шаг цепи в том же состоянии.

Вышеприведенная формула позволяет вычислять вероятности заражения узлов сети и вероятности переходов между состояниями сети за один шаг работы цепи Маркова. Используя эти формулы можно вычислить матрицу переходных вероятностей цепи Маркова -  $\mathbf{P} = \|p_{ij}\|, (i, j = 1, 2, \dots, N)$ .

Для применения полученных результатов при оценке скорости распространения эпидемии по всей сети зададим вероятности начальных состояний узлов сети (начальных состояний цепи Маркова) вектором  $\boldsymbol{\pi}(0) = (p_1(0), p_2(0), \dots, p_{2N}(0))$  – вектор-строка вероятностей нахождения цепи в том или ином состоянии в начальный момент времени  $t_0$ . Например, если начальное состояние сети это состояние когда заражен только узел номер  $j$ , то его вероятность равна единице, для остальных – нулю при этом номер состояния сети равен в двоичном выражении  $(1, 1, \dots, 1, 0, 1, \dots, 1)$  (только компонента номер  $j$  равна 0), а в десятичном -  $k$ , то получим:  $\boldsymbol{\pi}(0) = (p_1(t_0), \dots, p_{2N}(t_0)) = (p_1(0), \dots, p_{2N}(0)) = (1, 1, \dots, 0, 1, \dots, 1)$ , где  $p_k(t_0) = p_k(0) = 0$ .

Вектор вероятностей состояний узлов цепи на шаге  $n$  будет равен  $\boldsymbol{\pi}(n) = \boldsymbol{\pi}(0)\mathbf{P}^n$ .

Здесь  $\boldsymbol{\pi}(n) = (p_1(n), \dots, p_{2N}(n))$ , где  $p_j(n)$  - вероятность нахождения цепи в состоянии  $j$  на шаге  $n$ . При этом  $p_j(n) = \sum_{i=1}^{2^n} p_i(0)p_{ij}$ , где  $p_{ij}$  - элемент строки  $i$  и столбца  $j$  матрицы  $\mathbf{P}$ . Отметим, что значения вероятностей  $p_j(n)$  зависят от вероятностей начальных состо-

яний узлов сети  $(p_1(0), p_2(0), \dots, p_{2^N}(0))$ .

Математическое ожидание количества зараженных узлов сети на шаге  $n$  вычисляется по формуле  $m(n) = \sum_{j=1}^{2^N} [p_j(n) \sum_{i=1}^N (1 - s_i^j(n))]$ , где  $\sum_{i=1}^N (1 - s_i^j(n))$  - число зараженных узлов в

состоянии сети номер  $j$ ;  $s_i^j(n)$  - состояние узла  $i$  при нахождении цепи в состоянии номер  $j$ .

Проводя вычисления  $m(n)$  для различных значений  $n$  можно получить зависимость среднего количества зараженных узлов сети от номера шага.

Вероятность того, что узел  $i$  сети на шаге  $n$  заражен, вычисляется по формуле  $q_{0i}(n) = \sum_{j=1}^{2^N} p_j(n)(1 - s_i^j(n))$ .

Для более детального анализа развития эпидемии можно использовать и такой показатель как вероятность заражения  $r$  узлов сети на  $n$ -м шаге цепи Маркова

$z(r, n) = \sum_{j=1}^{2^N} p_j(n)h(j, r)$  здесь  $h(j, r) = 1$ , если в состоянии номер  $j$  в сети ровно  $r$  заражен-

ных узлов, и  $h(j, r) = 0$ , если в состоянии номер  $j$  в сети ровно  $r$  зараженных узлов.

Результаты расчетов показывают, что скорость распространения вирусной эпидемии зависит от узла, который был заражен первым. Это позволяет определить компьютеры (узлы) сети (системы) которые с наибольшей вероятностью могут подвергаться заражению первыми при минимальной скорости распространения эпидемии. Например, такими могут быть компьютеры, имеющие выход во внешние сети, в Интернет.

Для учета лечения зараженных узлов необходимо сформулировать правила лечения. Эти правила определяют частоту проведения лечения, вероятность излечения (не все имеющиеся средства могут быть эффективными против всего набора вирусов).

*Правила лечения:*

Мониторинг состояния узлов сети (компьютеров системы) производится постоянно (на каждом шаге цепи).

Обнаружение зараженного узла происходит мгновенно в начале шага.

Для каждого обнаруженного зараженного узла лечение начинается мгновенно и продолжается в течение одного шага.

За один шаг для каждого узла возможно наступление только одного события: заражение не зараженного узла или излечение зараженного узла.

Во время лечения заражение невозможно.

Узел, который не вылечился на этом же шаге, может заражать другие узлы.

Пусть излечение зараженного узла номер  $j$  происходит с вероятностью  $v_j$ , где  $0 \leq v_j \leq 1$ , ( $j = 1, 2, \dots, N$ ).

Отметим, что правила лечения могут меняться. Например, для обнаружения заражения и лечения нужно больше времени, чем один шаг цепи. В этом случае можно либо увеличить длительность шага, либо изменить формулы для вычисления вероятностей, введя новое состояние узла – нахождение на лечении.

Практическое применение моделей распространения компьютерных вирусов состоит в их использовании для оценки защищенности компьютерной сети от вирусов. Эта оценка может проводиться на этапе проектирования сети, для уже существующей сети. Кроме того, модели позволяют выявить наиболее опасные, с точки зрения распространения заражения (эпидемии), узлы сети. Таким образом, появляется возможность синтезировать структуру, максимально защищенную от вирусных эпидемий.

Для оценки защищенности сети от вирусных эпидемий и сравнения различных вариантов структуры сети, целесообразно использовать, например, следующие критерии:

Вероятность заражения  $r$  узлов на шаге  $n$  работы сети:  $z(N, r, n, m)$ .

Среднее число шагов до заражения узла  $r$  сети:  $H(N, r, m)$ .

Среднее число шагов до заражения  $k$  узлов сети:  $M(N, k, m)$ .

Здесь  $m$  – номер узла, который первым подвергнется заражению. Данные критерии можно рассматривать как частные, из которых строятся интегральные (глобальные) критерии защищенности сети от вирусных атак. Глобальные критерии дают возможность оценить не конкретные характеристики распространения эпидемии, а на их основе оценить общую эффективность принимаемых решений.

Приведенные в работе количественные оценки защищенности компьютерной сети информационной системы и, соответственно, системы информационного взаимодействия, от вирусных атак позволяют оценить скорость распространения вирусной эпидемии в сети в зависимости от структуры сети и возможных узлов, первыми подвергающихся вирусным атакам, что позволяет оптимизировать структуру сети, сделав ее максимально устойчивой к вирусным эпидемиям.

#### Список литературы

1. Далингер, Я.М. Информационная среда аэропорта / Я.М. Далингер, // Вестник Санкт-Петербургского университета гражданской авиации. СПб. 2017. № 4 (17). С. 79–90.
2. Далингер, Я.М. Организация информационного взаимодействия производственных процессов аэропорта / Я.М. Далингер, // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. М. 2017. Т. 20. № 1. С. 116–122.
3. Шаньгин, В. Ф. Комплексная защита информации в корпоративных системах / В.Ф. Шаньгин. М.: Форум. Инфра-М. 2010. 592 с.
4. Проскурин, В. Г. Защита программ и данных / В.Г. Проскурин. М.: Academia. 2012. 208 с.
5. Ревюз, Д. Цепи Маркова / Д. Ревюз // М.: РФФИ. 1997. 432 с.

УДК 004.896

## КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

*Завальнюк Сергей Иванович* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)

Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва

191123, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, лит. А, s-zavalnuk@mail.ru

*Рыбицкий Владимир Анатольевич* – кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)

Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва

191123, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, лит. А, vladimir-rybicki@mail.ru

Аннотация. Обоснована необходимость создания системы автоматизированного проектирования восстановления железнодорожных мостовых переходов. Приведены принципиальная схема внешних связей автоматизированной системы и её основные структурные компоненты. Дано предназначение компонентов и цели их функционирования. Намечены этапы создания системы.



*Ключевые слова:* мостовой переход, мост, подход, система автоматизированного проектирования, экспертная система, банк данных, система управления базами данных, автоматизированная система управления.

## THE CONCEPT OF BUILDING COMPUTER AIDED DESIGN OF BRIDGES

*Zavalnyuk Sergey I. – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Research Institute (military system research of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation)*

*Military Academy of logistics name of army General A. V. Khrulev*

*Voskresenskaya Emb., 10a, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, s-zavalnuk@mail.ru*

*Rybitcky Vladimir A. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Research Institute (military-system research of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation)*

*Military Academy of logistics name of army General A. V. Khrulev*

*Voskresenskaya Emb., 10a, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, vladimir-rybicki@mail.ru*

*Abstract.* The analysis of the existing road transport systems using the analysis of texts in natural language. The architecture of open source web crawlers and crawler services for thematic data collection and analysis is presented. The development and testing of system elements for the extraction and analysis of texts of road transport problems, on the example of the user's assessment of the quality of roads on the freeway website. Prospects of further functional development of the developed tools are considered.

*Keywords:* automatic text analysis, crawlers, text classification, intelligent transport systems, smart logistics, machine learning, semantic and syntactic analysis.

Мостовой переход — комплекс сооружений, возводимых при устройстве транспортной магистрали (железнодорожной или др.) над водным пространством: рекой, каналом, озером, водохранилищем, морской акваторией — проливом, заливом. В состав мостового перехода входят: мост, обеспечивающий пересечение водотока; подходы к мосту, устраиваемые обычно в виде земляных насыпей, откосы которых периодически или постоянно подтапливаются водой, реже – в виде эстакад, а иногда – выемок в грунте; регулиционные сооружения (струенаправляющие дамбы, траверсы и др.) и защитные устройства (средства укрепления откосов сооружений из грунта и берегов), предназначенные для регулирования водного потока и предохранения моста и подходов к нему от опасных воздействий воды [1].

Темпы и трудоёмкость возобновления движения поездов через водную преграду в кризисных ситуациях зависят от конструктивного решения (проекта) на восстановление мостового перехода. Разрешить противоречие между сложностью принятия решений при проектировании и планировании восстановления моста и подходов к нему и требованиями повышения качества проектов при сокращении сроков их разработки с помощью экстенсивных методов нельзя в связи с сокращением числа высококвалифицированных проектировщиков [2]. Интенсификация труда проектировщиков также не даст ощутимых результатов по причине психофизического предела возможностей человека.

Для разрешения проблемы требуется не количественное изменение компонентов деятельности по проектированию и планированию восстановления ж.-д. мостовых переходов, а качественная её перестройка. Данная перестройка возможна путём создания на базе современной оргтехники человеко-машинной системы принятия решений на восстановление комплексных объектов (мостов с подходами), сочетающей творческие возможности человека с достоинствами компьютера — высоким быстродействием, большим объёмом памяти, возможностью одновременного решения нескольких задач и т.п. и берущей на себя часть задач, традиционно относящихся к сугубо интеллектуальной человеческой деятельности.

До настоящего времени не созданы методики автоматизированного проектирования железнодорожного мостового перехода в целом (определение рациональных (оптимальных) параметров и конструкции подходов к мосту, регуляционных и защитных сооружений для пропуска паводка, ледохода, карчехода и собственно моста в их взаимной обусловленности).

При создании такой методики для восстановления мостового перехода как цельного (комплексного) объекта необходим единый подход к проектированию всех сооружений, строящихся (восстанавливаемых) в интересах возобновления движения поездов через водную преграду.

Практически во всех выполненных ранее исследованиях обоснованы методики совместного (взаимообусловленного) проектирования и конструкции, и организации восстановления (строительства на обходе) моста. Исходя из этого, можно сделать вывод, что создать отдельно конструкцию (проект) восстановления моста без учёта организации его сооружения конкретными силами и средствами в конкретно сложившейся обстановке невозможно. Однако в разрабатываемой автоматизированной системе на первом этапе её развития основной упор надо делать на конструкции моста (мостового перехода) с ограничениями выбора решения, накладываемыми организационно-техническими ресурсами.

Одной из основных задач создания интеллектуальной системы автоматизированного проектирования восстановления ж.-д. мостового перехода является обоснование её системообразующих компонент, обеспечивающих возможность разработки оптимального для заданных требований и условий проекта (конструкции) [3].

С целью упрощения названия автоматизированной системы проектных решений на восстановление железнодорожных мостовых переходов предлагается следующая аббревиатура — САПР-ВМП.

Данная система должна работать в составе (под управлением) автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом в тесном взаимодействии с автоматизированной системой поддержки принятия решений (АСППР). Принципиальная схема внешних связей САПР-ВМП представлена на рисунке 1.

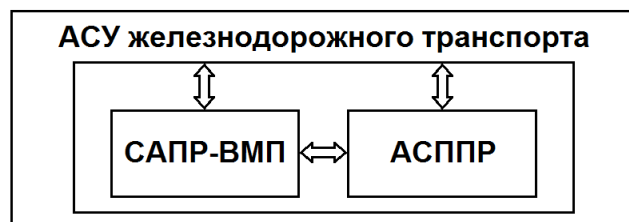


Рисунок 1 – Принципиальная схема внешних связей САПР-ВМП

Укрупненная структура и взаимосвязи компонент автоматизированной системы показаны на рисунке 2.

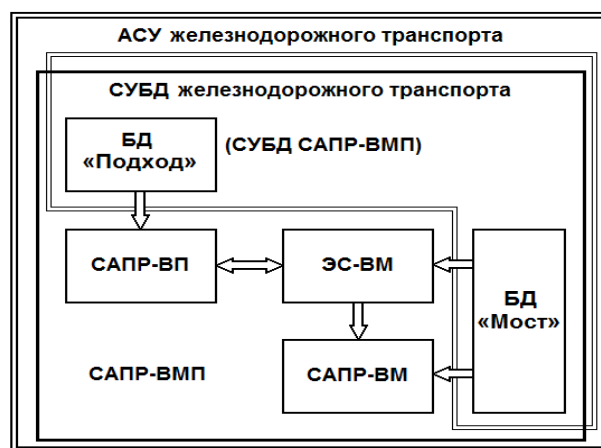


Рисунок 2 – Основные структурные компоненты САПР-ВМП

Для создания САПР-ВМП необходимо решить следующие задачи:

1. Создать автоматизированный банк данных, характеризующий современное состояние сил и средств, предназначенных для восстановления ж.-д. мостов (БД «Мост»), включая обоснование специального математического и программного обеспечения поддержки баз данных, сбор информации и наполнение нею баз данных, а также актуализацию банка. Предлагаемый банк данных должен входить в банк данных АСУ железнодорожного транспорта и функционировать под руководством соответствующей системы управления базами данных (СУБД). Однако на этапе проектирования и опытной эксплуатации САПР-ВМП возможно создание и СУБД внутри самой САПР-ВМП. При этом система представления данных должна соответствовать принятой в АСУ железнодорожного транспорта с целью последующей интеграции в единую СУБД.

2. Создать автоматизированный банк данных, характеризующих современное состояние сил и средств, предназначенных для сооружения подходов к мостам непосредственно в пойме водотока и возведения регуляционных и защитных сооружений (БД «Подход»). Принципы создания аналогичны принципам создания БД «Мост».

3. Обосновать и разработать специальное математическое, программное и методическое обеспечение системы автоматизированного проектирования подходов, регуляционных и защитных сооружений мостов (САПР-ВП). При разработке необходимо использовать имеющиеся наработки по автоматизированному проектированию сооружений и устройств земляного полотна на железных дорогах и верхнего строения пути, а также строительства временных и краткосрочных эстакад через заболоченные поймы рек. Основные параметры строительства подходов (протяженность, высота, сроки строительства) должны рассчитываться по единой методике с параметрами моста, т.е. согласовываться с методиками, проектирующими мост (паромную переправу).

4. Обосновать и разработать специальное математическое, программное и методическое обеспечение экспертной системы [4] выработки конструктивного (технического) решения на восстановление моста (ЭС-ВМ). Экспертная система должна обеспечить подготовку исходных данных для работы собственно системы автоматизированного проектирования восстановления железнодорожных мостов. Соответственно должны быть согласованы методики и выходные параметры ЭС-ВМ и методики и параметры САПР-ВМ.

5. Обосновать и разработать специальное математическое, программное и методическое обеспечение системы автоматизированного проектирования восстановления мостов (САПР-ВМ).

6. Предусмотреть разработку проектов поэтапного восстановления мостового перехода с наращиванием пропускной и провозной способности по мере замены сооружений и объектов, предназначенных для пропуска поездов минимальной длины и массы с малой скоростью, на объекты, допускающие пропуск обращающейся на ж.-д. участке нагрузки с установленными скоростями.

7. Обосновать и разработать организационное и техническое обеспечение структурных компонент САПР-ВМП и организационное обеспечение системы в целом.

Предназначение автоматизированного банка данных «Мост»:

– удовлетворение информационных запросов пользователей, с учётом разграничения допуска к конкретным сведениям в зависимости от статуса пользователя в САПР-ВМП, в частности, и АСУ железнодорожного транспорта в целом, по вопросам восстановления ж.-д. мостов;

– формирование графических документов, которые могут быть выведены на печать посредством соответствующих периферийных устройств;

– обеспечение возможности актуализации хранимой информации;

– функционирование в качестве основы информационного обеспечения экспертной системы выработки конструктивного (технического) решения на моста (ЭС-ВМ) и системы автоматизированного проектирования восстановления мостов (САПР-ВМ).

Предназначение автоматизированного банка данных «Подход»:

– удовлетворение информационных запросов пользователей с учётом разграничения допуска к конкретным сведениям в зависимости от статуса пользователя в САПР-ВМП, в частности, и АСУ железнодорожного транспорта в целом, по вопросам сооружения подходов к восстанавливаемым ж.-д. мостам;

– формирование графических документов, которые могут быть выведены на печать посредством соответствующих периферийных устройств;

– обеспечение возможности актуализации хранимой информации;

– функционирование в качестве основы информационного обеспечения системы автоматизированного проектирования подходов, регуляционных и защитных сооружений ж.-д. мостов (САПР-ВП).

Экспертная система ЭС-ВМ создается в следующих целях:

– выработка в автоматическом режиме на основе укрупненных плановых показателей восстановления подмножества приемлемых конструктивно-технологических решений на временное и краткосрочное восстановление моста. Основу выработки решения должны составлять: формализованное описание предметной области краткосрочного и временного восстановления железнодорожных мостов; закономерности, действующие в предметной области; мнения экспертов (специалистов в области военного мостостроения). Кроме того, должны быть учтены местные условия (гидрогеология русла, топографические особенности, наличие материалов и конструкций, погодные условия и др.), а также наличие и состояние сил и средств, предназначенных для восстановления (технического прикрытия) мостовых переходов;

– обеспечение САПР-ВМ исходными данными для детальной проектной проработки конкретных способов восстановления в рамках проектных соображений (обосновывающих материалов) или проектов;

– поддержка непрерывного проектирования объектов методом последовательного уточнения информации.

Потребность создания САПР-ВМ состоит в следующем:

– переход от выполнения отдельных проектных операций с помощью электронно-вычислительной техники к сквозной автоматизации всего цикла проектирования временного (краткосрочного) ж.-д. моста, включая автоматизированную разработку графических материалов;

– создание гибкой системы оптимального проектирования, охватывающей все современные и перспективные типовые разработки элементов временных и краткосрочных ж.-д. мостов и переправ;

– разрешение парадокса проектирования, суть которого в том, что необходимо проектировать большое количество сложных объектов в условиях возрастающего дефицита всех видов ресурсов, в том числе и времени на сооружение моста;

– снятие неблагоприятного влияния на качество проектной продукции таких отрицательных качеств человека-проектировщика, как высокая утомляемость, раздражительность, снижение внимания, потеря работоспособности в стрессовых ситуациях;

– решение проблемы адаптации пользователя (непрограммиста) в части взаимодействия с компьютером при минимальном по продолжительности и объёму информации обучении;

– закладка теоретической основы для последующего перехода к автоматическому проектированию.

Отличительные особенности потребности создания САПР-ВП:

– переход от выполнения отдельных проектных операций с помощью оргтехники к сквозной автоматизации всего цикла проектирования подходов к восстанавливаемому ж.-д. мосту, регуляционных и защитных сооружений, включая автоматизированную разработку графических материалов;

– создание гибкой системы оптимального проектирования, охватывающей все современные и перспективные типовые разработки элементов временного и краткосрочного

восстановления земляного полотна, эстакад, регуляционных и защитных сооружений ж.-д. мостов и переправ.

Создание САПР-ВМП не является одномоментным актом, а должно пройти через ряд ступеней: демонстрационный прототип; исследовательский прототип; действующий прототип; промышленный образец; коммерческая (полностью работоспособная для заданных условий) система.

По имеющимся в специальной литературе данным срок создания промышленного образца системы класса САПР-ВМ колеблется от 2 до 4 лет, а коммерческой системы — от 3 до 6 лет.

В качестве вывода можно считать то, что создание системы автоматизированного проектирования восстановления ж.-д. мостовых переходов возможно. Однако, её создание и последующее внедрение в АСУ железнодорожного транспорта требует тщательного планирования и выделения необходимых ресурсов, в том числе финансовых.

#### *Список литературы*

1. ЖД справочник. Мостовой переход. Статья. [Электронный ресурс]. URL: [http://вики.жд.рф/wiki/Мостовой\\_переход](http://вики.жд.рф/wiki/Мостовой_переход) (дата обращения 24.04.2018).

2. Завальнюк С.И., Рыбицкий М.В. Автоматизация проектирования восстановления железнодорожных станций. Статья. Материалы международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016». СПб. ИПТ РАН. 2016. Том 1. С. 152–157.

3. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебн. для ВУЗов. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2000. 360 с.

4. Лорьер, Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. М: Мир. 1991. 568 с.

УДК 004.896

## **ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ (КОНСТРУКТИВНЫХ) РЕШЕНИЙ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВНЕКЛАССНЫХ И БОЛЬШИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ**

*Завальнюк Сергей Иванович* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)

*Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва*

191123, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, лит. А, s-zavalnik@mail.ru

*Мардас Дмитрий Анатольевич* – научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)

*Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва*

191123, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, лит. А, denmarru@mail.ru

*Аннотация.* Обоснована необходимость создания экспертной системы выбора технических решений на восстановление железнодорожных мостов. Дано предназначение структурных составляющих и цели функционирования системы, предложена структура предметной области для базы знаний.

*Ключевые слова:* восстановление железнодорожного моста, система автоматизированного проектирования, экспертная система, база знаний.

## EXPERT SYSTEM FOR SELECTION OF TECHNICAL (DESIGN) SOLUTIONS FOR THE RESTORATION OF EXTRA LARGE RAILWAY BRIDGES

*Zavalnyuk Sergey I. – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Research Institute (military system research of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation)*

*Military Academy of logistics name of army General A. V. Khrulev*

*Voskresenskaya Emb., 10a, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, s-zavalnyuk@mail.ru*

*Mardas Dmitry A. – Research fellow of the Research Institute (military-system research of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation)*

*Military Academy of logistics name of army General A. V. Khrulev*

*Voskresenskaya Emb., 10a, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, denmarru@mail.ru*

*Abstract. The necessity of creation of expert system of choice of technical decisions on restoration of railway bridges is proved. The purpose of structural components and the purpose of operation is given. system, the structure of the subject area for the knowledge base.*

*Keywords: restoration of railway bridge, computer-aided design system, expert system, knowledge base.*

Экспертная система (ЭС-ВМ) предназначена для выбора конструктивных решений на восстановление ж.-д. мостов. Система может применяться в органах управления железнодорожных войск, в проектных и восстановительных органах ОАО «РЖД» при выработке замысла на восстановление внеклассного или большого ж.-д. моста для поиска конкурентоспособных вариантов технических решений при ведении восстановительных работ после разрушения объектов, так и при планировании технического прикрытия ж.д. (разработки проектных соображений или обосновывающих материалов на восстановление). В последующем возможно использование ЭС-ВМ в качестве первичного блока САПР восстановления ж.-д. мостов с целью подготовки исходных данных для детального проектирования конструкции моста [1, 2].

Структурно ЭС-ВМ должна состоять из следующих блоков:

- ввода переменной (исходной) информации по конкретному капитальному мосту и возможным створам (осям) его восстановления на обходе;
- базы знаний [3] со всеми принципиальными вариантами восстановления и методами (путями) поиска вариантов в зависимости от параметров исходных данных;
- механизма вывода возможных конструктивных решений на восстановление;
- баз данных с количественными параметрами (показателями) вариантов конструктивных (технических) решений;
- блока расчёта показателей по вариантам восстановления;
- блока выбора варианта (вариантов) для последующего детального проектирования (выбор производится лицом, принимающим решение, или в автоматическом режиме по алгоритму, заложенному в экспертную систему);
- подсистемы ввода (изменения) информации в базы знаний и данных.

Структура и порядок работы функциональных блоков представлены на рис. 1.

Для выбора конструктивных решений на восстановление необходимо относительно немного исходной информации. Перечень исходных данных для выбора конструктивных решений на восстановление больших и внеклассных железнодорожных мостов, их единицы измерения величин представлены в таблице 1.

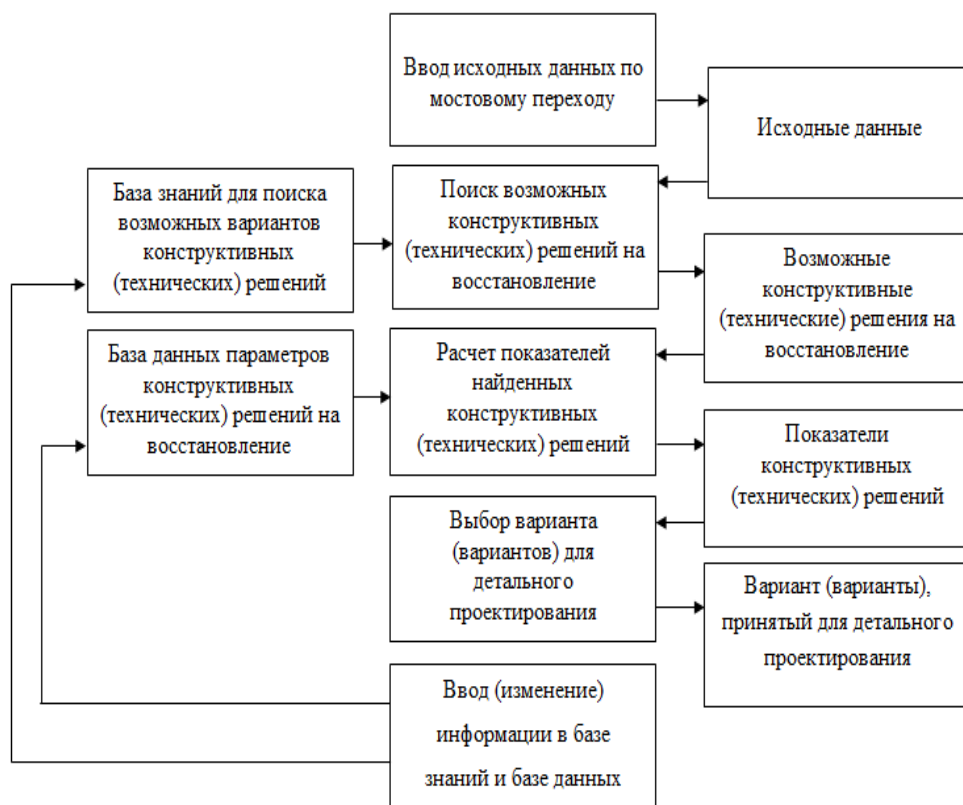


Рисунок 1 – Структура и общий порядок работы функциональных блоков ЭС-ВМ

Таблица 1 – Исходные данные для экспертной системы

| №   | Показатель   | Ед. изм.  |
|---|--|-----------|
| <b>Данные по капитальному (разрушенному) мосту</b>  |  |           |
| 1   | Длина моста  | м         |
| 2   | Высота моста   | м         |
| 3   | Класс судоходства реки (канала)  | -         |
| <b>Данные по метеоусловиям и условиям работ</b>   |  |           |
| 4   | Название месяца  | -         |
| 5   | Средняя температура воздуха в период восстановления                      | °С        |
| 6   | Коэффициент работы в условиях применения ОМП                             | -         |
| 7   | Восстановление полностью обеспечено готовыми материалами и конструкциями | (0 или 1) |
| 8   | Восстановление частично обеспечено готовыми материалами и конструкциями  | (0 или 1) |
| <b>Данные по створам обходов (отдельно по каждому)</b>  |  |           |
| 9   | Количество створов   | ед.       |
| 10  | Ширина водотока  | м         |
| 11  | Максимальная глубина водотока  | м         |
| 12  | Возможная глубина забивки свай   | м         |
| 13  | Несущая способность грунта   | МПа       |
| 14  | Максимальная скорость течения  | м/с       |
| 15  | Высота правого подхода относительно рабочего уровня воды                 | м         |
| 16  | Высота левого подхода относительно рабочего уровня воды                  | м         |
| 17  | Минимальная толщина льда (в зимних условиях)                             | м         |
| <b>Состав и состояние сил и средств, выделяемых (планируемых к выделению) на восстановление</b> |  |           |
| 18  | Количество <i>омждб</i>  | ед.       |
| 19  | Количество <i>омждп</i>  | ед.       |
| 20  | Коэффициент обученности личного состава                                  | -         |
| 21  | Коэффициент укомплектованности личным составом                           | -         |
| 22  | Коэффициент укомплектованности техникой                                  | -         |
| 23  | Коэффициент технической готовности                                       | -         |

| Данные по материалам, конструкциям и инвентарному имуществу |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| 24  | Количество выделяемых СРП-33,6НС                             | ед.                   |
| 25  | Количество выделяемых СРП-33,6                               | ед.                   |
| 26  | Количество выделяемых СРП-23НС                               | ед.                   |
| 27  | Количество выделяемых СРП-23                                 | ед.                   |
| 28  | Количество выделяемых СРП-18НС                               | ед.                   |
| 29  | Объём выделения сварных широкополочных двутавровых балок     | т                     |
| 30  | Объём выделения прокатных двутавровых балок №№ 55, 60        | т                     |
| 31  | Объём пиленого леса для надстроек опор                       | м <sup>3</sup>        |
| 32  | Объём круглого леса для надстроек опор                       | м <sup>3</sup>        |
| 33  | Возможность применения надстроек опор из МГЭ                 | (0 или 1)             |
| 34  | Возможность применения надстроек опор из ЖБ контурных блоков | (0 или 1)             |
| 35  | Объём выделения деревянных свай-сплотов                      | ед. (м <sup>3</sup> ) |
| 36  | Объём выделения металлических свай                           | ед. (т)               |
| 37  | Объём выделения железобетонных свай                          | ед. (м <sup>3</sup> ) |
| 38  | Количество выделенных барж-площадок                          | ед.                   |
| 39  | Количество выделенных открытых барж                          | ед.                   |
| 40  | Количество выделенных бункерных барж                         | ед.                   |
| 41  | Количество выделенных нефтеналивных барж                     | ед.                   |
| 42  | Объём выделения НЖМ-56                                       | КОМПЛ.                |
| 43  | Объём выделения РЭМ-500                                      | КОМПЛ.                |
| 44  | Объём выделения МЛЖ-ВФ-ВТ                                    | КОМПЛ.                |
| 45  | Объём выделения ИМЖ-500                                      | КОМПЛ.                |



Рисунок 2 – Принципиальная последовательность определения множества возможных конструктивных решений

База знаний ЭС-ВМ представляет собой формализованную модель предметной области и формализованные знания, необходимые для установления связей между объектами



предметной области [4], поиска и выбора конструктивных решений на восстановление в заданных границах исходных данных.

Собственно база знаний ЭС-ВМ используется на первом этапе выбора – поиске возможных конструктивных решений по местным условиям, а также нормам проектирования и эвристическим правилам. Дальнейший выбор осуществляется данным параметров конструктивных решений на восстановление с помощью традиционных алгоритмов решения задач с математическими и логическими зависимостями. Принципиальная последовательность определения множества возможных конструктивных решений представлена на рис. 2.

Природа предметной области восстановления железнодорожных мостов имеет ярко выраженную классификационную структуру. Классификация краткосрочных и временных мостов выполнена по иерархическому принципу. Моделью представления знаний является систематизация способов и конструкций восстановления ж.-д. мостов (табл. 2). Систематизация не является окончательной, её можно дополнять по мере необходимости (появлении новых конструкций, уточнении условий применения существующих). Соответственно, база знаний может наращиваться и уточняться.

Таблица 2 – Систематизация способов и конструкций восстановления мостов на железных дорогах

| №  | Признаки систематизации               | Область применения  | Типы (виды)                                 |
|----|---------------------------------------|---|---|
| 1  | Вид восстановления                    | Мост  | Временное                                   |
|    |                                       |   | Краткосрочное                               |
| 2  | Место относительно капитального моста | Мост, переправа   | Дальний обход                               |
|    |                                       |   | Ближний обход                               |
| 3  | Вид искусственного сооружения         | Временное, краткосрочное восстановление                         | Мост на жестких опорах                      |
|    |                                       | Краткосрочное восстановление                                    | Эстакада РЭМ-500                            |
|    |                                       | Краткосрочное восстановление                                    | Наплавной мост                              |
| 4  | Тип фундамента опор                   | Временное, краткосрочное восстановление. Мост на жестких опорах | Непосредственное опирание на грунт          |
|    |                                       |   | Лежневый                                    |
|    |                                       |   | Ряжевый                                     |
|    |                                       |   | Свайно-стоечный в ряжевой оболочке          |
|    |                                       |   | Свайный                                     |
|    |                                       |   | Свайно-стоечный                             |
| 5  | Материал свай                         | Свайный фундамент   | Каркасно-стоечный                           |
|    |                                       |   | Дерево                                      |
|    |                                       |   | Металл                                      |
| 6  | Конструкция свай                      | Деревянные сваи   | Железобетон                                 |
|    |                                       |   | Одиночные и кустовые                        |
|    |                                       |   | Свай-сплотки                                |
| 7  | Вид опор                              | Мост на жестких опорах  | С надстройками                              |
|    |                                       |   | Без надстроек                               |
| 8  | Вид плавучих средств                  | Наплавной мост, паромная переправа                              | Местные плавсредства                        |
|    |                                       |   | Инвентарное имущество                       |
| 9  | Материал надстроек опор               | Мост на жестких опорах с надстройками                           | Дерево (рамные)                             |
|    |                                       |   | Металл                                      |
|    |                                       |   | Железобетон                                 |
| 10 | Конструкция надстроек опор            | Деревянные надстройки   | Пиленый лес                                 |
|    |                                       | Железобетонные надстройки                                       | Круглый лес                                 |
|    |                                       | Металлические надстройки  | Из контурных блоков                         |
|    |                                       |   | Из металлических гофрированных элементов    |
| 11 | Наименование плавучих средств         | Наплавной мост, паромная переправа                              | Из инвентарного имущества                   |
|    |                                       |   | Баржи-площадки                              |
|    |                                       |   | Открытые баржи                              |
|    |                                       |   | Бункерные баржи                             |
| 12 | Конструкция пролетных строений        | Мост  | Нефтеналивные баржи                         |
|    |                                       |   | СРП   |
|    |                                       |   | Из сварных широкополочных двутавровых балок |
|    |                                       |   | Из прокатных двутавровых балок              |
|    |                                       |   | Из местных материалов                       |
|    |                                       |   | Капитальные пролетные строения              |

| №  | Признаки систематизации               | Область применения  | Типы (виды)   |
|----|---------------------------------------|---|---|
| 13 | Вид восстановления                    | Мост  | Временное<br>Краткосрочное  |
| 14 | Место относительно капитального моста | Мост, переправа   | Дальний обход<br>Ближний обход  |
| 15 | Вид искусственного сооружения         | Временное, краткосрочное восстановление                         | Мост на жестких опорах  |
|    |                                       | Краткосрочное восстановление                                    | Эстакада РЭМ-500  |
|    |                                       | Краткосрочное восстановление                                    | Эстакада ИМЖ-500  |
|    |                                       | Краткосрочное восстановление                                    | Наплавной мост НЖМ-56   |
| 16 | Тип фундамента опор                   | Временное, краткосрочное восстановление. Мост на жестких опорах | Непосредственное опирание на грунт                                    |
|    |                                       |   | Лежневый  |
|    |                                       |   | Ряжевый   |
|    |                                       |   | Свайно-стоечный в ряжевой оболочке                                    |
| 17 | Материал свай                         | Свайный фундамент   | Свайный   |
|    |                                       |   | Свайно-стоечный   |
|    |                                       |   | Каркасно-стоечный   |
|    |                                       |   | Дерево  |
| 18 | Конструкция свай                      | Деревянные сваи   | Металл  |
|    |                                       |   | Железобетон   |
|    |                                       |   | Одиночные и кустовые  |
| 19 | Вид опор                              | Мост на жестких опорах  | Сваи-сплотки  |
|    |                                       |   | С надстройками<br>Без надстроек                                       |
| 20 | Вид плавучих средств                  | Наплавной мост, паромная переправа                              | Местные плавсредства<br>Инвентарное имущество                         |
| 21 | Материал надстроек опор               | Мост на жестких опорах с надстройками                           | Дерево (рамные)   |
|    |                                       |   | Металл  |
|    |                                       |   | Железобетон   |
| 22 | Конструкция надстроек опор            | Деревянные надстройки   | Пиленый лес   |
|    |                                       |   | Круглый лес   |
|    |                                       | Железобетонные надстройки                                       | Из контурных блоков   |
|    |                                       | Металлические надстройки  | Из металлических гофрированных элементов<br>Из инвентарного имущества |
| 23 | Наименование плавучих средств         | Наплавной мост, паромная переправа                              | Баржи-площадки  |
|    |                                       |   | Открытые баржи  |
|    |                                       |   | Бункерные баржи   |
|    |                                       |   | Нефтеналивные баржи   |
| 24 | Конструкция пролетных строений        | Мост  | СРП   |
|    |                                       |   | Из сварных широкополочных двутавровых балок                           |
|    |                                       |   | Из прокатных двутавровых балок  |
|    |                                       |   | Из местных материалов<br>Капитальные пролетные строения               |

В рассматриваемом варианте ЭС-ВМ представлены знания следующих типов:

1. Базовые элементы, объекты реального мира.
2. Утверждения и определения.
3. Концепции.
4. Отношения.
5. Алгоритмы решений.
6. Стратегии и эвристики.

В модели представления знаний ЭС-ВМ в рационально использовать глубинные знания, представляющие собой совокупность основных закономерностей, аксиом и фактов о предметной области.

Глубинные знания отражают общие принципы по которым развиваются все процессы в предметной области проектирования восстановления железнодорожных мостов и переправ.

Однако не во всех случаях могут быть выявлены внутренние механизмы, действующие в предметной области, и прежде всего основные закономерности, которые обуславливают возможность принятия правильных решений. В таких случаях имеет смысл прибегнуть к помощи эвристик (неформальных знаний, используемых в целях повышения эффективности поиска), т.е. ограничиться применением поверхностных знаний.

### Список литературы

1. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебн. для ВУЗов. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2000. 360 с.
2. Завальнюк С.И., Рыбицкий М.В. Автоматизация проектирования восстановления железнодорожных станций. Статья. Материалы международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016». СПб. ИПТ РАН. 2016. Том 1. С. 152–157.
3. Лорьер, Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. М. Мир. 1991. 568 с.
4. Чичварин, Н.В. Экспертные компоненты САПР. М. Машиностроение. 1991. 240 с.

УДК 629.7.073.6

## СОДЕРЖАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОПЕРАТОРА В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОМ ПРИ ЗАХОДЕ НА ПОСАДКУ С САМОПОДБОРОМ С ВОЗДУХА

**Мурьев Иван Станиславович** – кандидат технических наук, командир вертолета – инструктор (исследователь) на Ми-8

ВС РФ Инструкторско-исследовательская эскадрилья  
141605, Россия, Московская область, г. Клин, ул. Инженерная, д. 284,  
mantus87@mail.ru

**Коваленко Геннадий Владимирович** – доктор технических наук, профессор кафедры летной эксплуатации и профессиональной подготовки авиационного персонала»

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, kgvf@inbox.ru

**Муксимова Роза Равилевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная математика и информатика»

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, rose.r.mux@gmail.com

Аннотация. Командно-летный состав не допускает более 50 % пилотов, прошедших подготовку, к тренировочным полетам с посадкой на площадку с самостоятельным подбором её с воздуха. Это, несомненно, снижает уровень подготовки экипажей вертолетов и ставит важную практическую проблему, а именно сложность обучения начинающих командиров вертолетов заходу на площадку с самостоятельным подбором её с воздуха. В работе предложены научные проблемы, вытекающие из этой практической задачи, а также возможные пути их решения.

Ключевые слова: концептуальная модель, когнитивный навык, регуляция поведения, парные ассоциации, информация.

## OPERATOR CONCEPTUAL MODEL MAINTENANCE IN CONTROL HELICOPTER PROCESS AT LANDING APPROACH WITH SELF-SELECTION FROM AIR

*Muravyov Ivan S. – Ph.D., Mi-8 helicopter pilot - instructor*

*Instructor research squadron of Air Force Russian Federation*

*Ingenernaya street, 284, Klin, 141605, Russian Federation, mantus87@mail.ru*

*Kovalenko Gennady V. – Ph.D., Professor of the Department Flight Operation and Professional Training of Aviation Personnel*

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation*

*38, street of Pilots, Saint-Petersburg, 196210, Russian Federation, kgvf@inbox.ru*

*Muksimova Roza R. – Ph.D., Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Informatics*

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation*

*38, street of Pilots, Saint-Petersburg, 196210, Russian Federation, rose.r.mux@gmail.com*

*Abstract. The paper describes structure and process of forming a conceptual model and information processing skills by a helicopter aircrew commander during landing approach.*

*Keywords: conceptual model, cognition skill, behavior control, pair association, information.*

Бывает так, что при первоначальном обучении пилотов вертолетов в качестве командиров воздушного судна (КВС) возникает противоречивая ситуация, когда пилот инструктор не допускает к самостоятельным полетам после прохождения курса подготовки. Однако, полет на площадку с самостоятельным подбором с воздуха вне аэродрома вызывает у молодого летного состава особую сложность. Это видно из того, что командно-летный состав не допускает более 50 % пилотов, прошедших подготовку, к тренировочным полетам по данному виду полетов [1]. Возникает практическая задача, выразившаяся в формировании метода подготовки к полетам на площадку с самостоятельным подбором ее с воздуха (ПСПВ).

Эта практическая задача позволяет сформулировать две научные проблемы:

а) каким образом организовать обучение пилотов и какие применять методы, чтобы задача подготовки КВС решалась более эффективно? Иначе говоря, повысить процент подготовленных пилотов;

б) разработать научно-обоснованный способ определения уровня подготовленности КВС к выполнению данной задачи.

В этой статье рассмотрим возможный метод решения задачи а).

Главная сложность при выполнении ПСПВ заключается в том, что успех безопасной посадки зависит от правильности действий экипажа уже в самом начале захода и даже при подготовке к нему, эта отдаленность действий от его результата требует развития такого качества у пилота (оператора) как предвидение, прогнозирование результатов своих действий.

Известно, что способность прогнозирования своих действий зависит от того, как пилот (оператор) обеспечен информацией и какие у него есть навыки работы с информационной и концептуальной моделями [2,3].

Эффект «предвидения» исследовался Л.Д. Чайновой [4]. На основе статистического анализа характеристик биотоков мозга, полученных в опытах по непрерывному слежению, она обнаружила их закономерное изменение не только в связи с предъявлением стимула, но и за 5-7 секунд до его предъявления. Эти реакции, предшествовавшие стимулу, автор расценивает как появления особого состояния психологической активности испытуемых, направленное на экстренное обнаружение и распознавание сигнала. Так как подобные реакции возникали не сразу, а после появления у испытуемых достаточного представления о закономерности изменения сигнала, автор расценивает эти сигналы как настройку нервной системы на появление ожидаемого сигнала. Чайнова Л.Д. высказывает предположение об образовании в корковых структурах мозга такого аппарата, который позволяет с определенной вероятностью предвидеть различный ход событий. Эффект «предвидения» выражается в повышении чувствительности зрительного анализатора. С усложнением условий опыта частота появления реакций «предвидения» возрастает, что является дополнительным свидетельством того, что указанные реакции выполняют функции настройки анализатора на лучшее восприятие сигнальных раздражителей.

В сложных современных системах управления оператор принимает решение и действует, исходя из более обширной информации, чем та, которую он получает от информаци-

онной модели. На основе полученных ранее знаний и опыта работы оператор заблаговременно располагает определенным объемом дополнительных сведений о состоянии системы, по сравнению с теми, которые отражены в информационной модели или вытекают из нее. Данные, полученные от информационной модели, плюс эти дополнительные сведения, служат фундаментом для формирования концептуальной модели, обуславливающей деятельность оператора в системе управления. Таким образом, информационная модель определяет лишь часть содержания концептуальной модели. Но так как эта часть является главной, принято считать, что информационная модель служит основой для формирования концептуальной модели.

Однако неправильно понимать концептуальную модель только как производную от информационной модели. Если бы концептуальная модель не содержала информации об объекте, существенно отличной от тех данных о текущих состояниях объекта, которые поступают к оператору через информационную модель, она не могла бы служить основой для осмысливания последних и для выработки оценочного к ним отношения. Так, благодаря концептуальной модели, оператор способен критически относиться к показаниям контрольных приборов и обнаруживать ложные показания отдельных приборов в случае их отказов. Итак, информационная модель определяет материальную форму, в которой выражена информация, концептуальная – представление, возникающее в голове оператора под воздействием этой информации.

Концептуальная модель может изменяться и в связи с изменением в процессе работы системы информационной модели или получением каких-либо дополнительных данных непосредственно от самого управляемого объекта. Таким образом, информационная модель является как бы полем, на котором оператор, «проигрывая» различные управляющие воздействия, выбирает оптимальные. Поэтому эта модель становится для оператора не только средством отображения состояния системы, но и объектом его целенаправленной деятельности.

Динамика формирования концептуальной модели представляет большой интерес для летной эксплуатации. На ее основе можно выбрать, расположить и предъявить информацию так, чтобы сформировать информационную модель, которая максимально бы облегчала формирование концептуальной модели адекватной ситуации, сложившейся в работе системы [3].

Зададимся вопросом о величине, характеризующей разницу между текущим представлением пилота (оператора), возникающим в его сознании под воздействием информационной модели при заходе на ПСПВ и ситуацией, которая должна была бы быть при выполнении успешного захода. Для этого рассмотрим динамику формирования концептуальной модели. В какие условия необходимо поставить летчика в момент формирования у него концептуальной модели (на первоначальном этапе захода на площадку с самостоятельным подбором её с воздуха (ПСПВ)), а также за какие сроки можно сформировать у него устойчивую концептуальную модель для захода на ПСПВ при уже имеющемся и строго фиксированном расположении приборной информации в кабине вертолета? Для начала обратимся к уже известным результатам и выводам научных исследований в области когнитивной науки и инженерной психологии.

Теория уровней построения движений Н.А. Бернштейна [5] была дополнена введением двух новых уровней «высших символических координаций» [6]. Модель уровневого *Grand Design* интеллекта представлена в таблице.

Если предположить, что на первоначальном этапе обучения заходу на посадку оператор владеет каким-то базовым уровнем регуляции поведения, то нам остается выяснить, какова взаимосвязь между когнитивными модальностями при обучении заходу на ПСПВ и на формирование какой из них повлияет результат этого обучения.

Простейшие из многоуровневых образований познавательных функций организма человека с точки зрения анализа когнитивной науки традиционно называют «ощущениями» и связывают их с тремя уровнями (А, В и С), причем соответствующая уровню А *протопатическая чувствительность* столь примитивна, что даже сам термин «ощущение» кажется в этом случае неоправданно интеллектуальным. Разнообразные феномены восприятия в основном реализуются

посредством уровня пространственного поля (С) и действий (D). Они стали широко известны последние 30 лет под совсем другими именами, но главное в представлениях об их функциях сохранилось – разделение динамической локализации (вопрос «где?» с модификацией «как?») и идентификации объектов (вопрос «что?»).

Память в виде ее различных подсистем требует участия, по меньшей мере, трех уровней (D, E и F), тогда как мышление и воображение, главным образом, двух (E и F), хотя и с возможными фоновыми координациями из нижележащих механизмов. По мнению Н.А. Бернштейна [5], нами осознается содержание работы ведущего для решения данной задачи уровня. Иными словами, сознание ориентирует деятельность по отношению к содержанию решаемой задачи, обеспечивая тем самым, функциональную интеграцию мозговых механизмов. Кроме того, степень отчетливости сознания увеличивается при движении от низших к высшим уровням. Следует добавить, что при таком движении радикально меняется и качество феноменов сознания, как показано в последнем столбце таблицы 1.

Таблица 1 – Уровни когнитивной организации и регуляции поведения

| Код | Название                     | Основная функция   | Примеры феноменов   | Форма сознания  |
|-----|------------------------------|--|---|---|
| F   | Мета-когнитивные координации | Релятивизация и концептуальная перестройка модели мира                 | Индивидуальная теория психики, коммуникативная прагматика, ментальные пространства                                | Личностный смысл, рефлексия и самосознание                        |
| E   | Концептуальные структуры     | Фиксация и дополнение концептуальной модели мира, речевая коммуникация | Эффекты семантической близости, схемы событий, карта-обозрение и «когнитивные коллажи»                            | Значение и обыденное сознание, образы – представления             |
| D   | Предметное восприятие        | Действия и имитация движений с учетом специфики предметов              | Движения и восприятие, отражающие индивидуальность предметов, восприятие сходства, фокальное внимание, карта-путь | Перцептивный образ, восприятие формы и других аспектов предметов  |
| C   | Пространственное поле        | Движение с учетом метрики внешнего пространства                        | Локализация объектов в непосредственном окружении, амьбентное внимание, простые когнитивные карты                 | Пространственные ощущения, восприятие своего движения в окружении |
| B   | Синергии                     | Контроль уровня А и координация работы мышечных групп тела             | Двигательные ритмико-циклические штампы, двигательные автоматизмы, «схема тела»                                   | Проприо- и тангорецепторные ощущения                              |
| A   | Палео-кинетические регуляции | Регуляция тонуса и простейшие ориентировочные реакции                  | Тонические, вестибулярные и оптомоторные рефлексы   | Протопатическая чувствительность                                  |

Особую область прикладных исследований образуют работы по формированию навыков. О навыках говорят в том случае, когда процессы выполнения некоторого действия со временем приближаются или достигают стадии автоматизации. Обычно навык трактуется как некоторое приобретенное действие, которое в явном виде включает сенсомоторные звенья (навыки письма или вождения автомобиля), хотя иногда присутствие двигательных компонентов может быть и не столь очевидным (навыки чтения, счета или общения). Многочисленные теории единодушно описывают процесс формирования навыков в терминах стадий или фаз автоматизации. Так, инженерные психологи П. Фиттс и М. Познер выделили в 1960-е годы *когнитивную, ассоциативную и автономную фазы* формирования [5].

На первой фазе имеет место вербальное кодирование необходимых действий, на второй они фиксируются в долговременной памяти и могут ассоциативно извлекаться оттуда в нужной последовательности при одновременно сохраняющемся сознательном контроле. Наконец, на последней происходит полная автоматизация и соответствующие операции выполняются автономно.

По Н.А. Бернштейну [4] это будет звучать следующим образом. Новое действие сначала выполняется на некотором ведущем уровне и целиком осознается. Затем оно расщепляется на ряд операций, которые постепенно автоматизируются, находя для себя более низкие фоновые уровни. Факт состоит в том, что по мере формирования и автоматизации навыков выполнения некоторого действия увеличивается возможность перехода к решению других задач – иными словами, происходит «освобождение ресурсов внимания».

Рассмотрим в качестве примера важный компонент управления вертолетом при заходе на посадку ПСПВ. Для начала кто-то другой должен подробно объяснить, как это делается. Это можно сравнить с пятилетней теоретико-практической подготовкой в училище, после которой говорят, что выпускник «все» знает, но ничего не умеет. На этой совместной фазе обучения решающее значение имеют механизмы, названные нами метакогнитивными координациями (уровень F) и концептуальными структурами (уровень E). Затем переключение педалей и рукоятки скорости на длительное время становится предметным действием, протекающим под длительным контролем (уровень D), с участием зрения. Что вполне сравнивается с очередной вывозной программой после 3-х или 4-х летней практики в должности второго пилота. Постепенно действия по пилотированию превращаются в типичную синергию. То есть происходит фиксация движений в долговременной памяти и действия могут ассоциативно извлекаться оттуда в нужной последовательности. Соответствующие процессы (уровень B) не требуют сознательного мониторинга [6].

Другие исследования показывают, что если на начальных ступенях формирования навыка движения протекает под контролем зрения, то впоследствии этот контроль все более переходит к чувствительным приборам двигательного аппарата – к кинестетическим и тактильным ощущениям. Как отмечает Бушурова В.А. [7], в ходе формирования навыка кинестезия как бы «вбирает в себя опыт других сенсорных модальностей». При этом образуется внутренний контур регулирования, определяемый действием кинестетического и тактильного аппаратов, в котором сигналы проходят значительно быстрее (за 0,04 с), чем по внешнему, включающему зрительный контроль (0,1-0,2 с)[8].

Поскольку чрезвычайно сложен вопрос о месте сознания в модели уровней когнитивной организации, и повлиять на то, каким образом оператор, будет регулировать свое сознание, какие из его модальностей будут являться приоритетными и уж тем более, как он будет воссоздавать в голове образ полета и предвидеть дальнейший ход событий, мы не можем. Однако, представляется, что при определенных условиях возможно добиться надежного выполнения безопасных посадок, иначе говоря, закрепить навык, что, как было показано выше, без формирования концептуальной модели невозможно. Если обратиться к фазам формирования навыков, то только в ассоциативной на уровне предметных действий D (таблица) возможно четкое формирование действий и доведение его до автоматизма, поскольку эта фаза включает и когнитивную, и двигательную составляющую. Напротив, когнитивная фаза не включает двигательных действий, а в автономной фазе уже поздно ее (концептуальную модель) формировать.

#### *Список литературы*

1. Коваленко, Г.В. О необходимости исследования методики принятия решения при полете на площадку ограниченных размеров вне аэродрома с самостоятельным подбором с воздуха / Г.В. Коваленко, И.С. Муравьев, А.И. Васьковский // Проблемы летной эксплуатации и безопасность полетов: межвуз. тематич. сб. науч. тр. Вып. VI / С.-Петербург. гос. ун-т гражданской авиации. СПб. 2012. С. 26–31.
2. Коваленко, Г.В. Предложения по формированию образа захода на посадку в процессе подготовки летного состава к полетам на площадку ограниченных размеров вне аэродрома / Г.В. Коваленко, И.С. Муравьев, А.И. Васьковский // Проблемы летной эксплуатации и безопасность полетов: межвуз. тематич. сб. науч.тр. Вып. VI / С.-Петербург. гос. ун-т гражданской авиации. СПб. 2012. С. 89–95.
3. Котик, М.А. Краткий курс инженерной психологии. Таллин: «Валгус». 1971. 307 с.

4. Чайнова, Л.Д. Об эффекте «предвидения» в условиях непрерывного слежения за стимулом // Проблемы инженерной психологии. Вып. 3. М. 1968.
5. Бернштейн, Н.А. О построении движения. М.: Медгиз. 1947; Наука, 1991.
6. Величковский, Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания: в 2 т. Т.1. М.: «Смысл»; Издательский центр «Академия». 2006. 448с.
7. Бушурова, В.А. О взаимодействии анализаторов в формировании так называемого «чувства времени» / Материалы Ленинградской зональной психологической конференции. Л.: Изд-во Общества психологов. 1958.
8. Основы инженерной психологии: учеб. для техн. вузов / Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин и др.; Под ред. Б.Ф. Ломова – 2-е изд., доп. и переаб. М.: Выс. шк., 1986. 448 с.

УДК 623.437.3.093; 629.03; 629.36

## **ОСОБЕННОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТРАНСМИССИИ БЕСПИЛОТНОГО ТРАКТОРА 6-8 ТЯГОВОГО КЛАССА**

*Галышев Юрий Витальевич – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Института энергетики и транспортных систем транспортных систем*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, dr-idpo@yandex.ru*

*Добрецов Роман Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Института энергетики и транспортных систем транспортных систем*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, dr-idpo@yandex.ru*

*Увакина Дарья Владимировна – студент четвертого курса специалитета кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Института энергетики и транспортных систем транспортных систем*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, dashenka-  
uvakina@yandex.ru*

*Аннотация.* Рассмотрен вопрос о принципах построения двухкомпонентного локального комплекса точного земледелия на основе шасси беспилотного колесного трактора. Проанализированы особенности использования механизма распределения мощности в составе трансмиссии с автоматизированной вальной коробкой передач. Предложена кинематическая схема управляемого механизма распределения мощности, отличающаяся простотой по сравнению с известными зарубежными и отечественными конструкциями. Кратко описаны принципы работы изделия. Проведен кинематический анализ механизма, показывающий возможность его рационального использования в составе трансмиссии беспилотного колесного трактора 6-8 тягового класса. Отмечается, что отечественная промышленность имеет опыт и технологии проектирования и производства планетарных механизмов, близких по конструкции к предлагаемому. Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57816X0213).

*Ключевые слова:* беспилотные транспортные средства, автономные машины, стратегии группового управления, мультиагентные системы, транспортные роботы, дистанционное управление, точное земледелие.



## FEATURE OF ADVANSED POWERTRAIN OF UNMANNED TRACTOR OF 6-8 DRAWBAR CATEGORY

*Galyshev Yuri V. – Doctor of Engineering, Head of Department of Engineering of engines and transport vehicles*

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

*Polytechnicheskaya, 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, dr-idpo@yandex.ru*

*Dobretsov Roman Yu. – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering of engines and transport vehicles*

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

*Polytechnicheskaya, 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, dr-idpo@yandex.ru*

*Uvakina Daria V. – fourth year student of the Department of Engineering of engines and transport vehicles*

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

*Polytechnicheskaya, 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, dashenka-uvakina@yandex.ru*

***Abstract.** The principles of constructing local two-component complex precision farming on the base of the chassis of a disembodied wheel tractor are considered. The features of the Power Distribution Mechanism using in a transmission shaft of an automated gearbox are analyzed.*

*The kinematic scheme of the controlled Power Distribution Mechanism is proposed, and this scheme is an attractive simplifications in contract the known foreign and domestic structures. The operating principle of the device is describe briefly. The mechanism kinematic analysis, which show the possibility of its rational use as part of a powertrain of an unmanned wheeled tractors of traction class 6-8, is carried out. It is noted that the domestic industry has the experience and technology of design and production of planetary mechanisms, similar in design to the proposed. The work was supported by the Ministry of education and science of Russia within the framework of the Federal target program "Research and development in priority areas of development of the scientific and technological complex of Russia for 2014-2020" (unique identifier of the RFMEFI57816X0213 project).*

***Keywords:** unmanned vehicles, autonomous vehicles, group control strategies, multi-agent systems, transport robots, remote control, precision farming.*

Беспилотный трактор 6-8 тягового класса ориентирован на применение во всем агротехническом цикле культивирования зерновых, преимущественно в степной зоне с континентальным климатом. Для таких условий характерными являются большие площади полей, слабая выраженность естественных и искусственных препятствий, малая заселенность местности. Специфика именно зерновых культур позволит отказаться от концепции использования систем технического зрения и перейти к управлению комплексом на основе карт проходимости или карт энергозатрат.

При наличии больших обрабатываемых площадей представляется целесообразным использовать не единичные роботизированные машинно-тракторные агрегаты, а группы, построенные по принципу двухкомпонентных мультиагентных систем.

Воздушная компонента в такой системе строится на основе аэростатов, а при необходимости проведения оперативного мониторинга применяются другие типы БПЛА.

Основой наземной компоненты является собственно роботизированное шасси трактора и машин на его основе. Необходимость снижения стоимости изготовления беспилотного трактора определяет следующие аксиомы:

- беспилотный трактор должен строиться на базе серийной машины, предназначенной для управления оператором;
- беспилотный трактор – специальная технологическая машина, для которой исключено движение в беспилотном режиме за пределами поля и специальных площадок для хранения техники;

- специфика условий работы трактора заключается в том, что параметры рабочей среды специфически изменяются во времени (характерны суточный ритм изменения освещенности и вариации погодных условий, но основные препятствия стационарны, границы поля неизменны и т.д.).

Работа беспилотного трактора в реальных условиях неизбежно сопровождается нестандартными ситуациями, для разрешения которых необходимо участие человека. Следовательно, экономически более привлекательным оказывается случай работы под контролем одного оператора группы тракторов на одном поле или смежных полях.

В этом случае минимальными требованиями к прототипу беспилотного трактора оказываются:

- наличие автоматизированного (как минимум – на уровне глубокого сервирования) управления системами, обеспечивающими движение машины и выполнение технологических операций;

- наличие рабочего места оператора с обязательным выполнением минимальных норм эргономики и безопасности.

Таким требованиям удовлетворяет шасси колесного трактора 6-8 класса, разрабатываемое на ОАО «Петербургский тракторный завод». Важно, что шасси этой машины выполнено двухсекционным, а управление поворотом осуществляется за счет взаимного разворота секций с помощью гидравлических цилиндров. При малых радиусах поворота давление в гидроприводе рулевого механизма возрастает до опасных пределов [1]. При больших радиусах поворота требуется обеспечить малые перемещения поршней гидроцилиндров, что также представляет технически сложную задачу.

Трансмиссия трактора базируется на концепции применения вальной автоматизированной коробки передач и механизмах распределения мощности (МРМ) двух ведущих мостов [2]. МРМ на основе обгонных муфт [1] не обеспечивают удовлетворительной устойчивости движения машины и заменяются в более поздних конструкциях на простые дифференциалы. В свою очередь, простой дифференциал является неуправляемым МРМ. Его применение облегчает работу механизма управления поворотом [1,3], однако использование управляемого МРМ еще более перспективно [3-5]. В частности, управляемый МРМ переднего моста позволит корректировать траекторию движения трактора за счет изменения соотношения сил тяги на колесах бортов (реализация принципа силового управления поворотом). Такая возможность представляется важной именно при использовании беспилотного трактора, когда замкнутая система управления с заданной точностью отслеживает траекторию машины.

Недостатками разработанных ранее управляемых МРМ [3,6] являются сложность конструкции и значительный радиальный габарит. При сохранении принципов управления МРМ [6] представляется возможным существенно упростить его редукторную часть.

На рис. 1 представлена упрощенная кинематическая схема МРМ, базирующаяся на трехзвенном планетарном механизме с кинематическим параметром, равным двум. Данный механизм заменяет традиционный цилиндрический дифференциал и выполняет все его функции. По обеим сторонам от данного ряда располагаются два простых трехзвенных планетарных механизма с отрицательными кинематическими параметрами  $k$ . С точки зрения удобства компоновки и обеспечения максимальной технологичности конструкции выгодно принять значение  $k = (-2)$ . Управление распределением мощности осуществляется с помощью тормозов  $T_1$  и  $T_2$ .

Предложенный вариант кинематической схемы существенно проще, чем у известных конструкций [3,6,7 и др.].

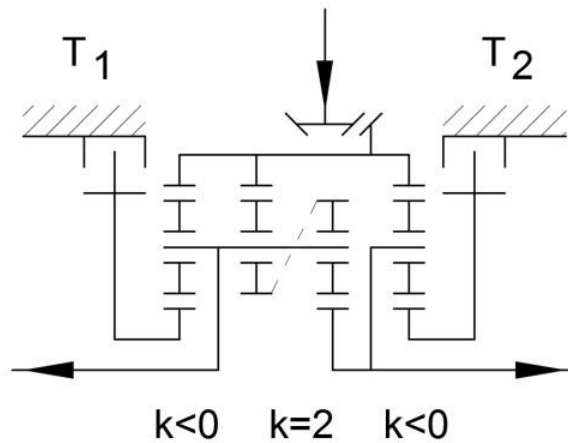


Рисунок 1 – Упрощенная кинематическая схема механизма распределения мощности

Введем обозначения для угловых скоростей:

$\omega_0$  – ведущее звено (блок эпициклических шестерен);

$\omega_1$  и  $\omega_2$  – отстающий и забегающий борта;

$\omega_{11}$  и  $\omega_{12}$  – солнечные шестерни отстающего и забегающего бортов, связанные с элементами управления (тормозами).

Тогда, если  $k$  – кинематический параметр «бортового» планетарного ряда, получаем, что кинематика механизма описывается уравнениями [8,9]:

$$\begin{aligned}\omega_{11} &= k \omega_0 + (1 - k) \omega_1; \\ \omega_2 + \omega_1 &= 2\omega_0.\end{aligned}$$

При включении тормоза на отстающем борту  $\omega_{11} = 0$  и передаточное отношение между бортами в режиме расчетного (фиксированного) поворота [8,9]:

$$u_{21} = \omega_2 / \omega_1 \quad \text{и} \quad u_{21\phi} = \omega_2 / \omega_1 = 1 - 2/k.$$

Соответствующий расчетный (фиксированный) радиус поворота [8]:

$$\rho = 0,5 (u_{21} + 1) / (u_{21} - 1) \quad \text{и} \quad \rho_{\phi} = 0,5 (1 - k).$$

Для простого (трехзвенного) планетарного механизма значения кинематического параметра (из конструктивных ограничений) можно заключить в интервал:

$$|k| \in [1,6 ; 4,5].$$

При этом, для простого ряда  $k < 0$ , а для ряда со сдвоенными сателлитами  $k > 0$ . С точки зрения технологичности изготовления блока эпициклических шестерен, «бортовые» ряды целесообразно выполнить со значением кинематического параметра  $k = (-2)$ , чему соответствует значение  $\rho_{\phi} = 1,5$ . Такое значение может найти практическое применение, например, для лесных гусеничных машин. Для колесного трактора с ломающейся рамой передаточное отношение между бортами при фиксированном повороте зависит от геометрических параметров шасси и значения коридора, в который должна вписаться машина в повороте. Для случая  $u_{21\phi} = 1,44$  и, соответственно,  $\rho_{\phi} = 2,7$ , можно получить удовлетворительное значение кинематического параметра «бортового» ряда  $k < (-4,5)$ . Такое значение является допустимым, но его реализация существенно увеличит радиальный габарит механизма. Выгоднее снизить минимальный (фиксированный) радиус поворота, но получить компактную в радиальном направлении и технологичную конструкцию МРМ.

Для транспортных гусеничных машин рекомендуемое значение  $\rho_{\phi} = 3 \dots 4$ . Достигнуть его при рациональных значениях кинематического параметра при данной схеме не удастся.

Конструктивно предлагаемый МРМ близок к традиционным планетарным механизмам, используемым в составе бортовых коробок передач быстроходных транспортных машин [9]. А это означает, что отработаны технологии изготовления отдельных деталей, определены оптимальные материалы, сложились подходы к проектированию подобных механизмов.

### **Выводы**

1. Использование компактного управляемого механизма распределения мощности может упростить управление автономным трактором без существенного усложнения конструкции трансмиссии.

2. Предлагаемый механизм распределения мощности может быть выполнен на основе используемых на отечественных предприятиях технологий.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по проекту: «Разработка конструкции нового модельного ряда автоматизированных коробок перемены передач для сельскохозяйственной и дорожно-строительной техники в диапазоне 140-440 кВт, адаптированных для применения в комплексе систем беспилотного трактора» (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57816X0213).*

### *Список литературы*

1. Теория и расчет трактора "Кировец" / Е.А. Шувалов, А.В. Бойков, Б.А. Добряков, М.Г. Пантюхин ; Под ред. А.В. Бойкова. Ленинград : Машиностроение. 1980 . 208 с.

2. Yu. Galyshev et. Power Distribution Control in the Transmission of the Perspective Wheeled Tractor with Automated Gearbox. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 692. ISC Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017. Springer International Publishing AG. 2018. PP. 192-200.

3. Трансмиссия перспективного колесного трактора с автоматизированной коробкой передач: управление распределением мощности / Р.А. Дидиков, Р.Ю. Добрецов, Ю.В. Галышев // Современное машиностроение: Наука и образование: материалы 6-й Международ. научно-практ. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С.741–754.

4. О возможности улучшения управляемости трелевочного гусеничного трактора / Дидиков Р.А., Добрецов Р.Ю. // Повышение эффективности лесного комплекса: материалы третьей Всеросс. научно-практ. конференции с междунар. участием. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 2017. С. 61–64.

5. Пути улучшения управляемости лесных и транспортных гусеничных машин / Р.Ю. Добрецов, И.В. Григорьев, А.М. Газизов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (43). С. 97–06.

6. О возможности применения гидравлического привода в механизме распределения мощности / Р.А. Дидиков, Р.Ю. Добрецов, Р.В. Русинов // Вестник ААИ. 2016. №5(100). С. 30–32.

7. Development of Super АУС / Y. Ushiroda, K. Sawase, N. Takahashi, K. Suzuki, K. Manabe. // «Technical review». 2003. №15. С. 73–76.

8. Шеломов В.Б. Теория движения многоцелевых гусеничных и колесных машин. Тяговый расчет криволинейного движения: учебное пособие для вузов по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / СПб: Изд-во Политехн. ун-та. 2013. 90 с.

9. Расчет и конструирование гусеничных машин: Учебник для вузов / Носов Н.А., и др.; под ред. Носова Н.А. // Л: «Машиностроение». 1972. 559 с.

## ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ УСЛУГИ

*Цыганов Владимир Викторович* – доктор технических наук, профессор, заведующий Московским отделом ИПТ РАН

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, av188958@akado.ru*

*Савушкин Сергей Александрович* – старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Московского отдела ИПТ РАН

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, ssavushkin@mail.ru*

Аннотация. *Выполнение комплексной клиентоориентированной транспортной услуги требует скоординированных действий многих подразделений компании. Ввиду их большого количества, для них не может быть составлен исчерпывающий перечень. Поэтому каталог услуг должен иметь механизмы формирования сложных услуг из более простых.*

Ключевые слова: *система, автоматизация, услуга, каталог, структура, информация, клиент, программное обеспечение.*

## CONSTRUCTION of INTEGRATED TRANSPORT SERVICES

*Tsyganov Vladimir V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Moscow department of ITP RAS*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, av188958@akado.ru*

*Savushkin Sergey Al. – Ph.D. (math.), Leading Researcher of Moscow department of ITP RAS*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, ssavushkin@mail.ru*

Abstract. *The implementation of an integrated client-oriented transport service requires coordinated actions of many divisions of the company. In view of their large number, an exhaustive list can not be compiled for them. Therefore, the catalog of services should have mechanisms for constructing complex services from simpler ones.*

Keywords: *system, automation, service, catalog, structure, information, client, software.*

**Введение.** Данная статья выполнена в направлении разработки информационной теории управления большими транспортными системами [1,2], связана с вопросами клиентоориентированности управления [3-5], которая, в частности, обеспечивается созданием автоматизированного каталога услуг [6-11]. Статья основана на работах выполненных по заказу ОАО «РЖД» [6] и посвящена алгоритму формирования логистической схемы комплексной услуги из набора базисных услуг.

**Комплексная услуга.** Рассматриваем минимальный пакет состава услуги по виду деятельности ОАО «РЖД» «Грузовые перевозки». Предполагается, что при обращении к каталогу компании для получения услуги «Внутренняя перевозка «от двери до двери»» клиент должен задать минимальную информацию, необходимую для формирования услуги. В каталожном описании данной услуги находится информация о параметрах услуги. Программное обеспечение автоматизированной системы ведения каталога услуг (СКУ) должно на этой основе готовить входные формы для ввода описания услуги клиентом.

При каталогизации данной услуги необходимо учитывать детали услуги, обеспечивающие удобство для клиента. Например, если груз привозится или вывозится автомобилем клиента, то для него желательно согласовать точное время погрузки и выгрузки, если же он расположен ждать несколько часов, то он может быть избавлен от дополнительной платы за точность. Пакетирование тарно-штучных грузов при отправке имеет смысл при достаточных объемах. В ходе накопления мелких отправок груз может быть с согласия клиента пакетирован вместе с подобными грузами других клиентов.

Дочерние общества ОАО «РЖД» решают и другие задачи, возникающие при погрузке-выгрузке груза при более сложном расположении с затрудненным доступом или характере груза.

**Шаги логистики.** Реализация данной комплексной услуги возможна на основе формирования последовательности, преобразующей исходное состояние груза в требуемое, базисных услуг, таких как:

- затаривание — растаривание — перетаривание;
- погрузка — выгрузка — перегрузка;
- перемещение одним из видов транспорта;
- запланированное ожидание на площадках временного хранения;
- хранение на складе.

Базисные услуги предварительно настраиваются на требуемый характер груза, путь следования и другие требования клиента. Условия и параметры перевозки зависят от наименования и других свойств груза. Для каждого наименования груза необходимо учесть варианты оказания различного вида услуг, связанных с перевозками, а именно:

- способ отправки;
- тип грузового вагона для перевозки;
- возможности доставки автомобильным транспортом;
- применяемая тара, упаковка, пакетирование;
- способы погрузки / выгрузки;
- необходимость сопровождения или охраны;
- схемы хранения;
- типовые схемы размещения и крепления груза в вагоне;
- нормативная скорость и другие параметры качества перевозки;
- правила приема груза к перевозке;
- условия перевозки железнодорожным транспортом.

Процессная модель услуги представляет собой последовательность шагов настройки соответствующих базисных услуг. Базисные услуги, настроенные на описание груза далее определяют маршрут движения и составляют логистическую схему исполнения всей услуги. Определение логистической схемы сводится к определению маршрута, к определению станций перегрузки с автомобиля на поезд и обратно, к поределению последовательности операций на станциях перегрузки. После этого базисные элементы логистической схемы с уточняющими параметрами должны быть переданы конкретным исполнителям.

**Настойка шагов.** Программное обеспечение СКУ должно обеспечивать возможность пошагового исполнения процессной модели. Шаги, производящие настройки, предполагают нахождение в базе правил таблиц или групп таблиц нужного содержания и выбор из них строк, удовлетворяющих заданным или вычисленным значениям параметров услуги.

Для настройки элементов логистической схемы используются находящиеся в базе правил таблицы или группы таблиц нужного содержания, выбираются строки, удовлетворяющих заданным в запросе или логически выведенным посредством правил параметрам услуги. Выбор вариантов базовых услуг, как правило, зависит не напрямую от наименования груза или других параметров запроса, а от отнесения его к определенному классу. Поэтому классификация грузов представляет собой отдельный слой интеллектуальной поисковой системы. Программное обеспечение должно поддерживать вывод вариантов базовых услуг на основе правил. Полученный набор базовых элементов передается для контроля каталогиза-

тору и клиенту. Дополнительно передаются объяснения выбранных настроек в виде последовательности правил, примененных для их вывода.

**Классификации грузов.** Вся совокупность товаров, которые с началом процесса транспортировки становятся грузами, может быть классифицирована по множеству признаков: природному происхождению, физическому состоянию, отраслям и т.д. [12].

Можно выделить две большие группы классификаций – торговая (товарная, тарифная) номенклатура и транспортная классификация. Товарная классификация (или номенклатура) грузов построена по признакам производственного происхождения грузов, по размерам тарифов за перевозки и размерам ставок сборов.

Транспортная классификация грузов введена для определения требуемых условий транспортирования грузов, обеспечивающих их сохранность на транспорте, планирования, регулирования и учета грузооборота, обоснования специализации погрузочно-разгрузочных механизмов, параметров складов и типов перегрузочного оборудования. Из множества признаков, по которым можно выполнить классификацию, выбирают определяющий, т.е. существенный для достижения поставленной цели, классификационный признак.

Под транспортной классификацией грузов понимают упорядочение совокупности грузов по какому-либо признаку, определяющему особенности транспортного процесса.

Транспортная классификация строится в зависимости от вида и состояния грузов, предъявляемых к перевозке, типа их упаковки и способов погрузки и перевозки, обеспечивающих сохранность продукции. Перевозимые грузы различаются по физическому состоянию, приспособленности к выполнению погрузочно-разгрузочных работ, по обобщающим физико-механическим и химическим свойствам, сохранности при перевозке. Прежде всего, естественной является классификация по агрегатному состоянию груза: твердое, жидкое, газообразное состояние.

Далее грузы делятся по характеру погрузочно-разгрузочных работ на следующие классы: навалочные, тарно-штучные, пакетированные и контейнерные, наливные и газообразные, негабаритные грузы и грузы большой массы.

Необходимо построить таблицу классов грузов, включающую все возможные классификации, используемые для определения условий перевозки. Для каждого вида услуги необходимо построить таблицы, содержащие правила настройки услуги на параметры заявки и характеристики груза.

**Выбор подвижного состава.** Анализ грузов существующих номенклатурных групп (согласно общесоюзному классификатору промышленной и сельскохозяйственной продукции) дает возможность выявить определяющее влияние их характера и свойства на сложившуюся и развивающуюся специализацию подвижного состава, а в дальнейшем разработать рациональную структуру парка подвижного состава в зависимости от структуры грузооборота различных номенклатурных групп грузов [12].

Тип грузового вагона при железнодорожных перевозках зависит в основном от наименования груза, а также от других классификаций. Предполагается, что объем перевозки является достаточно большим. При малых объемах груз любого наименования должен быть упакован и, следовательно, превращается в тарно-штучный. Правила выбора грузового вагона могут быть сведены в таблицу:

Для автомобильных перевозок классификации грузов и соответствующий формат таблицы позволяют выбрать подходящий тип кузова, шасси и различное дополнительное оборудование кузовов.

Необходимо отметить, что классификации грузов могут использовать различные термины для определения сходных понятий и наоборот. Например, термин «неагрессивные», возможно, соответствует отсутствию физико-химического свойства «коррозионная агрессивность» или понимается более широко. На начальном этапе допускается неформальные разъяснения и частичная автоматизация при обработке терминов. В частности, требуется содержательный комментарий для оборота «другие грузы».

При формулировании условий предоставления данного варианта услуги, например, данного вида вагона, могут быть использованы более сложные конструкции, чем просто ука-

зание определенного класса груза. Например, «Массовые неагрессивные грузы, не требующих защиты от атмосферных осадков: насыпные, непылевидные, навалочные, штабельные, штучные». Данная запись может быть формализована методами математической логики, посредством формулы с применением операций «и», «или», «не», а именно, «*массовые и неагрессивные и не требующие защиты от атмосферных осадков и (насыпные или непылевидные или, навалочные или штабельные или штучные)*»

**Выбор способов отправки.** Способы доставки регламентируются Правилами приема грузов к перевозке железнодорожным транспортом. В них определяются различные способы отправки грузов [13]. Вид отправки зависит от веса и размеров груза. Для определения вида отправки необходимо иметь данные по грузоподъемности и габаритным размерам вагонов и контейнеров. Эти данные должны храниться в базе данных по характеристикам подвижного состава.

**Выбор схем размещения и крепления грузов.** Размещение на открытом железнодорожном подвижном составе грузов в зависимости от их размеров и крепления должно осуществляться в пределах габаритов погрузки. Виды схем размещения и крепления грузов, габариты погрузки зависят от регионов их применения. Элементы и способы крепления различных грузов должны быть систематизированы и внесены в базу правил информационной компоненты СКУ.

На начальном этапе разработки, ввиду сложности формализации схем, в записях каталога можно ограничиться ссылками на соответствующие технические условия [14] типовых схем размещения и крепления грузов. Описания схем в этом случае приводятся в текстовом формате. При этом необходимо предусмотреть возможности углубления автоматизации на последующих этапах посредством формализации записей и разработки соответствующих алгоритмов.

Нетиповые схемы размещения и крепления грузов разрабатываются специально для конкретной перевозки и разработка может занимать значительное время. В этом случае клиенту необходимо предоставить ссылку на соответствующего разработчика. Нетиповые схемы по мере их разработки могут также накапливаться в правилах каталога.

**Выбор тары и упаковки.** Перевозка тарно-штучных грузов отдельными единицами, т.е. россыпью, поштучно, обуславливает применение тяжелого ручного физического труда у всех участников перевозочного процесса (отправителя грузов, транспортной организации, получателя). Это вызвано невозможностью эффективного использования средств механизации из-за многообразия форм и видов, как самих предметов погрузки, так и упаковки, тары, ее размеров, массы. Кроме низкой производительности труда такие перевозки приводят к значительным потерям грузов, особенно сыпучих, затаренных в мешки, кирпича и т.д., хищениям, большим простоям подвижного состава, к потере товарного вида груза из-за возможного повреждения тары.

Решение этих проблем возможно созданием укрупненных грузовых единиц (пакетов), позволяющих эффективно использовать подъемно-транспортное оборудование для механизации погрузо-разгрузочных работ [15].

Считается, что в основном выгоден переход на пакетную доставку грузов перевозчикам, особенно при наличии многократных перевалок, и получателям продукции, которые без дополнительных капитальных вложений снижают издержки, т.е. повышают свою рентабельность.

Настройка шагов должна привести к определению исполнителя, способного оказать данную услугу. Информацию об исполнителях – партнерах компании и оказываемых ими услугах необходимо включить в каталог. Интерфейсы для транзакций заказа в другие исполнительные модули организуются посредством данной информации.

**Формирование схемы.** Основу формирования схемы составляет выбор маршрута. Маршрут должен проходить через железнодорожную станцию, которая осуществляет требуемые клиенту операции. Каждая железнодорожная станция имеет определенный набор функционала, который обозначается как параграф. Станция имеет некоторый перечень открытых параграфов. Данный открытый параграф означает, что указанные в нем функции



осуществляются на станции. Существует также полный справочник железнодорожных станций, содержащий параграфы. Для определения оптимального маршрута необходима информация о координатах станций.

Коме выбора маршрута схема включает последовательность погрузо-разгрузочных, оформительских, информационных и др. операций на каждом пункте следования.

**Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:**

- разработаны механизмы формирования комплексных услуг из простых - базисных;
- описаны механизмы настройки шагов логистической схемы комплексной услуги на параметры запроса клиента;
- предложены способы организации информации лоя настройки в виде таблиц, содержащих однородные производственные правила.

#### *Список литературы*

1. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. СПб: ИПТ РАН. 2016. 216 с.
2. Белый О.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А., Цыганов В.В. Экспертиза и разработка крупномасштабных железнодорожных проектов / Ренессанс железных дорог: фундаментальные научные исследования и прорывные инновации: колл. моногр. Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». Ногинск: Аналитика Родис. 2015. С. 165–182.
3. Цыганов В.В., Бородин В.А., Савушкин С.А. Адаптивное управление транспортной компанией на основе клиентоориентированности // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Институт новых информационных технологий". 2017. №3 (3). С. 3–10.
4. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Горбунов В.Г. Контроль качества услуг в клиентоориентированном управлении компанией // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Институт новых информационных технологий". 2017. №3 (3). С. 10–19.
5. Савушкин С.А., Искоростинский А.И., Лемешкова А.В. Организация клиентоориентированного управления транспортными предприятиями // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Институт новых информационных технологий". 2017. №2 (2). С86–94.
6. Аветикян М.А., Цыганов В.В., Савушкин С.А., Единый каталог услуг холдинга «РЖД» как ключевой элемент цифровой железной дороги // Железнодорожный транспорт. 2017. №8. С. 7–11.
7. Савушкин С. А., Лемешкова А. В., Горбунов В. Г. Принципы построения автоматизированного каталога услуг // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2017. №4 (4). С.27–32.
8. Савушкин С.А. Формализация каталога транспортных услуг //Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. Материалы международной научно-практической конференции. 14-15 ноября 2017 г. СПб: ИПТ РАН. Санкт–Петербург. 2017. С. 44–47.
9. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Лемешкова А. В. Каталогизация услуг в организационном управлении транспортной компанией //Транспорт России: проблемы и перспективы - 2017. Материалы международной научно-практической конференции. 14-15 ноября 2017 г. СПб: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2017. С. 40–43.
10. Цыганов В. В., Савушкин С. А. Каталог услуг в адаптивном организационном управлении транспортными структурами // ВИНТИ, Транспорт: наука, техника, управление. 2017. №12. С. 3–10.
11. Tsyganov V., and Savushkin S. Optimization of the Service Catalog of a Large-Scale Corporation/ Proceedings of 2017 Tenth Conference "Management of Large-Scale System Development". Moscow: IEEE, 2017. pp. 1-5. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109699.

12. С.С. Войтенков, Т.В. Самусова, Е.Е. Витвицкий под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Е.Е. Витвицкого. Грузоведение. Омск: СибАДИ. 2014. 196 с.
13. Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом. Сборник. Москва. 2003.
14. Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах утверждены МПС России 27 мая 2003 г. № ЦМ-943. Москва. 2003.
15. Пашков А. К., Полярин Ю. Н. Пакетирование и перевозка тарно-штучных грузов. М.: Транспорт. 2000. 254 с.

УДК 658.314.7:330.115

## ВОПРОСЫ ОБОСНОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАТАЛОГА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

*Цыганов Владимир Викторович – доктор технических наук, профессор, заведующий  
Московским отделом ИПТ РАН*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, av188958@akado.ru*

*Савушкин Сергей Александрович – старший научный сотрудник, кандидат физико-  
математических наук, ведущий научный сотрудник Московского отдела ИПТ РАН*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, ssavushkin@mail.ru*

*Аннотация. Целью данной статьи является исследование проблем обоснованности  
создания автоматизированного каталога услуг транспортной компании. В основу обоснования  
целесообразности его создания положены принципы экономической и технологической  
эффективности. Методика расчета экономической эффективности учитывает то, что  
автоматизированный каталог является частью более мощной системы взаимоотношений с  
клиентами (CRM - системы), для которой имеются уже соответствующие расчеты. Сделаны  
экспертные выводы о технологической эффективности и социальных эффектах ав-  
томатизированного каталога.*

*Ключевые слова: технология, транспорт, компания, система, каталог, услуга, эф-  
фективность, клиент, автоматизация.*

## RATIONALES OF AUTOMATED CATALOG OF TRANSPORT SERVICES

*Tsyganov Vladimir V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Moscow department  
of ITP RAS*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, av188958@akado.ru*

*Savushkin Sergey Al. – Ph.D. (math.), Leading Researcher of Moscow department of ITP  
RAS*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, ssavushkin@mail.ru*

*Abstract. The purpose of this article is to investigate the problems of the justification of cre-  
ating an automated catalog of services for a transport company. The basis for justifying the feasi-  
bility of its creation is on the principles of economic and technological effectiveness. The method of  
calculating the economic efficiency takes into account that the automated catalog is part of a more*

*powerful system of customer relations (CRM-system), for which there are already relevant calculations. Expert conclusions were drawn on the technological effectiveness and social effects of the automated catalog.*

*Keywords: technology, transport, company, system, catalog, service, efficiency, client, automation.*

Система организации и использования каталога услуг призвана решать проблему повышения клиентоориентированности управления, что является одним из факторов качества и эффективности управления. Теоретической основой исследований в этой области является теория больших транспортных систем [1] и методика каталогизации услуг [2].

Создание автоматизированного ресурса ведения каталога услуг холдинга «РЖД» в области грузовых перевозок (кратко – АР ВКУ) направлено на достижение следующих целей:

- повышение клиентоориентированности холдинга «РЖД» для обеспечения стабильных доходных поступлений от перевозочных, транспортно-логистических и терминально-складских услуг;
- создание условий для роста объемов перевозок за счет возврата части грузов с других видов транспорта на основе:
  - лучшего понимания и удовлетворения потребностей клиентов;
  - совершенствования технологий работы с клиентами, учета их запросов и особенностей;
  - укрепления внутрикорпоративного взаимодействия между филиалами, дочерними и зависимыми обществами Холдинга;
  - расширения портфеля транспортно-логистических услуг;
  - формирования комплексных услуг с участием нескольких бизнес-единиц Холдинга;
- создание единой информационно-поисковой платформы об услугах для Интегрированной системы управления взаимоотношениями с клиентами в холдинге «РЖД» в области грузовых перевозок (кратко – ИС УВК).

*Задачи работы:* разработка АР ВКУ, поддерживающего интеллектуальную систему формирования комплексной услуги по запросу клиента, возможность актуализации базы данных об услугах и их компонентах, распределение ответственности владельцев процессов и операций по каждому компоненту состава услуги, учет и отчетность по востребованности каждой услуги.

*Ожидаемые результаты.* Создание АР ВКУ обеспечит рыночные преимущества Холдинга за счет большей открытости, доступности и содержательности информации об услугах, возможности оперативного формирования оптимального для каждого клиента комплекса услуг, компоновки базовых и дополнительных услуг, интеграции с Общероссийским классификатором продукции по видам деятельности (ОКПД2).

**Взаимодействие с ИС УВК.** В качестве важного механизма решения задачи повышения клиентоориентированности Холдинга, предусмотрено создание ИС УВК, в рамках которой запланирована разработка модуля создания и ведения единого (цифрового) каталога услуг с функциями АР ВКУ.

ИС УВК компании (CRM-система) должна выполнять определенный набор функциональных задач в различных модулях, взаимодействующих, в том числе, с блоком АР ВКУ. Информационные взаимодействия модуля АР ВКУ с другими модулями ИС УВК заключаются, например, в том, что авторизация пользователей в каталоге должна быть действительной для остальных модулей ИС УВК. Регистрационная информация должна быть занесена в единую базу клиентов.

Кроме того, для ведения каталога необходима информация по каждой услуге в динамике, которая имеется в базах данных ИС УВК: количество обращений, количество претензий, отзывы; оценка степени удовлетворенности услугой; общее количество запросов, количество отказов в ходе переговоров, количество успешных прецедентов; финансово-экономические показатели.

Для ведения каталога финансово-экономические показатели имеют прямое отношение для выработки рекомендаций по включению услуги в каталог, изменению статуса и исключению из каталога. Также требуются результаты маркетинговых исследований, сгруппированные по услугам, например, корреляции динамики удовлетворенности клиентов услугами с динамикой доходов от услуг или готовые рекомендации по повышению качества оказания конкретных услуг. Информация о недостаточной удовлетворенности клиента требуется каталогизатору для прогнозирования возможного оттока клиентов, что дает сигнал для проведения мероприятий по повышению качества услуги. Для оценки эффективности работы по созданию АР ВКУ используются показатели экономического и технологического эффекта, а также показатели удовлетворенности клиентов.

**Экономическая эффективность.** Оценка заявленной эффективности, экономического эффекта и срока окупаемости АР ВКУ проводится в соответствии с рекомендациями [3]. При формировании финансового плана создания АР ВКУ учитываются налог на прибыль и отчисления во внебюджетные фонды. Согласно [4], показателями экономической эффективности создания АР ВКУ, как работы с коммерческим эффектом, являются чистый дисконтированный доход и срок окупаемости. Притоки денежных средств определяются приростом доходов Холдинга, вызванным использованием разработанного АР ВКУ. К ним относятся: доходы от переключения грузов с других видов транспорта; доходы от прироста спроса на перевозки за счет роста удовлетворенности клиентов. Прогноз доходов основан на прогнозе роста объема перевозок и транспортно-логистических услуг, обусловленных внедрением новой модели взаимоотношений с клиентами на основе ИС УВК. Поскольку АР ВКУ является подсистемой ИС УВК, определенная доля вышеуказанных полезных эффектов относится к результатам создания АР ВКУ. Для расчета этой доли, примем следующее формальное допущение.

*Мажоритарное допущение: показатель полезного эффекта АР ВКУ пропорционален показателю этого эффекта от ИС УВК в целом, с коэффициентом пропорциональности, равным отношению инвестиционных затрат на разработку АР ВКУ, к суммарным инвестиционным затратам по проекту ИС УВК. На основании проведенных исследований коэффициент пропорциональности принят равным  $k=0,05$ .*

Отток денежных средств включает инвестиционные и операционные затраты, связанные с внедрением и использованием АР ВКУ. При обосновании и расчете показателей эффективности инвестиций в АР ВКУ необходимо учитывать эксплуатационные составляющие, включающие расходы на эксплуатацию модуля единого каталога услуг, а также расходы на эксплуатационную работу по освоению дополнительного грузооборота, возникшего в результате использования АР ВКУ. Исходя из мажоритарного допущения, суммарная величина расходов по элементам затрат, связанных с внедрением и использованием АР ВКУ, как подсистемы ИС УВК, пропорциональна суммарной величине расходов, связанных с ИС УВК с полученным коэффициентом пропорциональности.

**Технологическая эффективность.** Создание АР ВКУ позволит повысить качество транспортного обслуживания, создаст возможность формирования предложений клиентам по транспортно-логистическим услугам с высокой оперативностью и добавленной стоимостью. АР ВКУ обеспечит Холдингу преимущества на транспортном рынке за счет большей доступности, открытости, информативности услуг, интеграции с ОКПД2.

Кроме того, предусматривается получение следующих технологических эффектов:

- повышение эффективности управления бизнес-единицами Холдинга за счет своевременного обеспечения корпоративного центра информацией, необходимой для принятия управленческих решений;
- доступность для клиентов, партнеров и бизнес-единиц Холдинга достоверных и актуальных данных об услугах и их исполнителях.

Организационная составляющая технологических эффектов связана с:

- устранением внутривхолдинговой конкуренции за счет оптимального распределения клиентов к владельцам услуг;
- укреплением имиджа Холдинга на транспортном рынке.

Социальный эффект проявляется в сокращении времени получения информации об услугах Холдинга, автоматизации операций и процессов формирования услуг и оформления документов внутри и вне Холдинга, а также сокращении трудозатрат его работников.

**Анализ рисков работы.** При анализе рисков создания и использования АР ВКУ учитывается неопределенность информации о притоках и оттоках денежных средств. Фактор неопределенности проявляется в возможном отклонении сценариев выполнения работы и внедрения её результатов от принятого базисного сценария (с присущими ему притоками и оттоками денежных средств, а также показателями эффективности работы). Позитивным (негативным) отклонением от базисного сценария признается уменьшение (превышение) срока окупаемости работы, по сравнению с базисным сценарием.

Анализ рисков проводится методом анализа чувствительности показателей эффективности работы к изменениям исходных параметров. Анализ чувствительности позволяет сделать вывод о том, что срок окупаемости работы весьма чувствителен к изменению доходов и значительно менее чувствителен к росту инвестиционных затрат.

**Заключение.** Проведенное обоснование АР ВКУ позволяет сделать вывод, что его разработка создает условия для повышения:

- уровня доходов и прибылей бизнес-единиц и Холдинга в целом;
- объема и доходности грузоперевозок и услуг инфраструктуры;
- доли перевозок высокодоходных грузов;
- эффективности взаимодействия подразделений Холдинга.

АР ВКУ позволит вернуть часть грузов, ушедших на другие виды транспорта, за повышения удовлетворенности клиентов качеством услуг.

Внедрение АР ВКУ обеспечит большую прозрачность и доступность для потребителей услуг железнодорожного транспорта, контроль процессов формирования портфелей услуг и внутрикорпоративной системы обмена услугами и работами. Будет создана основа для дальнейших этапов создания ИС УВК.

#### *Список литературы*

1. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. СПб. ИПТ РАН. 2016. 216 с.
2. Цыганов В.В., Савушкин С.А. Методика каталогизации, стандартизации и контроля услуг холдинга оао «РЖД»//Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. Материалы международной научно-практической конференции. 29-30 ноября 2016 г. СПб. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016 . Том 1. 400 с. С.102–106.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21 июня 1999г. № ВК 477.
4. Методические подходы к оценке эффективности работ плана научно-технического развития Холдинга, утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 26.12.2016 г. № 2666р.

УДК 658.314.7:330.115

## **СХЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАТАЛОГА УСЛУГ**

*Цыганов Владимир Викторович – доктор технических наук, профессор, заведующий Московским отделом ИПТ РАН*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, av188958@akado.ru*

**Савушкин Сергей Александрович** – старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Московского отдела ИПТ РАН  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, [ssavushkin@mail.ru](mailto:ssavushkin@mail.ru)

**Лемешкова Аlesia Валерьевна** – младший научный сотрудник Московского отдела  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, [aleslemesh@mail.ru](mailto:aleslemesh@mail.ru)

Аннотация. Описана структура автоматизированной системы ведения каталога услуг, назначение и порядок взаимодействия программных и информационных элементов структуры между собой и с CRM-системой компании.

Ключевые слова: система, автоматизация, услуга, каталог, структура, информация, клиент, программное обеспечение.

## STRUCTURE of AUTOMATED SERVICE CATALOG

*Tsyganov Vladimir V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Moscow department of ITP RAS*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, [av188958@akado.ru](mailto:av188958@akado.ru)*

*Savushkin Sergey Al. – Ph.D. (math.), Leading Researcher of Moscow department of ITP RAS*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, [ssavushkin@mail.ru](mailto:ssavushkin@mail.ru)*

*Lemeshkova Alesia V. – researcher of Moscow department of ITP RAS*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, [aleslemesh@mail.ru](mailto:aleslemesh@mail.ru)*

Abstract. The structure of the automated system for maintaining the catalog of services, the purpose and procedure for the interaction of software and information elements of the structure with each other and with the company's CRM-system are described.

Keywords: system, automation, service, catalog, structure, information, client, software.

**Введение.** Данная статья посвящена теме управления большими транспортными системами [1,2], вопросам построения клиентоориентированного управления [3-6], в частности, создания важного для обеспечения клиентоориентированности ресурса – автоматизированного каталога услуг [7-16]. Статья основана на работах, выполненных по заказу ОАО «РЖД» [7]. Теоретические вопросы прорабатывались на примере транспортных услуг.

**Назначение автоматизированного каталога услуг.** Автоматизированный каталог услуг в области грузовых перевозок холдинга «РЖД», призван реализовать следующие задачи:

1) закрепление функциональной ответственности подразделений по элементам услуг, оказываемых в рамках основных видов деятельности ОАО «РЖД»;

2) поддержку единого формата стандартизированной записи в базе данных услуг холдинга «РЖД», разработанного в соответствии с методикой каталогизации услуг холдинга «РЖД» [9];

3) возможность дополнения и уточнения каталога перечнем и описанием услуг, оказываемых подразделениями;

4) возможность постепенной дальнейшей детализации в электронной версии оказываемых услуг или их элементов, вплоть до полного каталожного описания;

5) возможность привязки электронной версии перечня к регламентирующим документам и стандартам, действующим в ОАО «РЖД», и содержащим характеристику и параметры услуг в области грузовых перевозок;

6) поддержку типовой процедуры работы каталогизатора с автоматизированным ресурсом ведения каталога с регистрацией и учетом выполняемых операций.

Состав каталогизируемых услуг опирается на утвержденный формат каталожного описания и содержит основные поля, содержащие необходимые для клиента данные об условиях и параметрах перевозки [7].

Автоматизированная система для решения задач ведения каталога услуг должна предусматривать:

- кодификацию услуг в соответствии с утвержденной Методикой [9];
- единый формат стандартизированной записи в базе данных услуг холдинга «РЖД» с присвоением классификационных индексов, идентификационных кодов на определенные услуги;

- возможность идентификации услуги по элементам ее состава;
- определение процесса поддержки параметров качества оказываемых услуг;
- эффективную навигацию в электронном каталоге для выбора необходимого клиенту набора услуг, удовлетворяющего его критериям;

- предоставление возможности оперативного формирования набора предоставляемых услуг холдинга «РЖД» для максимального соответствия запросам рынка.

Каталог услуг должен иметь следующие функции:

- возможность формирования портфеля услуг по запросу клиента на основе настройки дерева каталога (группировки по типам, категориям, стоимости и др.);

- возможность актуализации и дополнения новыми услугами Администратором каталога услуг либо специалистами подразделений ОАО «РЖД» и ДЗО;

- инструмент, позволяющий исключить дублирование услуг;

- возможность использования настраиваемых аналитик по услугам, позволяющие отслеживать статистику по услугам, выделять наиболее популярные и др.

Для реализации этих функций в СКУ должны быть сформированы алгоритмы и программы, обеспечивающие решение следующих задач:

- формирование каталога услуг;

- ведение исторических данных об изменениях каталога услуг;

- подбор портфеля услуг для конкретного клиента;

- конструирование комплексной услуги.

Кодификацию услуг в соответствии с утвержденной Методикой предполагается строить на принципах кодификации, гармонизированных с общероссийским классификатором продукции ОКПД2. Применение ОКПД2 для кодификации позволит точнее позиционировать компанию на общероссийском, а также и на европейском рынке услуг.

Единый формат стандартизированной записи в базе данных услуг холдинга «РЖД» будет обеспечен программными инструментами, которые должны дать возможность каталогизатору унифицировать услуги, исключить повторения и пересечения.

Эффективная навигация в электронном каталоге и инструменты идентификации услуги должна обеспечивать быстрое и с наименьшими усилиями нахождение и выбор необходимого клиенту набора услуг, удовлетворяющего его критериям. Кроме того, она будет инструментом каталогизатора для проведения анализа портфеля услуг с целью его оптимизации и настройки на потребности рынка.

Возможности оперативного формирования портфеля оказываемых услуг из полной линейки транспортных продуктов холдинга «РЖД» для максимального соответствия запросам рынка и индивидуальным потребностям клиентов должны быть реализованы на основе вышеописанных инструментов, а также на основе динамичного формирования комплексных услуг из набора взаимосвязанных базисных элементов, гибко настраиваемых на удовлетворение запроса клиента.

**Компоненты автоматизированного каталога услуг.** Система ведения единого каталога услуг (СКУ) включает иерархический перечень услуг, оказываемых клиентам бизнес-единицами при организации перевозочного процесса и в области транспортно-логистической деятельности. Важной функцией каталога услуг является наличие актуальной информации о стоимости услуг бизнес-единиц – поставщиков услуг, что позволит осуществлять кросс-продажи в рамках предложения клиентам комплексных услуг. СКУ является одной из составных частей более мощного ресурса – системы управления взаимоотношениями с клиентами (СВК).

Структура компонентов СКУ состоит из следующих основных компонент: программной (приложения) и информационной (база данных). База данных состоит из блоков:

- блок каталожных описаний. Каталожные описания в полях, отвечающих за исполнение услуги, могут содержать ссылки на вспомогательные базы данных.

- база правил. В базе правил сконцентрированы производственные правила для настройки свойств и составляющих услуги в зависимости от параметров заявки на перевозку. В свою очередь составляющие также являются услугами, каталожные описания которых имеются в информационной компоненте и в базах данных имеются ссылки на них.

- кодификатор. Формат кодификатора определяется форматом ОКПД2, использование которого в качестве кодификатора предусмотрено Методикой формирования каталога услуг холдинга «РЖД» [9].

Программные приложения СКУ состоят из следующих основных модулей:

- подготовка каталожного описания;

- включение услуги в каталог;

- сопровождение каталога;

- исключение услуги из каталога;

- обеспечение пользователей каталогом (целевое применение каталога).

Блоки включения, исключения услуги, сопровождение каталога должны давать возможность каталогизаторам проводить анализ и вносить изменения в каталог. Внесение изменений предполагает документальное оформление таких изменений, согласование, утверждение документа в установленном порядке. После этого изменение технически вносится администратором каталога посредством редактирования описаний и вспомогательных баз. Подготовка описания услуги требует анализа имеющихся в каталоге описаний, создания и редактирования описаний. Документальное оформление в этом случае не требуется.

**Структуризация транспортных услуг.** В основе структуры каталога лежит кодификатор, который отражает основные родовидовые связи между услугами. Кроме этого услуги связаны ассоциативными, технологическими связями. Сложные услуги декомпозируются и состоят из более простых услуг.

Иерархическая структура каталога услуг компании содержит несколько уровней сложности, отдельные услуги на каждом уровне и связи между уровнями. На верхнем уровне расположены комплексные услуги, в наибольшей степени клиентоориентированные, для оказания которых требуется проработка всех звеньев логистики, таких как курьерская доставка и отправка «от двери до двери», хранение, упаковка, мультимодальные перемещения, оформление документов, информирование и др.

На следующем уровне интеллектуальной системы структурирования, ранжирования и поиска элементов услуг приведены базисные услуги, традиционно оказываемые компанией в области железнодорожных перевозок грузов.

Далее располагаются внутренние услуги, которые подразделения компании оказывают друг другу в рамках внутрикорпоративной системы обмена услугами и работами, необходимыми для подготовки и оказания услуги внешнему потребителю. Например, предоставление тяги, подача и подготовка вагона являются внутренними услугами. Внешнего клиента они, как правило, не должны интересовать.

Для исполнения внутренних услуг и соблюдения установленных параметров их качества предназначены принятые в компании соответствующие нормативы и технологии, которые в свою



очередь разбиваются на простейшие операции. На всех уровнях исполнение регламентируется нормативными документами.

**Взаимодействие с CRM-системой.** СВК компании (CRM-система) должна реализовывать определенный набор функциональных задач, выполняемых в различных модулях, взаимодействующих, в том числе, с блоком СКУ. Информационные взаимодействия модуля СКУ с другими модулями СВК заключаются в следующем:

Каталог (СКУ) может быть использован как после авторизации, так и без авторизации и без регистрации. Поэтому блок регистрации должен быть связан с модулем ведения каталога. Авторизация в каталоге должна быть действительной для остальных модулей СВК. Регистрационная информация должна быть передана в единую базу клиентов.

Для ведения каталога необходима информация по каждой услуге в динамике, которая имеется в базах данных СВК: количество обращений, количество претензий, отзывы, оценка степени удовлетворенности услугой, общее количество запросов, количество отказов в ходе переговоров, количество успешных прецедентов, финансово-экономические показатели.

Для ведения каталога финансово-экономические показатели имеют прямое отношение для выработки рекомендаций по включению услуги в каталог, изменению статуса и исключению из каталога. Также требуются результаты маркетинговых исследований, сгруппированные по услугам, например, корреляции динамики удовлетворенности клиентами с динамикой доходов от услуг или готовые рекомендации по повышению качества оказания конкретных услуг.

Для выявления наиболее активных пользователей конкретными услугами каталогизатору полезна клиентская аналитика, сгруппированная по услугам, а также доступ к самой базе клиентов для постановки и решения собственных задач аналитики, если таковых не предусмотрено в модулях СВК.

Информация о недостаточной удовлетворенности клиента требуется каталогизатору для прогнозирования возможного оттока клиентов, что дает сигнал для проведения мероприятий по повышению качества услуги. Качество услуг в каталоге измеряется посредством набора показателей качества. В каталоге предусмотрены поля, содержащие перечни показателей качества для каждой услуги с их целевыми значениями и способами оценки.

Результаты данной работы являются необходимым этапом разработки технического задания и программного обеспечения СКУ в области грузовых перевозок.

*Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:*

- описана структура автоматизированной системы ведения каталога (СКУ) услуг, назначение и порядок взаимодействия программной и информационной компонент системы;
- описаны структура информационной компоненты СКУ, основное содержание и назначение составляющих ее элементов;
- разработана структуризация транспортных услуг;
- описан состав программной компоненты СКУ, назначение каждого модуля, взаимодействие с модулями СВК.

#### *Список литературы*

1. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. СПб: ИПТ РАН. 2016. 216 с.
2. Белый О.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А., Цыганов В.В. Экспертиза и разработка крупномасштабных железнодорожных проектов / Ренессанс железных дорог: фундаментальные научные исследования и прорывные инновации: колл. моногр. Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». Ногинск: Аналитика Родис. 2015. С. 165–182.
3. Цыганов В.В. Клиентоориентированность и каталогизация услуг в управлении крупномасштабной организацией / Труды межд. конф. «Информационные технологии и технологии управления в промышленности, науке и образовании». Гурзуф: ИНИТ. 2016. С. 3–9.

4. Цыганов В.В., Бородин В.А., Савушкин С.А. Адаптивное управление транспортной компанией на основе клиентоориентированности // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Институт новых информационных технологий". 2017. №3 (3). С. 3–10.
5. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Горбунов В.Г. Контроль качества услуг в клиентоориентированном управлении компанией // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Институт новых информационных технологий". 2017. №3 (3). С. 10–19.
6. Савушкин С.А., Искоростинский А.И., Лемешкова А.В. Организация клиентоориентированного управления транспортными предприятиями // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Институт новых информационных технологий". 2017. №2 (2). С.86–94.
7. Аветикян М.А., Цыганов В.В., Савушкин С.А., Единый каталог услуг холдинга «РЖД» как ключевой элемент цифровой железной дороги // Железнодорожный транспорт. 2017. №8. С. 7–11.
8. Цыганов В. В., Бородин В. А., Савушкин С. А., Лемешкова А. В. Методика каталогизации услуг компании / Труды межд. конф. «Информационные технологии и технологии управления в промышленности, науке и образовании». Гурзуф: АНИТ. 2016. С. 31–39.
9. Савушкин С.А. Организация каталога услуг транспортной компании//Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. Материалы международной научно-практической конференции. 29-30 ноября 2016г. СПб: ИПТ РАН. Санкт–Петербург. 2016. Том 1. 400 с. С.111-115.
10. Савушкин С. А., Лемешкова А. В., Горбунов В. Г. Принципы построения автоматизированного каталога услуг // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2017. №4 (4). С.27–32.
11. Савушкин С.А. Формализация каталога транспортных услуг //Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. Материалы международной научно-практической конференции. 14-15 ноября 2017 г. СПб: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2017. С. 44–47.
12. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Лемешкова А. В. Каталогизация услуг в организационном управлении транспортной компанией //Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. Материалы международной научно-практической конференции. 14-15 ноября 2017 г. СПб: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2017. С. 40–43.
13. Цыганов В. В., Савушкин С. А. Каталог услуг в адаптивном организационном управлении транспортными структурами // ВИНТИ, Транспорт: наука, техника, управление. 2017. №12. С.3–10.
14. Tsyganov V., and Savushkin S. Optimization of the Service Catalog of a Large-Scale Corporation/ Proceedings of 2017 Tenth Conference "Management of Large-Scale System Development". Moscow: IEEE, 2017. pp. 1-5. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109699.

УДК 658.314.7:330.115

## СОСТАВ И СТРУКТУРА КАТАЛОГА ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

*Савушкин Сергей Александрович – старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Московского отдела ИПТ РАН  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, ssavushkin@mail.ru*

*Аннотация. Целью данной статьи является исследование проблем построения каталога услуг транспортной компании. Одной из проблем является структуризация транспортных услуг. Под структуризацией понимается связывание услуг семантическими отношениями, группировка услуг, создание обобщенных услуг, групп услуг. Структуризация необходима для последующей работы с ним, как с целостной системой. Для клиента это должно облегчить поиск в каталоге и выбор подходящей услуги, для каталогизатора – процесс сопровождения каталога, для исполнителей – доступ к информации о порядке и нормативных требованиях к оказанию услуги. Предложены подходы к структуризации и сделаны выводы о возможностях их использования.*

*Ключевые слова: транспорт, компания, система, структура, каталог, услуга, клиент, связывание, группировка.*

## COMPOSITION and STRUCTURE of THE CATALOG of CARGO RAIL TRANSPORT SERVICES

*Savushkin Sergey Al. – Ph.D. (math.), Leading Researcher of Moscow department of ITP RAS*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, ssavushkin@mail.ru*

*Abstract. The purpose of this article is to investigate the problems of building a catalog of services for a transport company. One of the problems is the structuring of transport services. Structuring is understood as the binding of services by semantic relations, the grouping of services, the creation of generalized services, groups of services. Structuring is necessary for the subsequent work with it, as with an integrity system. For the client, this should facilitate the search in the catalog and the selection of a suitable service, for the cataloger - the process of maintaining the catalog, for performers-access to information on the order and regulatory requirements for the provision of services. Approaches to structuring are offered and conclusions about the possibilities of their use are made.*

*Keywords: transport, company, system, structure, catalog, service, client, linking, grouping.*

Статья посвящена теме построения каталога услуг крупномасштабной транспортной компании. Статья основана на работах, выполненных по заказу ОАО «РЖД» [1]. Концепция и методика разработки каталога услуг изложены в работах сотрудников ИПТ РАН, некоторые из них приведены в списке литературы [1-4]. Необходимость единого каталога корпорации ОАО «РЖД» обоснована в работе [5].

Подход к организации каталога услуг предполагает классификацию, группировку имеющегося набора услуг и построение на этой основе структуры каталога. В основе структуры каталога лежит кодификатор, который отражает основные родовидовые связи между услугами. Кроме этого услуги связаны ассоциативными, технологическими связями. Сложные услуги декомпозируются и состоят из более простых услуг.

Построение структуры каталога предполагает классификацию и группировку существующих услуг. Структуризация каталога проводится на основе:

- вертикальной классификации по родовидовым отношениям;
- горизонтальной группировки по причинно-следственным и технологическим связям;
- группировки по ассоциативным связям;
- декомпозиции сложных услуг на простые составляющие и построения набора базисных услуг;
- параметризации услуг.

Иерархическая структура каталога услуг компании содержит несколько уровней сложности, отдельные услуги на каждом уровне и связи между уровнями. На верхнем уровне расположены комплексные услуги, в наибольшей степени клиентоориентированные, для оказания ко-

торых требуется проработка всех звеньев логистики, таких как курьерская доставка и отправка «от двери до двери», хранение, упаковка, мультимодальные перемещения, оформление документов, информирование и др.

На следующем уровне интеллектуальной системы структурирования, ранжирования и поиска элементов услуг приведены базисные услуги, традиционно оказываемые компанией в области железнодорожных перевозок грузов.

Далее располагаются внутренние услуги, которые подразделения компании оказывают друг другу в рамках внутрикорпоративной системы обмена услугами и работами, необходимыми для подготовки и оказания услуги внешнему потребителю. Например, предоставление тяги, подача и подготовка вагона являются внутренними услугами. Внешнего клиента они, как правило, не должны интересовать.

Для исполнения внутренних услуг и соблюдения установленных параметров их качества предназначены принятые в компании соответствующие нормативы и технологии, которые в свою очередь разбиваются на простейшие операции. На всех уровнях исполнение регламентируется нормативными документами.

Структуризация каталога услуг проводится на основе сложившейся практики их оказания и характера (грузовые и пассажирские перевозки, терминально-складские и транспортно-логистические услуги, предоставление инфраструктуры). Однако сложившаяся практика не должна противоречить процессу поиска оптимальной структуры каталога. С учетом этого, возможны два взаимодополняющих подхода к формированию каталога услуг:

- консервативный, предполагающий исследование имеющихся классификаций для использования в каталоге;
- инновационный, предполагающий переосмысление всего объема услуг корпорации с глубоким анализом содержания услуг и методов их реализации.

В основу инновационного подхода к классификации может быть положено много-слойное классификационное дерево, одной из вершин которого является «идеальная услуга» [2].

Для формирования каталога необходимо изучить набор услуг, оказываемых компанией в том виде, как они сформулированы в настоящее время, опубликованы на сайтах компании, в печатной периодики или обозначены в ее уставе. Результаты такого изучения кратко представлены на рис. 1 в виде фрагмента графа, иллюстрирующего различные варианты классификаций услуг в сфере грузовых перевозок и связи между классификациями.

Объектами каталогизации услуг в области грузовых перевозок являются услуги, в том числе, комплексные услуги, технологии их оказания и системы управления ими, включая системы планирования, нормирования, управления, мониторинга, анализа, ресурсного и кадрового обеспечения в следующих основных видах деятельности ОАО «РЖД»:

- услуги по грузовым железнодорожным перевозкам;
- терминально-складские услуги;
- транспортно-логистические услуги, включая планирование перевозок произвольной сложности и перевозки другими видами транспорта;
- услуги по предоставлению инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования;
- услуги по предоставлению локомотивной тяги;
- услуги по предоставлению погрузочных ресурсов для перевозки грузов (вагонов, контейнеров);
- внутренние управленческие и производственные услуги, связанные с подготовкой и оказанием услуг внешним потребителям;
- услуги строительства объектов инфраструктуры включая примыкания к путям общего пользования.

Возможны и другие классификации, представленные подразделениями и ДЗО ОАО «РЖД».

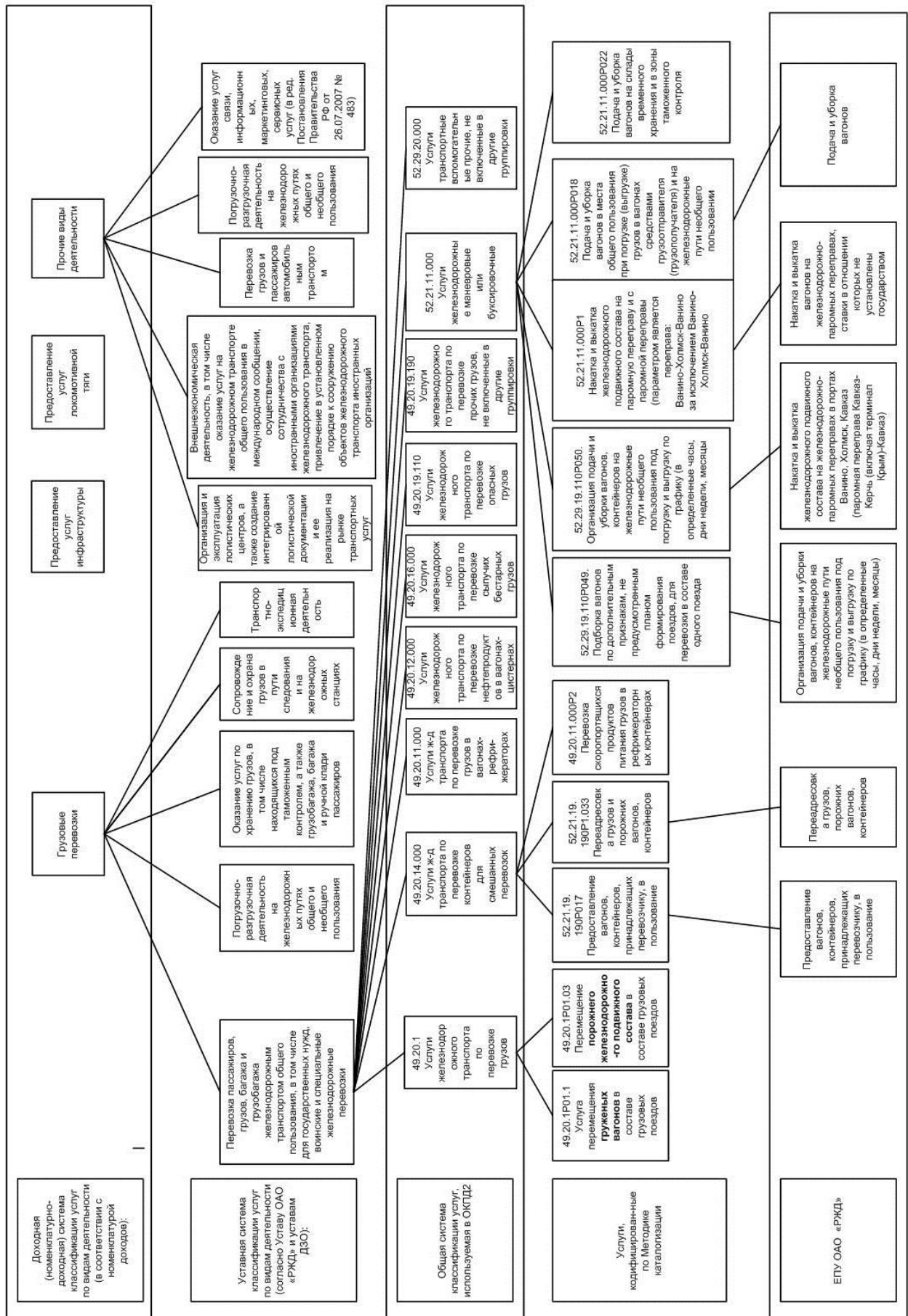


Рисунок 1 – Классификации услуг и связи между услугами холдинга ОАО «РЖД»

Проведенный анализ показал, что в различных классификациях услуг, используемых в ОАО «РЖД», имеется большое количество услуг с похожими формулировками. Эти услуги необходимо унифицировать, включая процедуры согласования и уточнения формулировок и терминов.

С другой стороны, некоторые классификации, представленные подразделениями и ДЗО являются очень детальными и содержит несколько сотен наименований. В этом случае будет необходимо укрупнить услуги с целью сокращения их числа. В целом необходима системная работа с информацией по разработке оптимальной структуры каталога.

Основные требования к результатам этой работы можно сформулировать следующим образом:

- не должно быть искажений сложившихся на практике объемов и содержания оказываемых услуг;
- не должно создаваться дополнительных трудностей для владельцев и исполнителей услуг в связи с изменениями формулировок названий услуг и связей между услугами, которые должны производиться только в крайнем случае;
- совмещать, по возможности, вновь разрабатываемую оптимизирующую структуру каталога с ранее сложившимися фрагментами, привычными для исполнителей;
- согласовывать все изменения со всеми заинтересованными лицами;
- выбор варианта классификации остается за ответственными структурами, осуществляющими каталогизацию;
- разрабатываемая структура каталога должна обеспечивать быстрый поиск нужной услуги в каталоге;
- разрабатываемая структура предполагает наличие базиса «элементарных услуг», из которых можно будет конструировать любую более сложную услугу по запросу клиента.

#### *Список литературы*

1. Аветикян М.А., Цыганов В.В., Савушкин С.А., Единый каталог услуг холдинга «РЖД» как ключевой элемент цифровой железной дороги // Железнодорожный транспорт. 2017. №8. С. 7–11.
2. Цыганов В. В., Савушкин С. А. Каталог услуг в адаптивном организационном управлении транспортными структурами // ВИНТИ, Транспорт: наука, техника, управление. 2017. №12. С. 3–10.
3. Tsyganov V., and Savushkin S. Optimization of the Service Catalog of a Large-Scale Corporation/ Proceedings of 2017 Tenth Conference "Management of Large-Scale System Development". Moscow: IEEE, 2017. pp. 1-5. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109699 .
4. Цыганов В.В. Клиентоориентированность и каталогизация услуг в управлении крупномасштабной организацией / Труды межд. конф. «Информационные технологии и технологии управления в промышленности, науке и образовании». – Гурзуф: ИНИТ. 2016. С.3–9
5. Шаров В.А. Разработка единого каталога услуг, оказываемых холдингом «РЖД» / Железнодорожный транспорт. 2016. №6. С. 9–15.

УДК 338.47: 625.7: 656

## **КОГНИТИВНЫЕ ОБОБЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ**

**Бобрик Петр Петрович** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник.

ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук.

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, тел (8915)-288-6146, Bobrikpp@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассматриваются обобщения классической транспортной задачи. Анализируются особенности оперативного управления агрегаторов такси и проблемы при перевозках порожних вагонов. Предлагаются решения по оценке сценариев на основе задания оператором в режиме реального времени профиля спроса с дальнейшими расчетами с помощью программных средств.

*Ключевые слова:* транспортная задача, агрегаторы перевозок, порожний пробег, задание профиля спроса.

## COGNITIVE ASSISTANCE TO THE TRANSPORT TASK

*Bobrik Petr. P. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher.  
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, Bobrikpp@mail.ru*

*Abstract.* The article considers generalizations of the classical transport problem. Features of operational management of taxi aggregators and problems in the transportation of empty wagons are analyzed. Suggestions are available for assessing scenarios based on the operator's real-time demand profile with further calculations using software tools.

*Keywords:* transport task, traffic aggregators, empty mileage, setting a demand profile.

**Введение.** Одной из самых известных задач математики является классическая транспортная задача [6]. В ней задана сеть пунктов отправления и назначения, определена плановая матрица перевозок между пунктами, а также матрица стоимостей перевозок, существуют ограничения по числу транспортных средств. Требуется найти оптимальный план перевозок, при котором все грузы будут доставлены, а общая стоимость при этом будет минимальной из всех возможных.

В такой постановке транспортная задача является классической задачей линейного программирования. Она допускает решение различными алгоритмами имеющими полиномиальную сложность. Более того, ввиду специфики существует большое количество узконаправленных методов, которые позволят значительно сократить объем вычислений и тем самым убыстрить нахождение решения. Также существует широкие возможности распараллеливания задачи, что особенно стало актуально в последние годы в связи широким распространением многопроцессорных компьютеров [2].

Однако, при практическом использовании транспортной задачи, начинают возникать различные трудности, связанные с неадекватностью самой строго формализованной постановки. В условиях глобального доминирования рыночной экономики очень редко возникают ситуации, когда точно известен спрос на перевозки. Это порождает вариацию начальных данных различных сценариев, которые приводят к сильному разбросу получаемых решений. Другой трудностью является нерегулярность поступающих заказов. Более поздние заказы способны привести к значительным коррекциям и даже отмене уже принятых планов перевозок или сделать их неоптимальными.

Проблемы, обусловленные неопределенностью спроса имеют фундаментальный характер и не могут быть решены чисто математическими методами. Для этого требуется выходить за пределы постановки классической транспортной задачи. Значения и опыт лица, принимающего решения, здесь имеют решающий характер, т.е. начинает работать человеческий фактор. Умение быстро оценить ситуацию на рынке и в формализованной форме передать это существующим программным комплексам является залогом конкурентоспособности оказываемых услуг.

**Заказы в срок.** Одним из самых главных недостатков классической постановки транспортной задачи, препятствующий ее широкому применению на практике, является отсутствие в ней фактора времени. Особенно это проявляется в таксомоторных парках, где

очень важна оперативность подачи машины. Также существуют заказы, которые требуется выполнить в будущем строго к назначенному сроку. В такой постановке задачи к уже существующим объектам в виде транспортной сети и матриц стоимостей, добавляется план заказов, распределенный как по узлам сети, так и по времени. Причем в каждый момент времени он свой.

В транспортной задаче время не входит в функционал качества решения. Поэтому наиболее целесообразны такие расширения постановки задачи, где заказ либо выполняется точно в срок, либо не выполняется вообще. Введение различных штрафных функций в целевую функцию сильно повышает размерность задачи, что делает ее практически не реализуемой.

Поскольку при появлении распределенных во времени заказов сохраняется прежний линейный характер функции качества в виде получения общей прибыли от перевозок, то возможны постановки, которые удастся решить методами динамического программирования. [1]. Хотя уже и они представляют достаточно сложные и вычислительно затратные задачи. Однако, практика показывает, что современные агрегаторы такси практически не пользуются подобными программными средствами в при оперативном управлении.

Причина кроется аномально высоком ценности быстроте подачи машины, которая порой ценится важнее общего размера чека за поездку. Это приводит к значительному превышению числа машин необходимого количества для перевозки. В результате чего большая часть транспортных средств находится в состоянии ожидания заказа, а не его выполнения. Соответственно, никакой оптимальности перевозок в классическом понимании минимизации трафика в этом случае быть не может.

Это приводит к постановке задачи об оптимальном распределении такси по городу, которое обеспечивает максимально быструю подачу машины клиенту. Если задан граф улично-дорожной сети, то это классическая задача теории графов, которая имеет отработанные методы решений. Но и в этом случае существует неформализуемая проблема - неравномерность спроса.

Одним из подходов для решения этой проблемы является экспертное моделирование будущего потока заказов человеком. Например, указанием центра окружности на карте города, где ожидается рост или снижение заказов с указанием отрезка времени и интенсивности процессов, что задается за секунды. Далее запускается алгоритм поиска точного оптимального решения которое выдаст оптимальный план расположения такси. Оценив несколько таких сценариев, оператор может рекомендовать усредненное расположение.

В настоящее время сами водители на свой страх и риск и исходя из своего опыта оптимизируют свое расположение. Т.е агрегатор де факто самоустранился от оптимизации перевозочного процесса. А точнее переложил риски на водителей без оплаты стоимости этих услуг.

**Минимизация порожнего пробега.** Другой важной транспортной задачей является задача минимизация порожнего пробега вагонов. Особенно в той трактовке, в какой она ставилась в советское время с единым планированием всего перевозочного процесса и без частных вагонов. Эта задача является NP полной по своей сложности, и поэтому надо изначально настраиваться на поиск приближенных решений.

В данной задаче, в отличие от такси, более высокая степень планирования, а следовательно, и оптимизации. В ней даже возможна ситуация, когда наблюдается не избыток, а, наоборот, нехватка вагонов для выполнения всех текущих заявок. В этом случае балансировка спроса и предложения осуществляется за счет механизма необязательных и частично исполняемых заявок, которые обычно не имеют четкой привязки по времени и исполняются по мере доступности нужных ресурсов.

С началом реформ на РЖД стоимость перевозки грузов начала зависеть от заключенных договоров, т.е. являться внешней информацией, не подлежащей планированию. [3]. Неравномерность трафика создает дополнительные искажения затрат в зависимости от профиля перевозок в сети. Эти и другие факторы искажают линейный характер задачи, что значительно повышает ценность экспертных мнений.



Для расчета сценариев наиболее важны следующие объекты. Вектор основных узлов сети. Матрица стоимостей перевозок грузов между этими узлами в разрезе грузов и в том числе порожних вагонов. Матрица времен доставок грузов между узлами. Стоимости отстоя вагонов за узлах. При такой постановке задачи можно абстрагироваться от конкретного вида сети и маршрутизации перевозок [5], что снижает размерность и значительно облегчает задачу.

Наиболее важным показателем являются убытки или прибыль в единицу времени от присутствия порожнего вагона в фиксированном узле, что является интегрированной информацией об уровне спроса, текущем трафике, платежеспособности клиентов и прочих параметрах. [4] Варьируя его директивным образом, и просчитывая для каждого случая соответствующий план перевозок, оператор получает возможность оценить оптимальность того управленческого решения.

### **Выводы**

- Рассмотрены некоторые обобщения классической транспортной задачи, требующие активного участия человеческого фактора при постановке задачи и задании ее определяющих параметров.
- Предложен механизм задания спроса для заказов такси, позволяющий оперативно оценить эффективное расположение транспортных средств по территории.
- Предложен механизм оценки качества порожнего пробега вагонов в зависимости от текущей конъюнктуры и оперативной ситуации на сети железных дорог.

### *Список литературы*

1. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Иностранная литература. 1960. 400 с.
2. Бобрик П.П. «Параллельные вычисления при моделировании оптимального управления потоками в сети с ограничениями на пропускную способность». // Труды третьей международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления». М.: ИПУ. 2008.
3. Бобрик П.П. «Тарифное регулирование потоков независимых перевозчиков на железных дорогах». // Труды 4-тая Международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010)». М.: ИПУ РАН. 2010.
4. Бобрик П.П. «Система указателей выбора маршрута, обеспечивающая в транспортной сети поток минимальной стоимости». «Транспорт России; проблемы и перспективы – 2008» // Труды всероссийской научно-практической конференции. М.: МИИТ. 2008. С. 44–45.
5. Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А., Шамрай Н.Б. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. Под ред. А.В. Гасникова. М.: МЦНМО. 2013. 430 с.
6. Канторович Л.В. Математические методы организации планирования производства // Л.: Издание Ленинградского государственного университета. 1939. 67 с.

УДК 621.4

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОРОДНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Крылов Юрий Евгеньевич* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, krylov\_yuriy@mail.ru

**Каминский Валерий Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, Kaminskyvy@ yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена энергоэффективность водорода как топлива для транспорта в сравнении с другими видами энергоносителей. Выполнена оценка эффективности производства, транспортировки и использования на транспорте водородного топлива по данным различных источников и на примере показателей эксплуатации водородной опытно-экспериментальной фабрики Hama Wing фирмы Toyota. Проведённый анализ позволяет заключить, что использование водорода на транспорте даже на базе современных технологических достижений в производстве, хранении, транспортировании, пока не может конкурировать по эффективности, безопасности и стоимости с углеводородным топливом и электроэнергией.

Ключевые слова: транспорт, топливный элемент, энергоёмкость, электролиз, ветрогенератор, аккумуляторная батарея, эффективность.

## EFFICIENCY OF HYDROGEN TRANSPORT ENERGY

*Krylov Yury Ev. – Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, krylov\_yuriy@mail.ru*

*Kaminsky Valery Yu. – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Laboratory of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, Kaminskyvy@ yandex.ru*

Abstract. Energy efficiency of hydrogen as fuel for transport in comparison with other types of energy carriers is considered. The estimation of efficiency of production, transportation and use on transportation of hydrogen fuel according to various sources and on an example of indicators of operation of hydrogen skilled-experimental factory of Hama Wing of Toyota firm is executed. The analysis suggests that the use of hydrogen in transport, even on the basis of modern technological achievements in production, storage, transportation, can not yet compete on efficiency, safety and cost with hydrocarbon fuel and electricity

Keywords: transport, fuel cell, energy intensity, electrolysis, wind turbine, battery, efficiency.

Оценим энергоэффективность водорода, как топлива для транспортных средств. Для целей настоящего исследования ограничимся автомобильным транспортом. В других областях: на воздушном и водном транспорте, космических аппаратах, в промышленности и в быту эффективность водородной энергетики определяется специфическими особенностями применения.

Подробный анализ применения водорода в качестве топлива для автомобилей с различными типами двигателей проведен в работе [1], в которой отмечают существенные проблемы, связанные с его практическим использованием.

В последнее время наблюдается повышенный интерес к водородной транспортной энергетике на фоне создания дешевых, малогабаритных и эффективных водородных топливных элементов, изготовления безопасных облегченных углепластиковых баллонов под давление до 700 бар и получения «дешевого» водорода с использованием возобновляемых источников энергии [2]. Выражается мнение, что в сочетании с отработанными технологиями хранения, доставки и заправки водородом, указанные факторы могут уже сегодня обеспечить создание транспортной водородной энергетики, которая станет альтернативой энергетике углеводородной.

Оценим перспективы перевода автомобильного транспорта на водородное топливо на примере опытно-экспериментальной фабрики Naha Wing фирмы Toyota по производству, сжатию, хранению, транспортировке и использованию водорода на транспорте в Иокогаме (рисунок 1) [3].

Источником электроэнергии на фабрике является ветрогенератор фирмы Vestas (Дания) (мощность — 1,98 МВт; годовая выработка — около 2100 МВт·ч).

Электроэнергия обеспечивает работу электролизной установки, расщепляющей воду на кислород и водород, а также обеспечивает функционирование компрессоров, которые сжимают водород для последующего хранения в резервуаре.

Резервуар представляет собой вертикальную колонну объемом 100 м<sup>3</sup>, для хранения водорода при давлении 0,4-0,82 МПа. Резервуар может запастись до 800 м<sup>3</sup> водорода, однако активный объем газа не превышает 400 м<sup>3</sup>, что достаточно для двух дней работы двенадцати вилочных погрузчиков на топливных элементах.

Излишки электричества, вырабатываемые ветрогенератором, либо запасаются в специальном «хранилище» аккумуляторами (система стабилизации производства водорода и накопления энергии), либо передаются в городскую энергосистему.

Система стабилизации производства водорода и накопления энергии включает два контейнера, в которых находятся 180 единиц бывших в употреблении никель-металлогидридных батарей для автомобиля Toyota Prius. Энергоемкость данной системы составляет 150 кВт ч.

Для транспортировки водорода к конечному потребителю используются дизель-электрические гибридные грузовики Hino Dutro Hybrid последовательно-параллельной схемы (подобно схеме Toyota Prius). Один грузовик обеспечивает заправку шести погрузчиков на топливных элементах, являясь, таким образом, мобильной водородоснабжающей АЗС. Грузовики оснащены оборудованием, позволяющим закачать водород под давлением 35 МПа непосредственно в погрузчик, если на месте необходимая заправочная инфраструктура отсутствует.

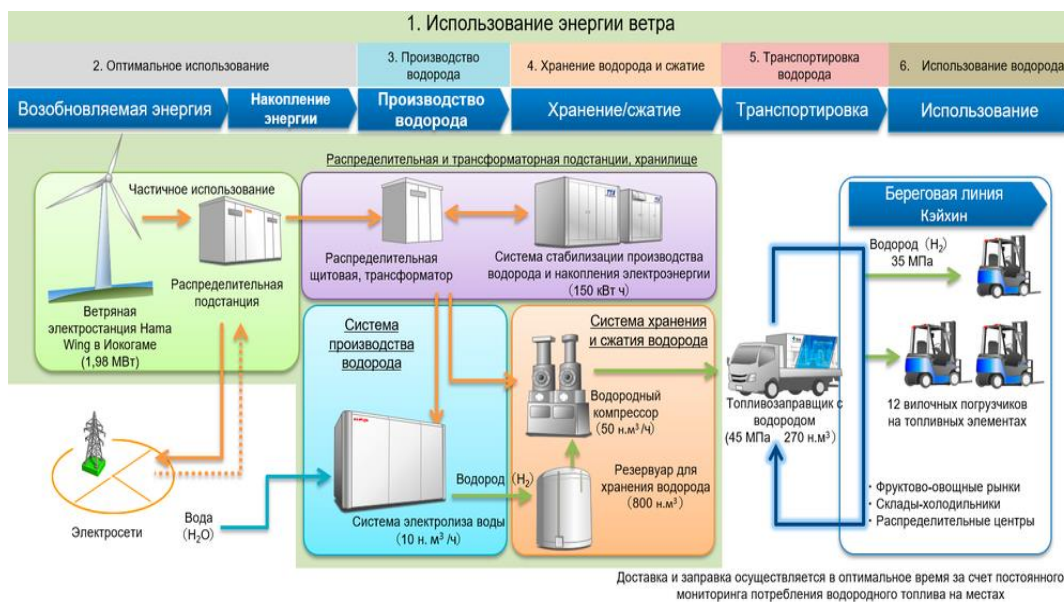


Рисунок 1 – Водородно-ветряной энергетический комплекс Naha Wing

На погрузчике установлены топливные элементы, в которые компрессором нагнетается воздух и водород под давлением 35 МПа. Электроэнергия, вырабатываемая топливным элементом, подводится к аккумулятору, обеспечивающему питание электродвигателей, предназначенных для передвижения 2,5-тонного вилочного погрузчика и перемещения грузоподъемного устройства. Заправка полного бака погрузчика 1,2 кг водорода осуществляется за 3 минуты. Погрузчик способен работать непрерывно в течение 8 часов при температуре окру-

жающей среды от 0 до 40°C. Удельный расход водородного топлива при работе погрузчика составляет 0,18 кг/ч.

Сопоставим энергоэффективность водорода, органического топлива и электроэнергии в качестве топлива для погрузчика. Примем во внимание, что удельная теплота сгорания водорода - 141 МДж/кг [4], бензина – 44 МДж/кг, дизельного топлива – 49 МДж/кг. Итак, средний удельный расход топлива различного вида, выраженный в кг H<sub>2</sub>/ч составляет:

- водородные элементы (водород) 0,18 кг/ч;
- дизельный двигатель (дизельное топливо) 0,6 кг H<sub>2</sub>/ч;
- аккумуляторная батарея (электроэнергия) 0,2 кг H<sub>2</sub>/ч.

Таким образом, использование топливных водородных элементов в качестве источника электроэнергии на автопогрузчике, без учета энергозатрат на производство водорода, его транспортировку и заправочную инфраструктуру наиболее эффективно.

Сравним затраты на производство различных видов топлива по показателю К, учитывающему отношение энергии на производство топлива к его энергоемкости: бензин (НПЗ) – 0,17; электроэнергия (ТЭС) – 2,33; водород (электролиз) – 3.

Следовательно, получение водорода в 18 раз дороже производства углеводородного топлива и на 30% превышает затраты при производстве электроэнергии.

Водород – наименее энергоемкое топливо. Чтобы обеспечить приемлемый запас водорода на борту автомобиля, необходимо затратить энергию на его сжатие (рисунок 2) [5].

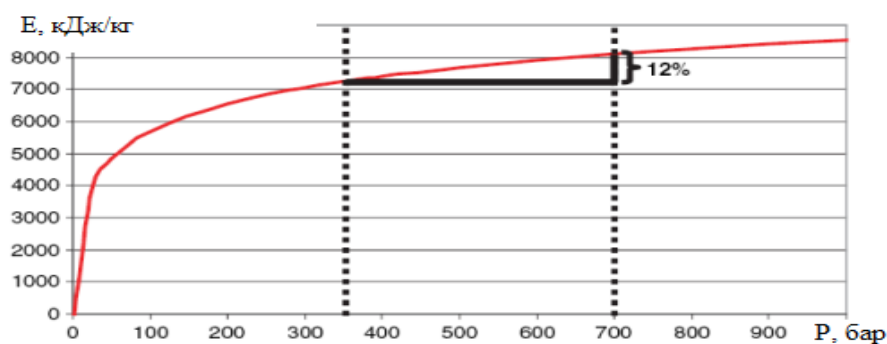


Рисунок 2 – Энергия, затрачиваемая на сжатие водорода при температуре 300 К

Оценим дополнительные энергозатраты заправки водорода в баллоны. Для сжатия водорода до 350 (700) бар требуется около 7 (8) МДж/кг энергии (см. рисунок 2). Масса сжатого до 350 (700) бар водорода в 150-литровом баллоне составляет 3,5 (5,9) кг. Следовательно, на заправку баллона будет затрачено 3,5×7 (5,9×8) = 24,5 (47,2) МДж энергии.

Просуммировав энергозатраты на производство водорода и его закачку, отметим, что показатель К, учитывающий отношение энергии на производство (и закачку) топлива к его энергоемкости, возрастает до 5.

Трубопроводная или автомобильная транспортировка водорода проигрывает по стоимости и безопасности транспорту органического топлива, и тем более транспорту электроэнергии [6]. Бензовоз («водородовоз»), за одну поездку доставляет объем, достаточный для заправки 60 автомобилей водородом или 800 автомобилей бензином.

Энергетические затраты на автомобильную транспортировку водорода (в процентах от энергии перевозимого водорода) зависят от расстояния: 250 км – 20 % энергии H<sub>2</sub>; 500 км – 40 %.

Оценим возможности транспортировки водорода по трубам. Отметим, что имеющиеся газовые трубопроводы не могут использоваться для транспорта водорода (требуются соответствующие геометрические характеристики трубопровода и марка металла). Транспортировка водорода по специальным трубопроводам сопряжена со значительными эксплуатаци-

онными расходами, связанными с работой мощных компрессоров. Энергетические затраты на передачу водорода достигают 8% от прокачиваемого объёма на дальности в 1000 км.

Выполненная в США в 2006 г. предварительная оценка затрат на создание трубопроводной инфраструктуры для транспортировки водорода привела к сумме \$ 200 триллионов [6].

При производстве водорода может использоваться электроэнергия, полученная из различных источников: ветрогенератор, солнечная батарея, электросеть. Сравним их эффективность.

Для производства «энергетической единицы» водорода требуется три единицы энергии ветрогенератора, четыре – электросети и девять «энергетических единиц» солнечной батареи.

Даже при использовании в комплексе Nama Wing энергии только ветрогенератора затраты на электролиз воды остаются значительными.

Предлагается отказаться от производства водорода, и использовать систему стабилизации (батарею) комплекса Nama Wing для накопления электроэнергии, вырабатываемой ветрогенератором.

Пусть эффективность отдельных элементов установки составляет:

- 40% – КПД ветрогенератора,
- 70% – КПД электролизера,
- 80% – КПД зарядки электробатареи.

Следовательно, эффективность системы хранения энергии в водородном носителе (ветрогенерация + электролиз), составит:  $0,4 \times 0,7 = 0,28$  (28%).

Эффективность хранения энергии в аккумуляторах (ветрогенерация + зарядка аккумуляторов):  $0,4 \times 0,8 = 0,32$  (32%).

Использование аккумуляторных батарей, списанных с электромобилей, в качестве накопителя электроэнергии значительно дешевле водородной системы хранения, проще и безопаснее в обслуживании и доставке энергии потребителям.

Проведённый анализ позволяет заключить, что использование водорода на транспорте даже на базе современных технологических достижений в производстве, хранении, транспортировании, пока не может конкурировать по эффективности, безопасности и стоимости с углеводородным топливом и электроэнергией.

#### *Список литературы*

1. Мурамович В.Г. Пути решения проблем снабжения водородом транспортной энергетики // Тр. Всеросс. научн.- техн. конф. «Перспективы развития транспорта России» / ИПТ РАН. СПб.. 2005. С. 88–89.

2. Крылов Ю.Е., Каминский В.Ю., Мурамович В.Г., Бордученко Ю.Л. Сколько углеводородного топлива необходимо транспорту России? // Тр. Юбилейной Межд. научн.- практ. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015» / ИПТ РАН. СПб. 2015. Т. 2. С.75–80.

3. Баканов П. Как японцы убьют двигатель внутреннего сгорания.- Режим доступа URL: <https://auto.mail.ru/article/67449> / (дата обращения 13.02.2018).

4. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. изд. / Д.Ю. Гамбург, В.П. Семёнов, Н.Ф. Дубовкин, Л.Н. Смирнова; под. ред. Д.Ю. Гамбурга, Н.Ф. Дубовкина. М.: Химия 1989. 672 с.

5. Хранение водорода. Хранение в сжатом состоянии – Режим доступа URL: <http://keepslide.com/technology/8843> / (дата обращения 04.04.2018).

6. Полякова Т.В. Состояние и перспективы водородной энергетики в России и мире. Аналитическая записка. Центр глобальных проблем ИМИ – Режим доступа URL: [https://mgimo.ru/files/120132/polyakova\\_vodorod.pdf](https://mgimo.ru/files/120132/polyakova_vodorod.pdf) (дата обращения 14.03.2018).

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА ТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

*Палкина Елена Сергеевна – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики транспорта*

*ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»*

*190031, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 9, elena\_palkina@hotmail.com*

*Аннотация.* Изложены концептуальные положения системно-интегрированного управления реализацией стратегии роста транспортных организаций в условиях цифровизации экономики. Особое внимание уделяется ее основополагающим базовым компонентам – информационно-когнитивному целевому подходу к принятию решений и фундаментальным особенностям транспорта. Полученные результаты исследования служат основой для формирования экономического механизма реализации стратегии роста транспортных организаций в цифровой экономике.

*Ключевые слова:* информационно-когнитивный подход, системно-интегрированное управление, транспортная организация, фундаментальные особенности транспорта, цифровая экономика.

## CONCEPTUAL BASIS OF TRANSPORT ORGANIZATIONS' ECONOMIC GROWTH INTENSIFICATION IN CONDITIONS OF DIGITAL ECONOMY

*Palkina Elena S. – Doctor of Economic Sciences, Professor of Transportation Economics Department*

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

*9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation, elena\_palkina@hotmail.com*

*Abstract.* Conceptual foundation of system-integrated management in the field of the transport organizations' growth strategy realization in context of digital economy has been presented. Special attention is paid to its basic components – information-cognitive target approach to decision-making and fundamental peculiarities of transport. The obtained results form a scientific basis for development and implementation of the economic mechanism for provision of transport organizations' growth strategy realization in digital economy.

*Keywords:* information-cognitive approach, system-integrated management, transport organization, fundamental peculiarities of transport, digital economy.

В современных условиях тотальной цифровизации, автоматизации процессов успешность компаний во многом определяется высокой гибкостью и скоростью реакции на развитых конкурентных рынках. Общемировая тенденция цифровизации экономики связана с использованием высокоинтеллектуальных когнитивных технологий, интернета вещей, больших данных, дополненной реальности, развитием облачных технологий, которые приведут в скором будущем к значительным изменениям большинства бизнес-моделей и принципам взаимодействия экономических субъектов. Российская Федерация наряду с другими странами мира, понимая неизбежность предстоящих изменений, много внимания уделяет осознанному движению в сторону «цифровизации» экономики, формируя институциональную среду для развития исследований и разработок в области цифровой экономики, осуществляя разработку проектов нормативных правовых актов, обеспечивающих снятие правовых ограничений по развитию цифровой экономики, принятием мер, направленных на стимулирование

экономической деятельности, связанной с использованием современных технологий, сбором и использованием данных, создавая условия для подготовки соответствующих кадров. Формирование цифровой экономики в Российской Федерации является одним из важных национальных приоритетов в условиях развития информационного общества, определяющим ее конкурентоспособность на мировом рынке [1]. При этом особое внимание уделяется обеспечению безопасности информационно-телекоммуникационной инфраструктуры Российской Федерации на всех уровнях информационного пространства, а также технической, организационной и правовой защите личности, бизнеса и государственных интересов при взаимодействии в условиях цифровой экономики [2]. Происходящие изменения затронули и сферу транспорта. Так, при организации движения транспорта используется геолокационное оборудование, фиксируются и анализируются поступающие сигналы от транспортных средств, информация с многочисленных IP-видеокамер, внедряются «безлюдные технологии» управления транспортными средствами, строятся «умные вокзалы», увеличивается скорость доставки грузов и пассажиров, реализуется комплексный научно-технический проект «Цифровая железная дорога». В России использование современных цифровых технологий организации перевозочного процесса, предусматривающих полную интеграцию интеллектуальных коммуникационных технологий между пользователем, транспортным средством, системой управления движением и инфраструктурой, призвано обеспечить устойчивую конкурентоспособность отечественных компаний на глобальном рынке транспортно-логистических услуг, на сформировать основу мультимодальных высокоскоростных перевозок в новой системе транспортных коммуникаций, стать стимулом создания крупных мультимодальных узлов международного значения, обеспечивающих взаимосвязь графиков движения разных видов транспорта с использованием единой информационной системы, предложением новых онлайн-сервисов, что в целом будет способствовать удобству потребителей транспортных услуг.

Результаты анализа генезиса теории и методологии стратегического управления [3-7] позволяют констатировать, что на сегодняшний день отечественными и зарубежными учеными разработаны различные подходы, концепции и развитый инструментарий стратегического менеджмента. Вместе с тем вопросы их эффективного использования в современных условиях развития и широкого внедрения цифровых технологий требуют дополнительного изучения и формирования новой концептуальной основы для решения методологических проблем. Следует также отметить практическое отсутствие в литературе обоснования необходимости применения тех или иных управленческих концепций для организаций транспортной отрасли. Вышеперечисленное обусловило необходимость создания качественно нового концептуального подхода к управлению реализацией стратегии роста транспортной организации в условиях цифровой экономики.

Авторскую концепцию системно-интегрированного управления реализацией стратегии роста транспортной организации, как показано в статье «Концепция системно-интегрированного управления реализацией стратегии роста транспортной компании» [8], образуют две ее основополагающие характеристики: системность и интеграция. Одними из базовых структурных компонент предложенной концепции, содержащими ее основные теоретико-методологические положения, являются модули «Информационно-когнитивный целевой подход к принятию решений» и «Фундаментальные особенности транспорта».

Особое внимание в новой научной концепции уделяется вопросам информационного обеспечения процесса принятия управленческих решений как одной из ключевых детерминант реализации стратегии роста транспортной организации (модуль «Информационно-когнитивный целевой подход к принятию решений»). В условиях глобализации, цифровизации экономики и высокой динамичности окружающей среды определяющим фактором принятия субъектом предпринимательской деятельности рационального управленческого решения является информация. Соответственно, качество управленческих решений напрямую зависит от качества, оперативности и надежности предоставленной ему информации. В свою очередь, качество управленческих решений определяет эффективность деятельности фирмы, динамику ее развития, возможности экономического роста и создает определенные конку-

рентные преимущества. Согласно предлагаемому информационно-когнитивному целевому подходу информация является значимым ресурсом увеличения всех потенциалов компании и принятия эффективных управленческих решений, направленных на реализацию стратегии роста. При этом для компании важен баланс информационной открытости (в первую очередь, для инвесторов с целью привлечения их капиталов в развитие бизнеса), с одной стороны, и обеспечения сохранности коммерческой тайны, с другой, с тем чтобы сохранять свои конкурентные преимущества. Федеральный закон «Об акционерных обществах» определяет информацию, подлежащую обязательному раскрытию. Институциональная составляющая данного подхода проявляется в трихотомии понятий «информация», «процесс принятия управленческих решений» и «результат». Процесс разработки и принятия управленческих решений строится на взаимосвязанном использовании комплекса управленческого инструментария, максимальном задействовании факторов, определяющих темпы экономического роста транспортной организации, использовании ресурсов, реализации потенциальных возможностей организации «на входе» для достижения целевого результата (в данном контексте – обеспечения эффективного экономического роста транспортной компании) «на выходе». В процессе реализации стратегии роста в равной степени контролируются показатели результативности (показывающие степень достижения поставленных стратегических целей и основанные на целевом подходе) и эффективности (характеризующие соотношение полученного результата к объему затраченных ресурсов и основанные на ресурсном подходе к управлению).

Основной особенностью предлагаемого подхода является то, что система управленческих решений в транспортной организации, основанная на информации, тесно увязана с целевыми стратегическими ориентирами ее деятельности, что позволяет повысить результативность реализации стратегии роста транспортной компании. Акцент в управлении ставится на достижение установленных целевых показателей. Кроме того, подчеркивается особая роль информации в управлении компанией как ключевой фактор реализации конкурентных преимуществ организации и достижения стратегической цели эффективного экономического роста.

Авторская концепция системно-интегрированного управления реализацией стратегии роста также опирается на ряд фундаментальных особенностей транспорта, которые определяют своеобразие состава и действий ключевых детерминант роста транспортных организаций и, как следствие, обуславливают необходимость использования специфических методологических положений и принципов (модуль «Фундаментальные особенности транспорта»). Главная отраслевая особенность с точки зрения влияния на деятельность транспортной компании заключается в высокой капиталоемкости. Соответственно, основное внимание следует уделять инвестициям в основной капитал и инвестиционному менеджменту с целью повышения рентабельности инвестированного капитала. Высокая капиталоемкость и относительно низкая рентабельность капитала определяют априори более высокий риск создания стоимости при реализации стратегии роста, управление которым обуславливает необходимость формирования требований к рентабельности и качеству инвестиций. Вследствие высокой капиталоемкости деятельность транспортных организаций характеризуется высоким уровнем операционного рычага и операционного риска, в результате чего влияние конъюнктуры рынка транспортных услуг при реализации стратегии роста более значительно. С учетом высокой чувствительности стоимости транспортной компании к снижению спроса на грузоперевозки, требования к запасу финансовой прочности транспортной организации повышаются. В то же время эффект операционного рычага весьма высок, что требует повышения инвестиционной активности транспортной компании при благоприятных перспективах экономического роста.

В целом значительный уровень операционного риска, отмечаемый на транспорте, требует разработки новых подходов к ценообразованию транспортно-экспедиционных услуг. Высокая капиталоемкость и низкая рентабельность операционной деятельности обуславливают длительный период окупаемости инвестиций. Это формирует особые требования к структуре и стоимости капитала: возникает высокая потребность в долгосрочных источниках



финансирования, привлекаемых на срок окупаемости инвестиций. В этом случае целесообразно проведение консервативной или умеренной финансовой политики, что подразумевает большую долю собственных средств (как правило, транспортные компании в своей деятельности стремятся не превышать предельное значение финансового рычага равного единице). Это обуславливает необходимость привлечения стратегических инвесторов в транспортную отрасль, заинтересованных в ее долгосрочном развитии и готовых к умеренным рискам и среднему уровню доходности капитальных вложений.

Высокая потребность транспортной отрасли в долгосрочных источниках финансирования инвестиций обуславливает актуальность первичных и последующих публичных размещений акций российскими транспортными компаниями (IPO, SPO). Кроме того, по оценкам экспертов, рынок IPO российских транспортных компаний в настоящее время не развит, содержит большой потенциал роста, что потребует в дальнейшем эффективного управления стоимостью компании для повышения инвестиционной привлекательности и обеспечения экономического роста отечественных транспортных организаций. Мультипликатор роста прибыли и стоимости велик и определяет выбор инвестиционных проектов. Экономический рост и рост стоимости связан этим мультипликатором. Неравномерность денежного потока в течение года в связи с действием в России фактора сезонности перевозок обуславливает необходимость сокращения операционного и финансового циклов компании, проведения эффективной кредитной политики.

Другая особенность состоит в том, что транспортные услуги не существуют в форме самостоятельного вещественного продукта, а являются продолжением воспроизводственного процесса других отраслей экономики, элементом цепочки создания добавленной стоимости товарной продукции. Отсюда важно время доставки, качество и цена доставки транспортом.

В связи с этим наилучшим образом подходит процессный подход к управлению, предусматривающий контроль качества и оценку экономической добавленной стоимости каждой операции. Процессный подход также позволит решить проблему медленного оборота инвестированного капитала, ускорить оборачиваемость инвестированного капитала, а значит, повысить его рентабельность и обеспечить увеличение рыночной стоимости компании.

В то же время воспроизводственный процесс на транспорте имеет модифицированную структуру, отличную от других отраслей экономики, а именно: потребление и реализация специфической транспортной работы объединены с процессом транспортного производства. Отсутствие запасов готовой продукции и высокая капиталоемкость перевозок приводят к существенным особенностям в структуре затрат транспорта, где помимо амортизации весьма высока доля топливных затрат. В связи с этим внимание менеджмента также должно быть направлено на энергосбережение и энергоэффективность. Указанная специфика воспроизводственного процесса и продукции транспорта определяет особенности реализации стратегии роста транспортной организации, отражающие основные аспекты управления величиной, структурой, стоимостью и рентабельностью инвестированного капитала.

С целью обеспечения эффективного достижения стратегических целей транспортной организации необходимо создание информационной инфраструктуры для обеспечения поддержки принятия соответствующих управленческих решений и регулярный мониторинг хода реализации стратегии развития компании. Для этого важно правильно выстроить систему управленческой отчетности, которая позволяет в текущем режиме оценивать степень результативности и эффективности достижения стратегических целей, и, при необходимости, вносить в стратегию корректировки, связанные с пересмотром либо вектора развития компании, либо мероприятий (сроков, бюджета) по ее реализации в рамках выбранного курса, и служит основой для принятия соответствующих управленческих решений. Система управленческого учета и отчетности компании является основой для оценки плановых и фактических значений ключевых показателей деятельности и для принятия управленческих решений в области реализации стратегии роста.

В ходе исследования была выполнена структуризация системы информационного обеспечения принятия управленческих решений в области реализации стратегии роста

транспортной компании. В результате, предложено классифицировать отчеты компании для целей управления по ряду признаков:

- а) по уровням управления – стратегические, оперативные, тактические;
- б) по группам пользователей – внешние пользователи, внутренние пользователи (топ-менеджмент, другие подразделения);
- в) по периодичности предоставления – еженедельные, ежемесячные, ежеквартальные, ежегодные.

Следует отметить, что информационный поток на тактическом уровне управления более детальный, точный, предсказуемый, и количество пользователей велико; отчеты могут предоставляться дифференцировано, то есть разным пользователям по какому-то одному сегменту информации, информационному срезу.

На стратегическом уровне управления отчеты предоставляются с большой периодичностью, они более агрегированы, менее точные, круг доступа лиц ограничен. Ключевое место в системе управленческой отчетности должен занимать отчет о реализации стратегии. Этот документ позволит руководству компании регулярно отслеживать ход реализации стратегии, оценивать степень достижения стратегических целей компании, при необходимости корректировать управляющие воздействия или вектор развития компании в зависимости от изменений внешней и внутренней среды, определять мотивацию сотрудников.

В целом, информационные системы управления должны быть спроектированы таким образом, чтобы способствовать укреплению рыночной позиции компании посредством поддержки конкурентных преимуществ и соответствовать стратегии развития. Авторская концепция системно-интегрированного управления реализацией стратегии роста транспортной компании послужила фундаментальной основой дальнейших разработок методологических положений автора по созданию и имплементации одноименного экономического механизма в систему управления транспортной организацией.

Среди особенностей новой концепции следует отметить: использование потенциальных величин, акцент на когнитивно-информационную составляющую процесса формирования стоимости компании, выявление и обобщение особенностей транспорта, накладывающих определенную отраслевую специфику на реализацию стратегии роста организации в условиях цифровой экономики.

#### *Список литературы*

1. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/>.
2. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года №1632-р.
3. Эмерсон, Г. Двенадцать принципов производительности: пер. с англ. / Гаррингтон Эмерсон. Самара: Офорт. 2011. 248 с.
4. Эшуорт, Г. Менеджмент, основанный на ценности: Как обеспечить ценность для акционеров: пер. с англ. / Гари Эшуорт, Полл Джеймс. М.: ИНФРА-М. 2006. 188 с.
5. Chandler, A.D., Jr. Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise / Alfred D. Chandler, Jr. Cambridge: MA: MIT Press. 1968. 480 p.
6. Collis, D.J. Corporate Strategy: Resources and the Scope of the Firm / David J. Collis, Cynthia A. Montgomery. Irwin: Chicago. 1997. 784 p.
7. Teece, D.J. Dynamic capabilities and strategic management / David J. Teece, Gary Pisano, Amy Shuen // Strategic Management Journal. 1997. 18 (7). pp. 509–533.
8. Палкина, Е.С. Концепция системно-интегрированного управления реализацией стратегии роста транспортной компании / Е.С. Палкина // Вестник Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина. Серия экономика. 2013. №3. С. 69–77.

## ОПОРНЫЕ ЗОНЫ КАК ОСНОВА ТРАНСПОРТНОЙ СВЯЗАННОСТИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

*Башмакова Елена Петровна* – кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела социальной политики на Севере

*Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина - обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»*

*184209, Российская Федерация, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, дом 24a, bashmakova@iep.kolasc.net.ru*

*Аннотация. В работе рассмотрены опорные зоны АЗРФ с позиции формирования на их основе транспортной связанности Российской Арктики. Определено, что опорные зоны вносят значительный вклад в развитие различных видов промышленности, в том числе высокотехнологичной, в развитие Северного морского пути, создавая крупные транспортно-логистические узлы и новую более совершенную инфраструктуру арктического пространства, что в комплексе способствует социально-экономическому развитию АЗРФ и формированию одного из коридоров пространственно-транспортно-логистического развития территории России в целом.*

*Ключевые слова: опорные зоны, Северный морской путь, транспорт, логистика, пространство, магистрали, промышленность.*

## REFERENCE ZONES AS THE GROUND FOR TRANSPORT CONNECTIVITY OF THE RUSSIAN ARCTIC

*Bashmakova Elena P. – Phd (candidate of economic sciences), associate professor, leading researcher of the social policy department in the North*

*IES KSC RAS*

*Fersman St. house 24a, Apatity, Murmansk region, 184209, Russian Federation, bashmakova@iep.kolasc.net.ru*

*Abstract. The paper considers the reference zones of the Russian Arctic from the point of formation of transport connectivity on their basis. It is determined that these base zones contribute significantly to the development of various types of industry, including high-tech, to the development of the Northern Sea Route, by creating large transport and logistics nodes and a new perfect infrastructure in the Arctic space. All this in a complex contributes to the social-economic development of the Russian Arctic and to the formation of one of the space-transport-logistical development corridors of Russia territory as a whole.*

*Keywords: reference/base zones, Northern Sea Route, transport, logistics, space, highways, industry.*

Неравномерность пространственного распределения экономических ресурсов и социально-экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) обосновывает необходимость использования новой стратегии развития этой чрезвычайно важной для России территории на основе теории поляризованного развития, где в качестве полюсов (очагов, точек) развития создаются «опорные зоны».

Ориентация опорных зон на Северный морской путь и морские порты этой магистрали обеспечивает условия для создания единой арктической транспортной системы, развития энергетической и информационной инфраструктуры АЗРФ, реализации инвестиционных проектов, что будет способствовать повышению экономической эффективности и конкурентоспособности арктической продукции и территории в целом.

До настоящего времени транспортная инфраструктура Арктики, не в полной мере соответствует ее ресурсному и транзитному потенциалу, что создает одну из системных проблем развития российских арктических территорий. Эта проблема усугубляется как неравномерным развитием самой транспортной системы, так и неоднородностью социально-экономической ситуации в арктических регионах. Решение этой комплексной междисциплинарной проблемы предопределяет необходимость формирования новой системы взглядов на развитие транспортного пространства российской Арктики, как ответа на современные геоэкономические и геополитические вызовы.

Базовым элементом транспортно-логистической системы Российской Арктики является Северный морской путь – природная логистическая система, имеющая широтную и меридиональную составляющие. Экономически обоснованное формирование инфраструктуры СМП, включающее развитие транспортных сетей, транспортных узлов, интегрирующих все виды транспорта, информационных центров и средств управления - необходимый механизм создания условий для развития социально-экономического потенциала, повышения качества жизни населения арктических территорий, укрепления национальной и экономической безопасности России.

Такой взгляд на развитие транспортной системы Арктики вполне соответствует новой концепции, разработанной Российской академией наук (РАН), Московским государственным университетом и бизнес-экспертами - «Концепция проекта Стратегии пространственно-транспортно-логистических коридоров на территории России», соединяющих Азиатско-Тихоокеанский регион и Европейский Союз.

По замыслу разработчиков, создаются два транспортно-логистических коридора с опорой на Северный морской путь, новую скоростную железнодорожную магистраль на базе Восточного полигона ОАО «Российские железные дороги» (Транссиб и БАМ) и сеть транспортно-перегрузочных узлов. Проект имеет рабочее название «Единая Евразия» и оценивается в \$220–240 млрд. Он направлен на создание условий для выхода страны на новый социально-экономический уровень за счет комплексного освоения территорий Сибири, Дальнего Востока и Арктики, создания высокотехнологичной продукции, развития человеческого потенциала [1, 2].

«Необходимость эффективного освоения и использования пространства, в том числе путем преодоления диспропорций в социально-экономическом развитии территории страны, а также укрепление позиций России в области экономического, научного и военного освоения космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики» - провозглашено и в «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». [3]

Для реализации «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности до 2020 гг.» в АЗРФ создано 8 «опорных зон»: Кольская, Архангельская, Ненецкая, Воркутинская, Ямало-Ненецкая, Таймыро-Туруханская, Северо-Якутская, Чукотская. Опорная зона – это субъекты или часть субъектов Российской Федерации, на которых расположены или с которой связаны в рамках кооперационных цепочек транспортные, инфраструктурные, промышленные и иные объекты, выполняющие стратегические задачи по комплексному социально-экономическому развитию АЗРФ. Каждая из опорных зон имеет определенный набор преимуществ, обусловленных наличием природных ресурсов, развитой промышленности, транспортной составляющей (рис. 1).

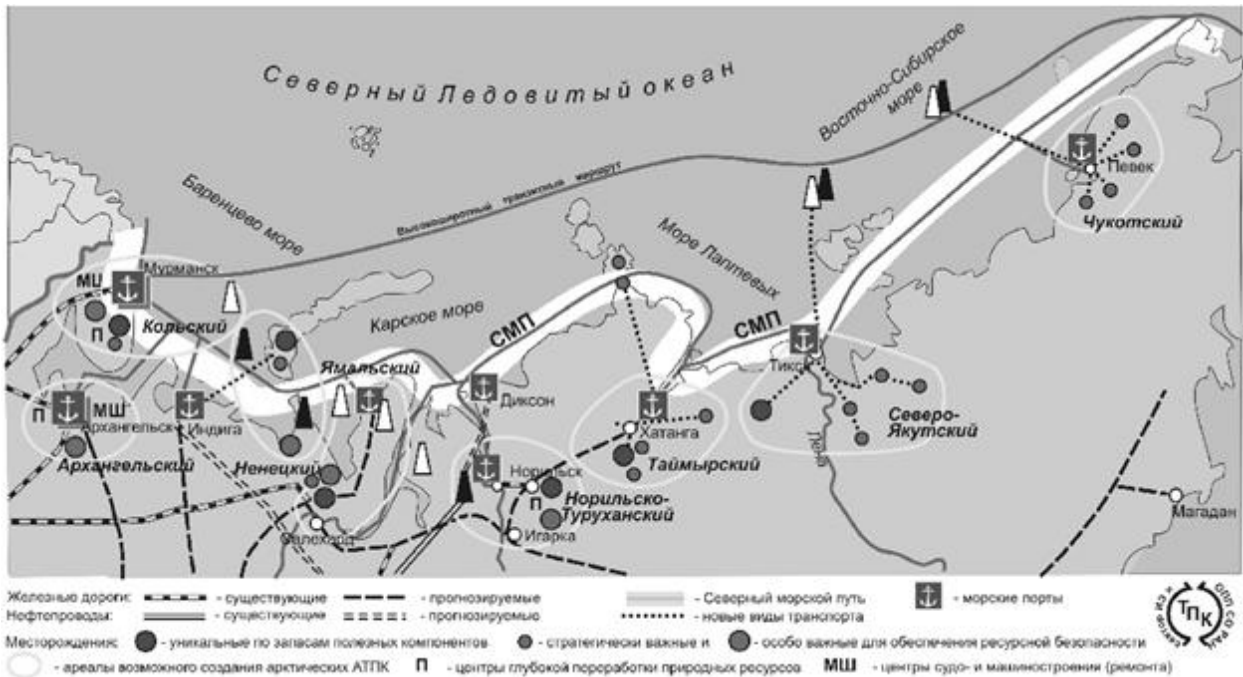


Рисунок 1 – Производственные и транспортные комплексы в рамках опорных зон АЗРФ [4]

В настоящее время наибольшее развитие получила Западная часть Арктики, где расположены Кольская, Архангельская, Ненецкая, Ямало-Ненецкая и Таймыро-Туруханская опорные зоны.

Якорным транспортным объектом *Кольской опорной зоны* является проект «Мурманский транспортный узел», который будет интегрирован в международный транспортный коридор «Север – Юг». В проект входит создание транспортной инфраструктуры на западном берегу Кольского залива, в том числе строительство терминалов по перевалке угля, нефти и нефтепродуктов, контейнерного терминала, развитие железнодорожной и автодорожной инфраструктуры (объем инвестиций оценивается в 145 млрд. рублей).

Нефтегазовые российские компании («Роснефть», «Газпром», «НОВАТЭК») разворачивают в регионе производственные мощности по строительству морских платформ, и опорных баз по добыче углеводородов. В частности, «НОВАТЭК» (в рамках проекта Арктик СПГ-2 по освоению месторождений Гыдана) реализует инвестиционный проект по созданию Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений (плавающие СПГ-терминалы, буровые платформы и т.д.), в п. Белокаменка на западной стороне Кольского залива. Создание уникальных для России высокотехнологичных морских сооружений будет способствовать формированию центра локализации и импортозамещения в области судостроения и судоремонта.

Роснефть ведет подготовительные работы по созданию базы берегового обеспечения арктических судов с формированием нефтесервисных предприятий и сервисного обслуживания кораблей и судов, осуществляющих плавание по Северному морскому пути.

Реализация проекта по развитию Мурманского транспортного узла в сочетании с реконструкцией железнодорожных и автомобильных магистралей, продлением сроков эксплуатации энергоблоков Кольской АЭС, инициативами «НОВАТЭКА» и «Роснефти», а также с развитием сервисного обеспечения судоходства и модернизацией портовой инфраструктуры сформирует в регионе крупнейший арктический транспортно-логистический центр – хаб [5].

Кольская опорная зона имеет также значительную оборонную специализацию, так как дислоцированные здесь силы и средства Военно-морского флота РФ выступают стратегическим объектом пространственного развития данной территории, и обеспечения стабильности на сопряженном региональном пространстве.

*Архангельская опорная зона* является ключевой с точки зрения промышленного освоения Арктики и развития транспортной системы макрорегиона. Она включает взаимоувя-

занные проекты в сфере транспорта, горнодобывающей отрасли, в лесной сфере, жилищном и строительном секторе, в сферах развития высоких технологий, сельского хозяйства, а также в туризме.

Ввод железнодорожной магистрали «Белкомур» (новая железнодорожная магистраль протяженностью 1161 тыс км - Соликамск (Пермь) - Сыктывкар – Архангельск) и строительство глубоководного района в морском порту Архангельск потребует инвестиций в объеме 225 млрд. рублей. Общая стоимость проекта с учетом мультипликативного эффекта оценивается в 720 млрд. рублей.

Железнодорожная магистраль «Белкомур» формирует новое «диагональное» направление в системе международных транспортных коридоров европейской части России, что позволит сократить ряд маршрутов между Китаем, Казахстаном, государствами Центральной Азии и Европой на 800 километров, а также перераспределить грузовые потоки с портов Балтийского зарубежья и, частично, российской Балтики, на порты российского Севера - Мурманск и Архангельск [6].

*Ненецкая опорная зона* связана с перспективами реализации проектов глубоководного морского незамерзающего порта и железной дороги. С помощью этих проектов, общая стоимость которых предварительно оценивается в 260 млрд. рублей, регион выйдет на Северный морской путь. Проекты включают - строительство глубоководного морского порта «Индига» (проектная стоимость составляет порядка 120 млрд. рублей) и железной дороги «Сосногорск – Индига» (около 140 млрд. рублей).

Порт «Индига» находится посередине между портом «Мурманск» и «Сабетта» и расположен в незамерзающей части Баренцева моря. Суда ледового класса могут заходить в порт 185 дней в году без ледокольного сопровождения (для сравнения, у архангельского порта этот показатель колеблется в районе 130 дней). Близко к порту расположен Тимано-Печорский нефтегазоносный бассейн, который занимает четвертое место по объемам запасов в РФ. Проект строительства порта «Индига» планируется включить в проект железнодорожной магистрали «Белкомур». Это позволяет рассматривать, порт «Индигу» как потенциальную «точку роста» Ненецкой опорной зоны и как важное звено развития Северного морского пути. [7]

*Ямало-Ненецкая опорная зона* - это реализация проекта "Ямал СПГ" – на базе Южно-Тамбейского месторождения, это комплексный многофункциональный морской порт Сабетта, международный аэропорт Сабетта, реализация большого количества нефтегазовых проектов и проектов по развитию транспортной инфраструктуры Западной Арктики, ориентированных на создание единой системы коммуникаций.

В 2018 г. планируется начать строительство «Северного широтного хода» (СШХ). Существующая в ЯНАО железнодорожная сеть представлена двумя несвязанными между собой участками железных дорог общей протяженностью 1390 км. Протяженность СШХ 707 км, и он должен связать западную и восточную части ЯНАО соединив Северную железную дорогу со Свердловской железной дорогой.

Логическим продолжением СШХ является строительство железной дороги Бованенково - Сабетта (170 километров). Строительство этого участка дает прямой выход Северной и Свердловской железных дорог к СМП. Это создает фундамент для освоения богатейшей минерально-сырьевой базы региона, включая шельф Карского моря, и месторождений Северного Урала. Проект позволяет сформировать стратегически важный транспортный полигон, дополняющий Транссибирскую магистраль с потенциалом выхода к Арктике. Реализация проекта базируется на подтвержденных грузовладельцами объемах перевозок порядка 25 миллионов тонн в год (рис.2).



Рису-

НОК

## 2 – Ямало-Ненецкая опорная зона [8]

Ямало-Ненецкая опорная зона демонстрирует и значительные достижения в развитии высокотехнологичных производств. Компании «Газпром», НОВАТЭК, Транснефть, ЛУКОЙЛ обладают самыми передовыми технологиями по добыче и транспортировке нефти и газа в условиях Арктики, которые не имеют мировых аналогов. Эти технологии позволяют запустить в эксплуатацию на Ямале сразу пять новых центров по добыче нефти и газа – Бованенковский, Тамбейский и Новопортовский на полуострове Ямал, Мессояхинский центр нефтедобычи на северо-востоке округа, Каменномысский центр газодобычи в акваториях Обской и Тазовской губ. Благодаря новым технологиям, уже через пять лет объем добычи газа на Ямале может увеличиться до 620 млрд м<sup>3</sup> в год.

Благодаря российским технологиям и ноу-хау, на Ямале создается и принципиально новая транспортная инфраструктура, включающая строительство мостов и портовых сооружений в зоне вечной мерзлоты. Запуск «Ямала СПГ» вывел округ в лидеры по производству сжиженного природного газа в России, а порт Сабетта и Северный широтный ход превратят регион в новый мировой транспортно-логистический хаб [9].

Потенциал комплексного освоения *Таймыро-Туруханской опорной зоны* (Красноярский край) может стать одной из точек опережающего экономического роста Восточной Сибири, основой развития инфраструктурной базы для освоения арктического шельфа, а также поддержки эксплуатации и загрузки Северного морского пути. Началось освоение одного из самых больших в мире месторождений высококачественных углей на полуострове Таймыр. В схеме территориального планирования федерального транспорта появился новый инвестиционный проект - угольный терминал в районе мыса Чайка морского порта Диксон. По оценке экспертов к 2020 году можно ожидать увеличение добычи угля в Арктике до 30 млн. тонн [9].

*Северный морской путь.* Развитие СМП идет по всем основным направлениям: промышленные и транспортные проекты увеличивают объемы грузоперевозок по СМП в особенности – в западном секторе от Мурманска до порта Сабетта. В 2016 г. объем перевозок грузов по Северному морскому пути составил почти 7,5 млн т, в 2017 г. объем увеличился до 10,7 млн т, в 2018 г. грузооборот оценивается в 12-14 млн т. Грузопоток по СМП к 2024 году должен вырасти до 80 млн тонн (Указ Президента РФ от 07.05.2018). Постепенно наращивается арктический флот, в т.ч.ледокольный; существенно обновляется портовая инфраструктура; ведется работа по устранению административных и торговых барьеров; акти-

визируется деятельность по привлечению частных инвестиций, в том числе иностранных. Обсуждается предложение связать развитие Северного морского пути с проектами железнодорожных магистралей «Белкомур» и «Северный широтный ход», что не только расширит транспортную систему, но и будет способствовать социально-экономическому развитию и арктических и северных районов страны. Соединение железнодорожного и морского маршрутов привлекает зарубежных инвесторов, особенно из Восточной Азии. Возрастает необходимость активизировать работы в восточной части СМП [10,11].

Среди факторов, сдерживающих развитие СМП, можно отметить отсутствие управляющей компании с функционалом, аналогичным УК Суэцкого или Панамского каналов. Предполагается, что таким оператором может стать государственная корпорация «Росатом». Оператор СМП будет наделен полномочиями по организации прохода судов в акватории Северного морского пути; правом принятия решений об открытии морских портов; по установлению правил оказания услуг; по формированию перечня портовых сборов в морских портах; по развитию мониторинга гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки; по разработке маршрутов плавания судов и использованию ледоколов; по организации проведения поисковых и спасательных операций. По данным Госкомиссии по развитию Арктики (24.04.2018 г.) законопроект уже в ближайшее время будет внесен на рассмотрение в Государственную Думу.

Не менее важной задачей является разработка новой высокотехнологичной продукции и новых технологических решений, способных повысить эффективность использования Северного морского пути. На эту задачу нацелено большинство проектов, которые предполагаются к реализации в Арктике.

Пространственно-логистический подход к комплексному освоению Российской Арктики обеспечивается интересами как государства, так и бизнеса, что активизирует использование государственно-частного и муниципально-частного партнерства. Большая часть проектов включена в «Транспортную стратегию Российской Федерации на период до 2030 года» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 года № 1734-р, в редакции от 11 июня 2014 года № 1032-р) и в Государственную Программу Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 21 апреля 2014 г. N 366, в редакции от 17.12.2014 N 1393 и от 31.08.2017 N 1064).

Часть проектов (на общую сумму 1,35 млрд. рублей) будет реализована в рамках Государственной программы «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2015—2030 годы» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2017 г., №374, в редакции от 30 марта 2018 г., № №360). Программа ориентирована на снижение зависимости от иностранного оборудования, и на развитие импортозамещения.

Всего для освоения Арктики отобрано 145 проектов на общую сумму 4,8 трлн. рублей, в число наиболее перспективных и имеющих межотраслевое значение включено 17 проектов с финансированием порядка 2,8 трлн. рублей.

Работы по созданию новой техники и технологий уже ведутся, вот только несколько примеров. Специалисты «Росатома» создают цифровую модель безэкипажного судна для Арктики - это наиболее перспективное направление применения информационных технологий в области морского и речного транспорта [12]

Петербуржским ЦКБ МТ «Рубин», учеными РАН, специалистами нефтегазодобывающего комплекса, завершено проектирование подводных роботов для Арктики, включая создание: бурового подводного беспилотного комплекса; судна - сейсморазведчика, способного работать в любых акваториях Мирового океана; беспилотного судна-транспортровщика, предназначенного для перевозки под водой крупногабаритных объектов и для сервисного обслуживания подводных объектов. Все проектируемые объекты не имеют мировых аналогов [13].

Создана первая в мире плавучая АЭС «Академик Ломоносов» (АО «Концерн Росэнергоатом»), то есть впервые появилась возможность транспортировать источник экологи-



чески безопасной энергии, что особенно актуально для уникальной экологической среды Арктики [14].

Опорные зоны, в которых реализуются комплексные промышленные проекты, в том числе высокотехнологичные, вносят значительный вклад в развитие Северного морского пути, в создание многофункциональных транспортно-логистических узлов и более совершенной инфраструктуры арктического пространства, что в комплексе способствует формированию глобальной арктической транспортной системы как одного из коридоров пространственно-транспортно-логистического развития территории России в целом.

#### *Список литературы*

1. Проект транспортно-логистических коридоров между ЕС и АТР. Режим доступа URL: <http://haarmannsi.com/infocentr/poleznoe/v-pravitelstvo-rf-postupil-proekt-transportno-logisticheskix-koridorov-mezhdu-es-i-atr.html> (дата обращения 02.04.2018);
2. Ученые разработали проект стратегии пространственно-экономического развития РФ. Режим доступа URL: <http://tass.ru/nauka/5111788> (дата обращения 11.04.2018);
3. «Стратегия научно-технологического развития России» утверждена указом Президента РФ от 01.12.2016 г. № 642. Официальный сайт «Консультант Плюс». – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 15.07.2017);
4. Главные точки роста Российской Арктики. Госкомиссия по развитию Российской Арктики, данные «Эксперта». <https://rg.ru/2016/03/09/reg-szfo/v-arktike-sozdadut-8-tochek-rosta.html> (дата обращения 11.09.2016);
5. Транспортные коммуникации и энергетическая инфраструктура Арктики России в книге «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития: актуальные проблемы, тенденции, перспективы. Научно-аналитический доклад / под науч. ред. д.э.н., проф. В.С. Селина, д.э.н., проф. Т.П. Скуфьиной, к.э.н., доц. Е.П. Башмаковой, к.э.н., доц. Е.Е. Торопушиной. – Апатиты. - изд. КНЦ РАН. - 2016. - с.209-237.
6. Жуков М.А. Российская Арктика в 2016 году. Смена вектора управления Северным морским путем. Редкие земли, - 2017. - №1. Режим доступа URL: <http://rareearth.ru> (дата обращения 28.03.2018);
7. Порт «Индига» включен в проект «Белкомур». Экономика и бизнес. Режим доступа URL: <http://special.tass.ru/ekonomika/5076000> (дата обращения 25.03.2018);
8. Северному широтному ходу быть. Режим доступа URL: <http://24ri.ru/down/open/severnomu-shirotnomu-hodu-byt.html> (дата обращения 17.03.2018);
9. Совет по Арктике и Антарктике при Совете Федерации Федерального собрания Российской Федерации. Ежегодный доклад (2016 год). - М. - Изд. Совета Федерации. - 2017. - с.11-42. Режим доступа URL: <http://council.gov.ru/media/files/LNcZOCmkeNVmLSGx5rFAfaheQlmPDylR.pdf> (дата обращения 25.03.2018);
10. Факторный анализ и прогноз грузопотоков Северного морского пути / Науч. ред. д.э.н. Селин В.С., д.э.н. Козьменко С.Ю. (гл. 4). – Апатиты: изд. КНЦ РАН, 2015. - 335 с.
11. СМП развитие: 21Neftegaz.RU1491. Режим доступа URL: <https://neftegaz.ru/news/view/168362-V-2017-g-obem-perevozok-po-Severnomu-morskomu-puti-vyros-pochti-na-43.-I-eto-tolko-nachalo> (дата обращения 16.02.2018);
12. Фонд перспективных исследований. В Росатоме создают цифровую модель безэкипажного судна для Арктики. Москва 05.04.2018. РИА Новости. Режим доступа URL: <https://ria.ru/atomtec/20180405/1517956613.html> (дата обращения 20.04.2018);
13. Д. Григорьев. 04.12.2017. Завершено проектирование подводных роботов для Арктики. Режим доступа URL: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=2d4e70c8-d6f3-4bc1-878b-24d611ce71e5> (дата обращения 28.04.2018).
14. Н. Землина. 29.04.2018. Плавающая атомная станция Академик Ломоносов отправилась в Мурманск. Режим доступа URL: <http://novostnash.ru/russia/2018/04/29/899164-plavuchaya-atomnaya-stanciya-akademik-lomonosov-otpravilas-v-murmansk.html>(дата обращения 02.05.2018).

## ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ

*Ульченко Михаил Васильевич* – кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела экономической политики и хозяйственной деятельности в Арктике и районах Крайнего Севера

*Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина* – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»

184209, Российская Федерация, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, дом 24а, [ulchenko23@rambler.ru](mailto:ulchenko23@rambler.ru)

Аннотация. Целью работы является проведение анализа состояния транспортной инфраструктуры регионов Арктической зоны Российской Федерации и выявление существующих проблем. Научная новизна исследования состоит в изложении авторского взгляда на существующие проблемы в транспортной системе арктических регионов России. В статье сделан вывод о том, что транспортный комплекс для регионов является не только внутренней инфраструктурой, но и своеобразным инструментом реализации региональных и национальных экономических интересов.

Ключевые слова: транспорт, безопасность, Арктика, регион, Северный морской путь, инфраструктура, развитие, проблемы.

## PROBLEMS OF TRANSPORT SAFETY OF THE ARCTIC REGIONS

*Ulchenko Mikhail V.* – Ph.D. (Economics), Associate Professor, Leading Researcher of department of economic policy of economic activity in the Arctic and the regions of the Far North

*Luzin Institute for Economics Studies* – Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»

Fersman St. house 24a, Apatity, Murmansk region, 184209, Russian Federation, [ulchenko23@rambler.ru](mailto:ulchenko23@rambler.ru)

Abstract. The purpose of work is carrying out the analysis of a condition of transport infrastructure of regions of the Arctic zone of the Russian Federation and identification of the existing problems. The scientific novelty of a research consists in statement of an author's view of the existing problems in the transport system of the Arctic regions of Russia. In article the conclusion is drawn that the transport complex for regions is not only internal infrastructure, but also a peculiar instrument of realization of regional and national economic interests.

Keywords: transport, safety, Arctic, region, Northern Sea Route, infrastructure, development, problems.

Согласно Федеральному закону №16 от 09 февраля 2007 года «О транспортной безопасности», с изменениями и дополнениями, вступившими в силу 21 декабря 2016 года, под транспортной безопасностью понимается состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства.

Являясь одной из важнейших отраслей народного хозяйства, транспортная система выполняет важнейшую функцию – функцию кровеносной системы в сложном организме страны. В настоящее время, транспортный комплекс обеспечивает не только внутренние межотраслевые связи и потребности населения в перевозках, но и позволяет осуществлять доставку пассажиров и экспортно-импортных грузов различного назначения» [1]. Кроме того, транспортный сектор очень важен и для экономического развития, как отдельных регионов, так и страны в целом, поскольку способствует созданию рабочих мест, использованию

товаров и сырья, инвестированию капиталов и созданию налоговых поступлений. Однако, пожалуй, нигде больше транспортный сектор не имеет такого жизненно важного значения, как в регионах Севера и Арктики. Это объясняется самими условиями, характерными для проживания в этих регионах – природно-климатические факторы, зависимость от ввоза продуктов первой необходимости, низкая плотность населения и очаговый характер промышленного и хозяйственного освоения территорий и т.д. Все это делает вопросы обеспечения транспортной безопасности регионов Севера и Арктики особенно актуальными.

В Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации (далее Стратегия) и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года утвержденной Президентом Российской Федерации В.В. Путиным, однозначно говорится о слабой развитости транспортной инфраструктуры регионов Арктики. При этом важно понимать, что существующая проблема значительно усложняет не только промышленное освоение этих регионов, но и ставит под сомнение их социальное территорий. Решение выделенной проблемы представляется в создании единой Арктической транспортной системы [2]. Согласно Стратегии, единая Арктическая транспортная система будет включать в себя [2]:

1. Северный морской путь (СМП) – национальная транспортная коммуникация, сложившаяся исторически и представляющая собой кратчайший морской путь, соединяющий Дальний Восток и Европейскую часть Российской Федерации;

2. Комплекс транспортных средств, который включает в себя средства речного и морского флота, железнодорожный, трубопроводный и автомобильный транспорт, а также авиацию;

3. Береговая инфраструктура, которая включает в себя порты, а также средства гидрометеорологического, гидрографического и навигационного обеспечения, с помощью которых осуществляется сопровождение транспортной деятельности в Арктике;

Северному морскому пути, в планируемой единой Арктической транспортной системе, отводится центральное место, при этом, для эффективного его использования необходимо устранить ряд существующих проблем, среди которых выделяются:

– сравнительно высокие тарифы, которые в несколько раз превышают тарифы, установленные при провозе грузов через альтернативную транспортную артерию - Суэцкий канал;

– действующие арктические порты – Певек, Тикси, Дудинка, Хатанка, Диксон для того, чтобы отвечать предъявляемым международной системой судоходства требованиям, нуждаются в значительной модернизации. Однако для полноценного осуществления судоходства по трассе СМП одной модернизацией не обойтись, необходимо создание новых портов, таких как Варандей и Индига;

– особую актуальность, приобретают вопросы, связанные с расширением состава ледокольного флота России. Не смотря на «глобальное потепление» без современных ледоколов универсального и двойного назначения осуществлять проводку караванов оп трассе СМП, будет невозможно.

Важно понимать, что транспорт для регионов является не только внутренней инфраструктурой, но и своеобразным инструментом реализации региональных экономических интересов, поскольку с его помощью осуществляется перемещение сырья и продукции к месту реализации (таб. 1).

Таблица 1 - Динамика объема перевозок грузов различными видами транспорта [3]

| Вид транспорта    | 2005        | 2010        | 2015        | 2016        | Доля видов транспорта, в общем грузообороте, % |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
|                   | (млрд. ткм) | (млрд. ткм) | (млрд. ткм) | (млрд. ткм) |  |
| Железнодорожный   | 1374        | 2094        | 2304,9      | 2342,6      | 45,22  |
| Автомобильный     | 153         | 211         | 233,9       | 234,5       | 4,53   |
| Морской           | 83          | 86          | 39,82       | 42,7        | 0,83   |
| Внутренний водный | 72          | 98          | 62,7        | 64,8        | 1,25   |
| Воздушный         | 2,9         | 3,9         | 5,47        | 6,5         | 0,13   |
| Трубопроводный    | 1919        | 2468        | 2446        | 2489,2      | 48,05  |

Гарантией перемещения товаров и сырья, как в пределах региона, так и за его пределы, является устойчивое развитие транспортного сектора, способствующее повышению экономической безопасности самого региона и уровня жизни населения. Особенно это актуально для арктических регионов, обладающих сырьевой экономикой, структуру ВРП которых определяют добывающие и обрабатывающие отрасли.

В целом можно говорить о том, что транспорт играет значительную роль в решении социально-экономических проблем, поскольку развитая транспортная инфраструктура является не только преимуществом для размещения производительных сил, но и для привлечения населения.

Основной проблемой транспортной безопасности, в частности железнодорожного и автомобильного транспорта является то, что для Арктических регионов характерны экстремальные природно-климатические условия, очаговый характер хозяйственного освоения, низкая плотность населения и транспортных коммуникаций. Особая проблема – вечная мерзлота, особенно равнинных поверхностей, сильно заболоченных в летнее время. В этих условиях строительство и эксплуатация железных и автомобильных дорог чрезвычайно усложняется [4].

Автомобильный транспорт в Арктике развит достаточно слабо (табл. 2). И если в Мурманской и Архангельской областях обеспеченность связи населенных пунктов с твердым покрытием составляет 73% и 54,3% соответственно, то в Ненецком АО этот показатель гораздо скромнее 14,3%. Эти же регионы, за исключением Ненецкого АО, обладают достаточно развитой железнодорожной сетью.

Для регионов восточной части Арктики – Чукотского, Ненецкого, Ямало-Ненецкого АО, Республики Якутия характерны дороги низких категорий. В зимний период сеть автомобильных дорог представлена так называемыми зимниками, период эксплуатации которых составляет более полугодия и не требует капитальных вложений. При этом картина обеспеченности дорогами с твердым покрытием сильно отличается не только от среднего показателя по стране, но и между самими регионами. Так если плотность автомобильных дорог общего пользования по стране составляет 39 километров дорог на 1000 квадратных километров территории, то в Чукотском АО этот показатель в 45 раз меньше, в Республике Саха (Якутия) в 10 раз, в Ненецком АО в 30 раз.

Таблица 2 - Протяженность автодорог, тыс. км. [5]

| Регион  | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2016  |
|---|------|------|------|------|-------|
| Мурманская область  | 2,61 | 2,68 | 2,69 | 2,69 | 3,31  |
| Архангельская область   | 10,2 | 10,5 | 10,6 | 10,7 | 12,39 |
| Ненецкий АО   | 0,19 | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,22  |
| Ямало-Ненецкий АО   | 1,12 | 1,25 | 1,33 | 1,35 | 2,21  |
| Республика Саха (Якутия)  | 9,63 | 8,32 | 8,1  | 8,31 | 11,71 |
| Чукотский АО  | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,67  |
| Красноярский край (Таймырский Долгано-Ненецкий муниципальный район) | -    | -    | -    | -    | -     |

В связи с недостаточным развитием наземной транспортной инфраструктуры основная часть нагрузки приходится на водные виды транспорта – морской и речной. Что касается речного транспорта, то особое значение имеет меридиональное расположение сибирских рек, позволяющее связать Северный морской путь с Транссибирской магистралью. Протяженность наиболее крупных, таких как Иртыш, Лена, Обь и Енисей почти в одиннадцать раз превышает протяженность автомобильных дорог, и в четыре железнодорожных. Доступ к наиболее отдаленным пунктам обеспечивается довольно разветвленной системой речных притоков. Если же говорить о доле внутреннего водного транспорта, то по итогам 2015 и 2016 гг., она значительно превосходит долю морского [3].

Главной проблемой речного транспорта Арктических регионов, основным преимуществом которого была относительная дешевизна перевозок грузов и незначительное воздей-

ствие на окружающую среду, стало то, что с распадом СССР поддержанию инфраструктуры водных путей надлежащего внимания не уделялось, что привело к [6]:

- ограничению в эксплуатации в устьевых портах;
- необходимости судовладельцев недогружать суда из-за недостаточных глубин на некоторых маршрутах, а иногда и проводить частичную выгрузку для прохода через узкости;
- износу гидротехнических сооружений, паромных переправ, что затрудняет судоходство, усложняет схемы доставки грузов, приводит к большим потерям пропускной способности берегового хозяйства и провозной способности флота;
- перебоям в работе радиомаяков и радиолокационных маяков-ответчиков, затрудняющим определение местонахождения судов в море.

Также как и в случае с речным транспортом, главной проблемой развития малой авиации является отсутствие финансирования. Во всем мире малая авиация дотационна, поскольку она малорентабельна или нерентабельна вовсе. В недавнем прошлом, малая авиация играла важную роль в развитии регионов Севера и Арктики, на конец 1990 года в стране насчитывалось около 1300 аэропортов, а сейчас их чуть более 300. И это притом, что легкие воздушные суда могут быть применимы в различных сферах: транспорт, геология, нефтегазовая промышленность и т.д [7].

Трубопроводный транспорт, по итогам 2016 года остается лидером по грузообороту в России – 2489,1 млрд.т-км, а это на 1,8% больше чем в 2015 году. Основная загруженность трубопроводного транспорта в Арктике связана с транспортировкой нефти и газа, добываемых в Ямало-Ненецком АО и нефти, добываемой в Ненецком АО. Одно из основных достоинств трубопроводного транспорта, помимо низкой себестоимости транспортировки, сохранности качества и непрерывности процесса перекачки - это возможность его повсеместной укладки, что в условиях вечной мерзлоты является весомым преимуществом. Тем не менее, магистральные нефте- и газопроводы, построенные в Арктике, работают только в западном и южном направлениях, за исключением газопровода Мессояха – Норильск. Основным недостатком трубопроводного транспорта является высокая стоимость капиталовложений при строительстве нефте-, газопровода и угроза нанесения ущерба экологии.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что транспортный комплекс для регионов является не только внутренней инфраструктурой, но и своеобразным инструментом реализации региональных и национальных экономических интересов.

*Статья подготовлена в рамках выполнения Программы Президиума РАН №53 «Разработка концепции, стратегий, архитектуры и принципов построения единого интегрированного, экономически эффективного, информационно-транспортного пространства РФ»*

#### *Список литературы*

1. Шпак А.В. К вопросу о логистической координации товародвижения в арктических регионах России // Вестник КНЦ РАН. 2011. №4. С. 128–133.
2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации. URL: <http://legalacts.ru/doc/strategija-razvitija-arkticheskoj-zony-gossiiskoi-federatsii-i/> (Дата обращения 28.04.2018)
3. Транспорт и связь в России // Статистический сборник Федеральной службы государственной статистики. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2016/transp-sv16.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/transp-sv16.pdf) (Дата обращения 20.04.2018)
4. Леонтьев Р.Г. Формирование единой региональной транспортной системы (программно-целевой подход) / М.: Наука. 1987. 152 с.
5. Протяженность автодорог регионов РФ. URL: <http://ati.su/Media/News.aspx?ID=108723&HeadingID=12> (Дата обращения 20.04.2018).
6. Иняков А.Ф. Внутренние водные пути Арктической транспортной системы // URL: [http://morvesti.ru/analytics/index.php?ELEMENT\\_ID=13284](http://morvesti.ru/analytics/index.php?ELEMENT_ID=13284) (Дата обращения 15.04.2018).
7. Факторный анализ и прогноз грузопотоков Северного морского пути / Науч. ред. д.э.н., проф. Селин В.С., д.э.н., проф. Козьменко С.Ю. Апатиты: КНЦ РАН. 2015. 335 с.

# СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 004.853, 025.4.03, 004.738.5:51-7

## «TEXT MINING»

### В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

**Селиверстов Ярослав Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, seliverstov-yr@mail.ru

**Чигур Виктория Игоревна** – студент первого курса бакалавриата факультета прикладной математики – процессов управления, кафедры прикладной математики и информатики

Санкт-Петербургский государственный университет

198504, Россия, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, д. 35, v.chigur67@gmail.com

Аннотация. Производится анализ существующих дорожно-транспортных систем с применением анализа текстов на естественном языке. Приводятся архитектуры веб-краулеры с открытым исходным кодом и краулер-сервисов для тематического сбора и анализа данных. Производится разработка и тестирование элементов системы для извлечения и анализа текстов дорожно-транспортной проблематики, на примере пользовательской оценки качества дорог на сайте автострада. Рассматриваются перспективы дальнейшего функционального развития разрабатываемого инструментария.

Ключевые слова: автоматический анализ текстов, краулеры, классификация текстов, интеллектуальные транспортные системы, умная логистика, машинное обучение, семантико-синтаксический анализ.

## «TEXT MINING» IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Seliverstov Yaroslav A. – Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov-yr@mail.ru

Chigur Viktoria I. – first year student of the bachelor's degree in Applied Mathematics and Control Processes, Department of Applied Mathematics and Informatics

Saint-Petersburg State University

Universitetsky ave., 35, Peterhof, St. Petersburg, 198504, Russian Federation, v.chigur67@gmail.com

Abstract. The analysis of existing road transport systems is carried out using the analysis of texts in natural language. The architecture of web crawlers with open source code and crawler services for thematic data collection and analysis is given. The development and testing of the system components for extracting and analyzing the texts of road transport problems is carried out, using the example of a user assessment of the quality of roads on the highway site. The prospects of further functional development of the developed toolkit are considered.

Keywords: automatic text analysis, crawlers, classification of texts, intelligent transport systems, smart logistics, machine learning, semantic-syntactic analysis.

Стремительное развитие мобильных и облачных технологий, перевод логистической, потребительской, коммуникационной и расчетно-денежной деятельности в информационно-сетевое пространство открывает новые пути развития интеллектуальных транспортных систем [1,2].

Одним из источников разнородной информации, относящейся к сфере транспорта и логистики, является WEB-пространство. Сегодня данные в WEB-пространстве, как правило, структурированы и разбросаны по тематическим интернет-ресурсам. К таковым относят: специализированные сайты (<http://autostrada.info/ru>), тематические интернет сообщества (<https://www.worldoftrucks.com/en/>), группы в социальных сетях (Вконтакте, Facebook) и сетях микроблогинга (Twitter), а также чаты и форумы.

В связи с этим становится актуальной решение двух задач: первая заключается в непосредственном анализе полезности транспортной информации [3], т.е. на решение каких проблем и для каких потребителей используется та или иная информация из транспортной сферы, собранная в web-пространстве; и вторая задача – в непосредственном построении таких систем для извлечения и анализа текстовых данных из Интернет [4,5].

На первом этапе разрабатывается алгоритм системы для извлечения и анализа тематических текстов, обобщенная схема которого представлена на рис. 1.

Общий алгоритм состоит из следующих процедур:

- 1) формирование очереди ссылок, подаваемых на вход краулера;
- 2) список источников добавляются в очередь обхода краулера;
- 3) робот сканирует страницу из очереди и скачивает интересующий его веб-документ;
- 4) очистка веб-документа от "мусора";
- 5) сохранение очищенного текста в базу данных;
- 6) подготовка коллекций, разметка текстов и построение корпуса тематических текстов;
- 7) обучение классификатора на различных корпусах текстов.

На втором этапе исследования нами разрабатывался краулер-модуль. На схеме алгоритма он выделен синим контуром. Краулер-модуль выполняет с 1-5 процедуры алгоритма. Листинг программы представлен на рис. 2.

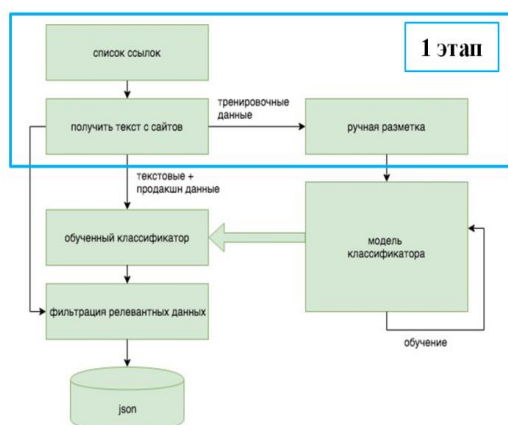


Рисунок 1 – Схема алгоритма системы для извлечения и анализа тематических текстов

```

import scrapy

class RoadSpider(scrapy.Spider):
    name = 'road_spider'
    start_urls = [
        "http://autostrada.info/ru/reviews/page/1/",
    ]

    def parse(self, response):
        for review in response.css('div.col-md-12.reviewBlock'):
            tmp = review.css('p.comment.body-text').extract_first()
            tmp1 = review.css('a.label.label-code:text').extract_first()
            tmp2 = review.css('a.highlight-label:text').extract_first()

            tmp = tmp.replace("\n", " ")
            tmp = tmp.replace("&#x27;", "'")

            dd = {
                'title': tmp1 + " " + tmp2,
                'subtitle': review.css('div.col-md-8.meta.hidden-xs h3:text').extract_first(),
                'date': review.css('strong.reviewDate:text').extract_first(),
                'rate': review.css('span.b-stars:attr(title)').extract_first(),
                'description': tmp,
            }

            try:
                dd['date'] = dd['date'].replace("&#x27;", "'")
                dd['date'] = dd['date'].replace("&#x27;", "'")
                dd['date'] = dd['date'].replace("&#x27;", "'")
            except:
                pass

            yield dd

            next_page = response.css('li.next a:attr(href)').extract_first()
    
```

Рисунок 2 – Листинг программы краулер-модуля

Результатом работы краулер-модуля является очищенная от web-мусора база данных, сформированная из отзывов «dd». Краулер-модуль системы для извлечения и анализа текстов дорожно-транспортной проблематики был протестирован на сайте [autostrada.info/ru](http://autostrada.info/ru) (рис. 3). В процессе его работы с сайта [autostrada.info/ru](http://autostrada.info/ru) извлекаются мнения пользователей о состоянии дорог в текстовом виде (рис. 4). Извлеченный текст записывается в базу данных с указанием атрибутов: date, description, subtitle, title и url. Например, для отзыва, представлен-

ного на рис 5 атрибуты имеют вид: date : «05.02.2018 15:21» ; description: «Вчера в 15:00 выехал»; Subtitle: «Казань-Елабуга»; title: «М-7 Москва-Казань-Уфа».

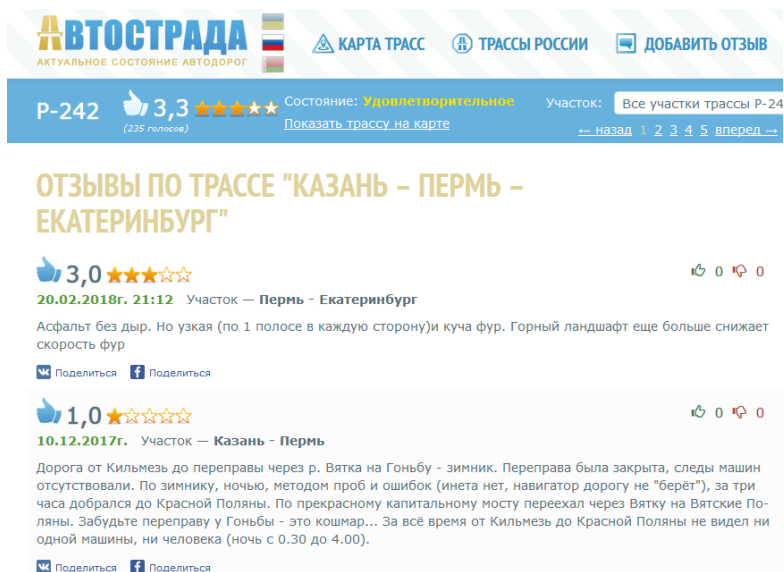
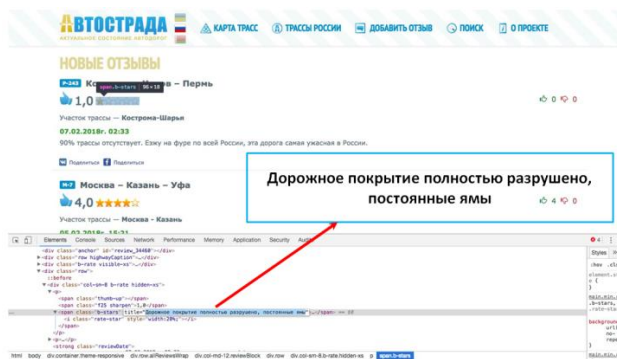


Рисунок 3 – Отзывы о состоянии дорог на сайте <http://autostrada.info/ru>



```
{
  "date": "05.02.2018 15:21",
  "description": "Вчера в 15.00 выехал из Москвы. В Казани был в 5.00 утра. Что сказать? Средняя скорость 70-80. Снега много, но сильно не мешает. Мешают те, кто, видимо, впервые в жизни увидел снег и плетутся 40 км/ч. А обгонять, переаиваясь через снежные перемыты - удовольствие ниже среднего. Насигатор в районе Электростали может настойчиво предлагать вам объезд пробки через лес и поле. Не соглашайтесь, если не хотите заночевать в лесу. Лучше в пробке постоять.",
  "subtitle": "Москва - Казань",
  "title": "М-7 Москва - Казань - Уфа",
  "url": "http://autostrada.info/ru/reviews/page/1/"
}
```

Рисунок 4 – Структура отзыва на сайте <http://autostrada.info/ru>

Рисунок 5 – База данных с текстами по дорожно-транспортной проблематике

Таким образом в ходе исследования получены следующие научные результаты: определены области использования систем для извлечения и анализа текстов в транспортно-логистической сфере, сформирован перечень тематических интернет ресурсов, которые потенциально могут служить актуальным источником дорожно-транспортной и логистической информации, выбран в качестве базового фреймворк scrapy, разработана схема алгоритма для извлечения текстов, выполнена программная реализация краулер-модуля на языке Python-3 и сформирован корпус тематических текстов по транспортно-логистической проблематике на основе отзывов пользователей с сайта [autostrada.info/ru](http://autostrada.info/ru).

Использование систем оперативного анализа разнородных данных в web-пространстве в составе когнитивных транспортных систем позволит выполнять среднесрочное и долгосрочное прогнозирование процессов транспортной мобильности [6], формировать новые [7] и расширять существующие критерии [8] и параметры [9] управления транспортными потоками, выходя за рамки циклов светофорного регулирования и типовых схем прокладки маршрутов [10].

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 16-31-00306 в рамках инициативного научного проекта (Мой первый грант) на тему: "Построение модели интеллектуального управления городскими транспортными потоками".

Авторский коллектив благодарит администрацию сайта [autostrada.info/ru](http://autostrada.info/ru) за предоставленное разрешение на обработку и анализ текстовой информации.



### Список литературы

1. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению ин-теллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и космос. 2016. № 3. С. 8–17.
2. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности. Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 1–13.
3. Sivagurunathan S., Sebastian A., Prathapchandran K. Internet of Things for Developing Smart Sustainable Cities (SSC): A Security Perspective. Connectivity Frameworks for Smart Devices Part of the series Computer Communications and Networks. 2016. pp 307–331.
4. Ананьева, М.И. О проблеме выявления экстремистской направленности в текстах / М.И. Ананьева, М.В. Кобозева, Ф.Н. Соловьев, И.В. Поляков, А.М. Чеповский // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2016. Т. 14. № 4. С. 5–13.
5. Тихомиров И.А. Инструменты анализа научно-технологических заделов России / И.А. Тихомиров, Н.В. Тоганова Н., М.И. Ананьева // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2016. Т. 66. № 3. С. 98–104.
6. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230–233.
7. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Обзор показателей транспортной обеспеченности мегаполиса // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 237–247.
8. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. О методе оценки эффективности организации процесса дорожного движения мегаполиса // Вестник транспорта Поволжья. 2015. № 2 (50). С. 91–96.
9. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Разработка показателей интегрального развития транспортной системы мегаполиса // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Т. 7. № 5 (30). С. 156.
10. Farman Ali and etc. Fuzzy Ontology - based Sentiment Analysis of Transportation and City Feature Reviews for Safe Traveling / Farman Ali, Daehan Kwak, Pervez Khan, S. M. Riazul Islam<sup>1</sup>, Kye Hyun Kim, K. S. Kwak // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2017, Volume 77, pp. 33 – 48.

УДК 656.25:656.27

## **ДИСПЕТЧЕРСКИЕ ЦЕНТРЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ – КОГНИТИВНЫЕ БАЗИСЫ ОАО «РЖД». ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ**

**Кушпиль Игорь Васильевич** – младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук  
199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, i\_kushpil@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены исторические этапы создания и развития диспетчерских центров управления перевозками. Даны основные сведения о роли диспетчерских центров в общей структуре управления перевозочным процессом, а также функции, возложенные на оперативный диспетчерский персонал этих центров. Описаны этапы модернизации диспетчерских центров и структуры управления перевозочным процессом за период с 1984 г. по 2017г. Кроме того, приводится перспективная структура управления перевозочным процессом, запланированная к реализации руководством ОАО «РЖД» на 2018-2020 гг.

*Ключевые слова:* диспетчерский центр управления перевозками, структура управления, аппарат диспетчеризации, полигон управления перевозочным процессом, полигонные принципы управления.

## DISPATCHING CENTERS OF TRANSPORTATION – COGNITIVE BASIS OF THE RUSSIAN RAILWAYS. HISTORY OF CREATION AND ACTUAL CONDITION

*Kushpil Igor V. – Junior Researcher, Laboratory of the organization of transport systems  
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, i\_kushpil@mail.ru*

*Abstract.* The article considers the historical stages of the creation and development of dispatching control centers for transportation. Basic information is given on the role of dispatch centers in the overall structure of the transportation process, as well as the functions assigned to the operational dispatching personnel of these centers. The stages of modernization of dispatch centers and the structure of the transportation process for the period from 1984 to 2017 are described. In addition, the perspective structure of the transportation process, planned for implementation by the management of «Russian Railways» for 2018-2020, is described.

*Keywords:* dispatching control center for transportation, railway management structure, polygon management principles.

В 1936 г. между станциями Люберцы-2 – Куровская Московской дороги была впервые введена в эксплуатацию диспетчерская централизация временного кода (ДВК), разработки 1935 года. Данная система была полностью реализована на релейной элементной базе и имела малую емкость по телеуправлению (315 объектов) и телесигнализации (490 объектов). Максимальная длина участка управления составляла 65 км, при этом расстояние между станциями 64 км [1].

Положительный опыт внедрения ДВК, стал отправной точкой для широкого распространения аппарата диспетчеризации на пространстве железных дорог России. Одновременно, с увеличением объемов и скоростей перевозок стали повышаться требования к достоверности и скорости передаваемой информации, количеству управляемых объектов и дальности их удаления от пункта управления [2].

Следующим этапом совершенствования аппарата диспетчеризации стало решение МПС России (1984 г.) приступить к созданию автоматизированных диспетчерских центров управления перевозками (АДЦУ) на региональном и дорожном уровне [3].

Принятая коллегией МПС (1996 г.) «Программа по проблеме совершенствования структуры управления железнодорожным транспортом», положила начало этапу создания единых центров диспетчерского управления (ЕЦДУ), в дальнейшем преобразованные в диспетчерские центры управления перевозками (ДЦУП).

Основная цель программы заключалась в переходе от 4-х уровневой структуры управления к 3-х уровневой, путем исключения отделений дорог НОДН (ЦУМР) из структуры управления перевозками. Отделения дорог были расформированы, а ранее выполняемые ими функции возложены на ДЦУП. Первые ДЦУП были созданы в 1996 г. (Таблица 2) в Иркутске и Нижнем Новгороде в качестве пилотных проектов [4].

На оперативный персонал ДЦУП возлагаются задачи по организации перевозочного процесса в границах региона управления, выполнение графика движения поездов, контроль регламентированного выполнения «окон», координация работы линейных предприятий, оперативное руководство по устранению транспортных происшествий, взаимодействие с Центром управления перевозками (ЦУП) и другими ДЦУП.

На сетевом уровне ОАО «РЖД» оперативное руководство перевозочным процессом осуществляет оперативный персонал ЦУП. На него возлагаются задачи по централизованно-

му диспетчерскому управлению перевозочным процессом, разработке ГДП и планов формирования поездов, контроль выполнения месячного технического плана эксплуатационной работы, контроль выполнения установленных технологий и нормативов подразделениями ОАО «РЖД», согласование технологических «окон», взаимодействие с региональными ДЦУП и другими департаментами.

Таблица 2 – Хронология создания ДЦУП

| № п/п | Наименование региональной дирекции управления движением (Д) | Месторасположение ДЦУП    | Год создания |
|-------|---|---------------------------|--------------|
| 1.    | Октябрьская   | ДЦУП (г. Санкт-Петербург) | 2002         |
| 2.    | Калининградская   | ДЦУП (г. Калининград)     | 2005         |
| 3.    | Московская  | ДЦУП (г. Москва)          | 2004         |
| 4.    | Горьковская   | ДЦУП (г. Нижний Новгород) | 1996         |
| 5.    | Северная  | ДЦУП (г. Ярославль)       | 2011         |
| 6.    | Северо-Кавказская   | ДЦУП (г. Ростов-на-Дону)  | 2004         |
| 7.    | Юго-Восточная   | ДЦУП (г. Воронеж)         | 2004         |
| 8.    | Приволжская   | ДЦУП (г. Саратов)         | 1998         |
| 9.    | Куйбышевская  | ДЦУП (г. Самара)          | 2006         |
| 10.   | Свердловская  | ДЦУП (г. Екатеринбург)    | 2003         |
| 11.   | Южно-Уральская  | ДЦУП (г. Челябинск)       | 2009         |
| 12.   | Западно-Сибирская   | ДЦУП (г. Новосибирск)     | 2015         |
| 13.   | Красноярская  | ДЦУП (г. Красноярск)      | 2001         |
| 14.   | Восточно-Сибирская  | ДЦУП (г. Иркутск)         | 1996         |
| 15.   | Забайкальская   | ДЦУП (г. Чита)            | 2000         |
| 16.   | Дальневосточная   | ДЦУП (г. Хабаровск)       | 2005         |

По состоянию на 2015 год, структура управления перевозочным процессом состоит из трех уровней – линейный, региональный и сетевой (Рисунок 4). ДЦУП осуществляют руководство предприятиями линейного уровня (ДС) и входят в состав региональных дирекций управления движением (Д). Обработкой информации на региональном уровне занимаются Информационно-вычислительные центры (ИВЦ), один на региональную дирекцию. Информация от каждого ИВЦ концентрируется в Главном вычислительном центре ОАО «РЖД» (ГВЦ), обрабатывается и поступает в ЦУП, входящий в состав Центральной дирекции управления движением (ЦД).

С 2016 г. началось структурное реформирование всей сети ОАО «РЖД», суть которого заключается в поэтапном переходе от региональных принципов управления к полигонным. Основными причинами для этого послужили: растущий грузооборот (7 % за 2015-2016 гг.), который, как прогнозируется, будет увеличиваться, неэффективное использование подвижного состава, низкая участковая скорость поездов из-за наличия «барьерных участков» пути и межрегиональных стыков [5].

Изначально руководством ОАО «РЖД», совместно со специалистами ВНИИЖТ и РАН, рассматривался план создания шести полигонов управления – Московский, Северо-Западный, Волжский, Южный, Урало-Сибирский и Восточный, при сохранении трехуровневой вертикали управления.

Отраслевая наука определила понятие «полигон управления перевозочным процессом», как совокупность участков сети, имеющих единую технологию работы тягового подвижного состава, идентичную инфраструктуру, зарождение и завершение производственных циклов по обслуживанию грузопотоков и пассажиропотоков с максимальным транспортно-логистическим эффектом.

С ноября 2016 г. в Иркутске начал свою работу Центр управления перевозками Восточного полигона (ЦУП ВП), созданный на базе Иркутского ДЦУП. Диспетчерский персонал ЦУП ВП управляет процессом перевозок комплексно на четырех дорогах – Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной по двум линейным направлениям – БАМ и ТрансСиб. При этом сохраняются ДЦУП этих дорог, со всем персоналом. Та-

ким образом, по состоянию на 2017, год структура управления перевозочным процессом имеет вид (Рисунок 5, а).

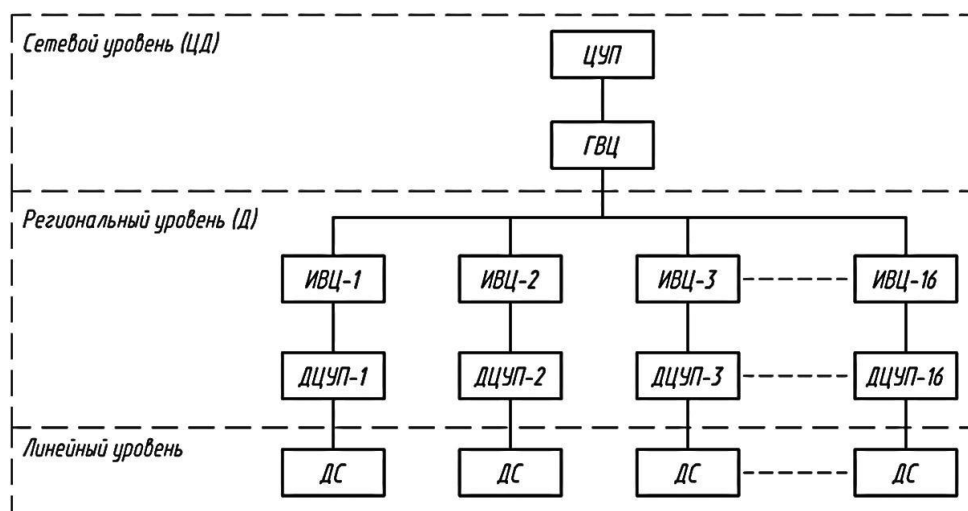


Рисунок 4 – Структура управления перевозочным процессом на 2015 г.

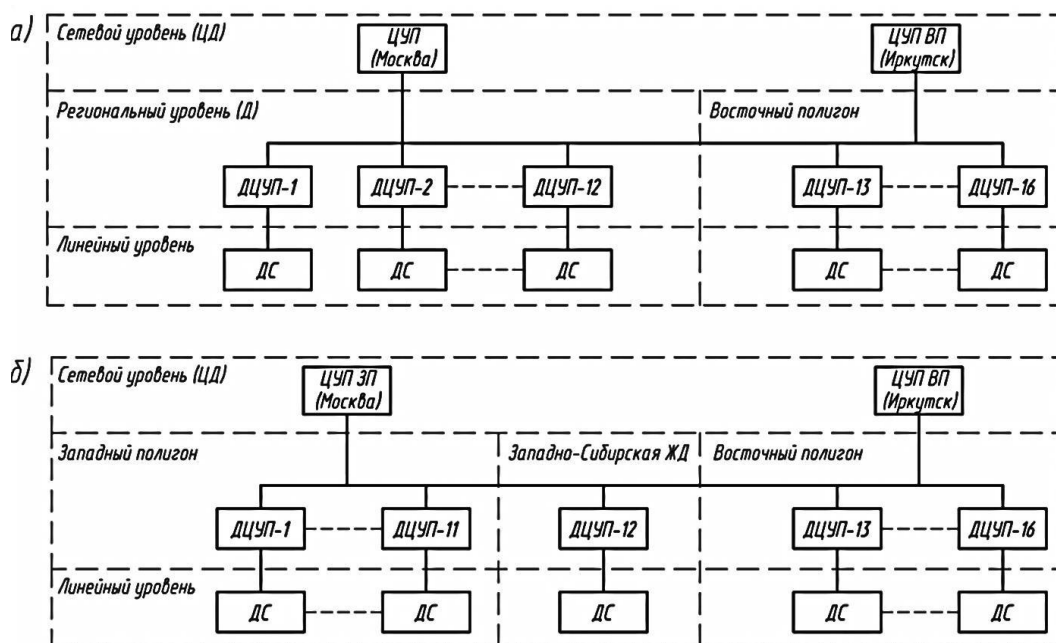


Рисунок 5 – Структура управления перевозочным процессом на 2017 г. (а), и перспективная структура 2018-2020 гг. (б)

Изначально предполагалось, что разделение сети на шесть полигонов позволит создать эффективную модель управления перевозочным процессом, закольцевать технологические циклы, как в доставке, так и в обработке грузов, в том числе применить единые подходы в содержании инфраструктуры. Однако, при большем количестве полигонов, в большей степени сохраняется количество стыковых пунктов между дорогами, а по основным направлениям есть определенные пункты, на которых могут происходить потери и снижаться эффективность перевозочного процесса.

Поэтому руководством ОАО «РЖД» было предложено сократить число полигонов до двух – это действующий Восточный и новый Западный полигон, причем в Западном планируется 2 ключевых направления – Северо-Западное и Южное, в направлении Балтийского и Черноморского Бассейнов. При этом Западно-Сибирская магистраль сохраняет свои границы как самостоятельная площадка, поскольку сегодня на дороге зарождается большой объем

грузов которые идут как в направлении Востока так и Запада. Перспективная структура управления перевозочным процессом имеет вид (Рисунок 5, б).

Первым шагом в становлении Западного полигона стала реорганизация действующего ЦУП в Москве. На текущий момент, структуру диспетчерского аппарата подстраивают под полигонное управление в направлении Северо-Запада и Юга Российской Федерации.

#### *Список литературы*

1. Эксплуатационные основы автоматики. Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Вл. В. Сапожников, И. М. Кокурин, В. А. Кононов, А. А. Лыков, А. Б. Никитин; под ред. проф. Вл. В. Сапожникова. М.: Маршрут. 2006. 247 с.

2. Сапожников В. В., Гавзов Д. В., Никитин А. Б. Концентрация и централизация оперативного управления движением поездов. Москва. Транспорт. 2002. 102 с.

3. "Гудок" / Газета "Гудок" выпуск №86. [Электронный ресурс], <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1167114>, (дата обращения: 25.10.2017).

4. РЖД ТВ / Скорость доставки грузов на ВСЖД и ЗабЖД выросла на 16%. [Электронный ресурс], <http://www.rzdte.ru>, (дата обращения: 14.02.2018).

РЖД ТВ / На Восточном полигоне открылся Центр управления. [Электронный ресурс], <http://www.rzdte.ru>, (дата обращения: 25.09.2017).

УДК 656.25:656.27

## **ПОРЯДОК ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЕЗДНОГО ДИСПЕТЧЕРА С ЛОКОМОТИВНОЙ БРИГАДОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА МАЛОДЕЯТЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ОАО «РЖД»**

*Кушпиль Игорь Васильевич – младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук  
199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, [i\\_kushpil@mail.ru](mailto:i_kushpil@mail.ru)*

*Аннотация. В статье рассмотрены основные положения порядка взаимодействия между поездным диспетчером и локомотивной бригадой при использовании цифрового радиоканала передачи данных на полигоне малодетальных линий. Описаны особенности связанные с идентификацией поезда, а так же действия всех участников перевозочного процесса при возникновении внештатных ситуаций.*

*Ключевые слова: малодетальная линия, организация движения поездов, цифровой радиоканал, сокращение затрат.*

## **THE ORDER OF INTERACTION OF THE TRAIN DISPATCHER WITH A LOCOMOTIVE BRIGADE AT THE USE OF COGNITIVE TRANSPORT SYSTEMS AT THE LOW-DENSITY LINES OF RUSSIAN RAILWAYS**

*Kushpil Igor V. – Junior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems  
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, [i\\_kushpil@mail.ru](mailto:i_kushpil@mail.ru)*

*Abstract. The article describes the main provisions of the order of interaction between the train dispatcher and the locomotive brigade using a digital radio data transmission channel at the low-density lines. Also features are described associated with the identification of the train, as well as the actions of all participants in the transportation process in the event of emergencies.*

*Keywords: low-density line, train control system, signaling system and remote control, digital radio data transmission.*

Проблема убыточности малодеятельных железнодорожных линий (МДЛ) широко известна во многих странах мира. За рубежом такие линии получили название low-density line. Не редко в различных источниках встречаются и другие названия: low-traffic line, secondary line, tertiary line, light traffic line, low active line, low capacity line, branch line, spur line [1], [2].

В РФ в соответствии с распоряжением [3] линия считается малодеятельной, если суммарный размер движения пассажирских и грузовых поездов не более 8 пар в сутки, а приведенная грузонапряженность составляет 5 млн. т-км брутто/км в год и менее. Это участок, как правило, не приносящий доходов, но требующий финансовых вложений для поддержания работоспособного состояния.

В статье [4] был предложен новый подход к организации движения поездов, способный обеспечить сохранение малодеятельных линий в составе ОАО «РЖД» за счет снижения расходов на содержание устройств сигнализации централизации и блокировки и сокращения станционного штата службы «Д». Стоит отметить, что порядок взаимодействий диспетчерского персонала (ДНЦ) с локомотивной бригадой (машинист, кондуктор) рассмотрен не был.

Новая система управления, фактически является модернизированной системой Train-Order или электронной ЭЖС, только вместо вручаемого жезла вычислительный комплект опорной станции присваивает и передает каждому поезду по радиоканалу электронное распоряжение (ЭР), в котором указан приказ ДНЦ. Дополнительно к ЭР добавляется уникальная кодовая комбинация, идентифицирующая данный поезд.

Основная идея предложенного подхода заключается в том, что бы заменить голосовые команды ДНЦ электронными (голосовая связь только при необходимости), а все детали приказов ДНЦ не записывать на бумажных бланках, а отображать на бортовом локомотивном компьютере.

#### Штатный режим работы:

1. На опорной станции ведется график движения, на котором отображаются: запланированные поезда, запланированные работы («окна»), и прочие условия/события.

2. Правом занятия поездом перегона является получение и подтверждение машинистом (кондуктором) факта получения с опорной станции электронного распоряжения ЭР от ДНЦ.

3. Каждое ЭР обязательно ссылается на график движения и не может быть сформировано в случае выявления каких-либо условий нарушающих безопасность движения поездов.

4. В АРМ ДНЦ ведется учет всех ЭР (отправленных и отмененных), времени их отправки/отмены/подтверждения. Фамилия машиниста/кондуктора подтвердившего его и станция, на которой ЭР было получено.

5. После задания маршрута диспетчером, вычислительный комплект опорной станции проверяет условия безопасности (враждебность маршрутов, ограничения скорости на участке, действующие «окна»), после чего автоматически формируется ЭР к которому добавляется уникальная сгенерированная кодовая комбинация (ID поезда).

6. ID поезда является уникальным идентификатором, который одновременно может быть присвоен только одному поезду на полигоне.

7. Сформированная пара ЭР + ID поезда, посылается по линии связи (ВОЛС) на станцию где находится поезд, ожидающий отправления и по цифровому радиоканалу передается на бортовой локомотивный компьютер.

8. ЭР содержит всю необходимую информацию для машиниста и кондуктора: время отправления, конечная станция следования, время прибытия и остановки на промежуточных отдельных пунктах, для пропуска встречных поездов, № занимаемого пути, максимально допустимая скорость движения, проводимые путевые работы, действующие «окна» и т.д.

9. ЭР должны быть адресованы только одному определенному поезду. Ошибочная передача ЭР на другой поезд не допускается.

10. Контроль правильного исполнения предписанных команд ДНЦ возлагается на бортовой компьютер.

11. Поезд не должен покидать станции не получив ЭР и не подтвердив его квитированием.

12. Во время движения поезда бортовое устройство сравнивает фактическую скорость поезда с максимальной (указанной в ЭР).

13. При превышении машинистом максимальной скорости на 10-20 км/ч. бортовой компьютер генерирует предупреждающий звуковой сигнал (при отсутствии реакции со стороны машиниста – торможение).

14. По прибытию поезда на конечную станцию машинист связывается с ДНЦ, а ранее присвоенный ID поезда передается на опорную станцию. Совпадение кодовых комбинаций гарантирует достоверность того, что ранее отправленный поезд прибыл в пункт назначения (выполнил ЭР). Это дает право освободить перегон между станциями. Кроме того фиксируется точное время прибытия поезда, что может быть учтено при корректировке графика движения поездов.

Вынужденная остановка на перегоне вследствие поломки поезда или обнаружения препятствия на пути следования:

1. Кондуктор поезда выполняет обязанности сигналиста.

2. Кондуктор должен за 500 м в обе стороны от поезда установить сигнальные петарды / флажки / специальные ограждающие знаки.

3. Машинист связывается с ДНЦ по радиосвязи, мобильной связи или с поездами на соседних станциях.

4. Машинисту запрещается двигаться дальше, до получения распоряжений от ДНЦ.

Сбой в работе радиосвязи или бортового компьютера:

1. Машинист должен сообщить об этом ДНЦ любым возможным способом в любом возможном для этого месте (например, через другой поезд).

2. ДНЦ обязан оповестить об этом все близлежащие поезда на участке командой «С поездом №... потеряна связь. Поезд выехал на станцию N в 00 часов 00 мин. Ориентировочное время прибытия в 00:00».

3. Если голосовая связь продолжает работать, движение поезда осуществляется устными приказами ДНЦ-машинисту без генерирования ЭР и ID поезда, при этом все разговоры записываются. Бортовой компьютер переходит в защитный режим, позволяющий движение поезда без получения и подтверждения ЭР.

4. При перерыве всех средств связи, машинист должен следовать ранее полученному приказу в ЭР (завершить его).

5. Прибывающему поезду запрещается въезжать на станцию, если на станции находится движущийся поезд.

6. Прибывающему поезду разрешается въезжать на станцию, только после полной остановки поезда находящегося на станции.

7. Машинист пребывающего поезда должен занять боковой путь, не выходя за пределы габаритных столбиков, связаться с ДНЦ любым возможным способом и ждать дальнейших указаний.

Смена экипажа поезда бригады:

1. Поездная бригада, освобождающая поезд, должна проверить статус текущего ЭР на наличие каких-либо невыполненных условий, а затем связаться с ДНЦ и сообщить о смене экипажа.

2. Новая поездная бригада должна проверить работоспособность бортового компьютера и радиопередатчика.

3. Подтвердить факт приема управления локомотивом квитированием.

4. Получить новое ЭР от ДНЦ.

Особые условия (работы на пути, «окна» и т.д.):

1. Всю информацию о работах, проводимых на станциях и перегонах, планируемых «окнах», участках пути на которых отстаиваются поезда и вагоны, участках пути эксплуата-

ция которых запрещена ДНЦ вносит в вычислительную сеть опорной станции и помечает специальными метками на топографии станций и участков.

2. Внесенная информация автоматически будет учитываться при формировании новых ЭР.

#### *Список литературы*

1. Никитин А.Б., Кушпиль И.В. Упрощенные принципы управления движения поездов на малодеятельных линиях железных дорог мира // Сборник материалов I Международной научно-практической конференции "Транспортные интеллектуальные системы-2017". Санкт-Петербург. 2017. С. 181-188.

2. Никитин А.Б., Сапожников В.В., Василеко М.Н., Манакон А.Д., Кушпиль И.В., Болтаев С.Т. Оптимизация затрат в системах интервального регулирования на малодеятельных линиях // Сборник трудов конференции "Перспективы будущего в образовательном процессе - 2016". Санкт-Петербург. 2016. С. 45-48.

3. Распоряжение № 3048р Об утверждении методики классификации и специализации железнодорожных линий ОАО РЖД. Москва. 2015.

4. Никитин А.Б., Кокурин И.М., Кушпиль И.В. Новый порядок организации движения поездов на малодеятельных линиях ОАО «РЖД» // Автоматика на транспорте. 2018. № 3. С.15.

УДК 625.7

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

*Иголкин Георгий Владимирович – аспирант кафедры Строительства дорог транспортного комплекса*

*ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»*

*190031, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 9, igolkin.georgii@gmail.com*

*Аннотация. Прогнозирование развития и анализ существующего состояния высокоскоростных трасс с применением магнитолевитационной транспортной технологии. Формирования критериев нового направления в транспортном секторе – инновационных систем высокоскоростного наземного транспорта. Определение места систем автоматизации управления в данной сфере.*

*Ключевые слова: магнитная левитация, высокоскоростные магистрали, экономика региона, транспортные сети.*

## **PROSPECTS OF AUTOMATIZATION CONTROL SYSTEMS APPLICATION IN MAGNETOLEVITATIONAL TRANSPORT TECHNOLOGY**

*Igolkin Georgiy V. – post-graduate student*

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

*9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation, igolkin.georgii@gmail.ru*

*Abstract. Forecast of development and analysis of existing magnetic levitation high-speed transport systems. Forming list of criteria for a new direction in the transport sector - innovative*



*high-speed ground transport systems. Determining the place of automatization control systems in this area.*

*Keywords: magnetic levitation, high-speed lines, the economy of the region, transport networks.*

Строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей в странах Европы, Японии и Китае значительно повлияли на транспортную сеть и на экономику стран в целом, упростив перемещение граждан и увеличив маневренность ресурсов.

Как показывает опыт Франции – строительство высокоскоростных магистралей значительно повлияло на уровень благосостояния регионов, попавших под их влияние. Так стоимость недвижимости и земли увеличилась до 2 раз [1].

В России стране с огромной территорией, и существенным потенциалом ее экономического развития на сегодня не построено ни одной высокоскоростной магистрали.

Движение поездов Сапсан осуществляется по колею общего пользования и скоростной максимум в 250 км/ч, достигаемый на участке Окуловка – Малая Вишера, делает трассу высокоскоростной лишь формально.

Ситуация с неопределенностью реализации проекта ВСМ Москва-Казань является показательной и доказывает, что осуществление подобных масштабных проектов в рамках существующей рыночной конъюнктуры значительно усложнено. По мере затягивания с решением вопросов организации строительства и финансирования, никто не считает растущие альтернативные издержки, и экономический эффект от строительства ВСМ Москва-Казань в 23 трлн. руб. к 2030 году остается нереализованным [2].

Очевиден факт, что достижение потолочных скоростей рентабельности для высокоскоростного железнодорожного транспорта в 350 км/ч в рамках условий Российской Федерации, характеризующихся преобладанием средними и дальними плечами перевозок окажет существенно меньшее влияние на ускорение процессов создания стоимости и увеличение ВВП, по сравнению со странами Европы и Японии.

Примечательным в рамках рассмотрения данного вопроса является пример Китая, который в настоящее время является лидером по темпам строительства высокоскоростных магистралей в мире – с показателем в 25 тысяч км построенных линий[3]. При этом сегодня в Китае поставлена задача по разработке поездов с рентабельными скоростями движения 600 км/ч к 2020 году[4]. Рентабельность таких скоростей достигается только при применении технологии магнитной левитации, поскольку поезда, основанные на этой технологии лишены недостатков, ограничивающих обычные железные дороги:

1. Повышенный износ токоприемников при скоростях более 350 км/ч;
2. Чувствительность технологии «колесо-рельс» к неровностям профиля рельсов.

Разработка и внедрение подобных систем в Китае позволит отказаться от авиационного сообщения на направлениях, где будут построены данные линии – что создаст беспрецедентную в системе транспорта ситуацию, вытеснения авиационного транспорта с направлениях средних плечей перевозок. Наземные транспортные системы, которые достигнут данного критерия – должны быть определены в отдельный класс – Инновационных систем высокоскоростного наземного транспорта (ИСВНТ).

Скоростной рубеж в 600 км/ч подтверждает расчет получения конкурентоспособной скорости наземного транспорта над авиационным по параметру времени доставки. С учетом следующих вводных данных подтвердим данное суждение.

Средняя маршрутная скорость воздушного судна  $v_{\text{возд.суд.}} = 800 \text{ км/ч}$ ;

Средняя разница во времени между воздушным на наземным транспортом на дорогу в аэропорт досмотр и регистрацию  $t_{\text{задержки}} = 2 \text{ часа}$ ;

Расстояние перевозки  $L_{\text{маршрута}}$  – изменяемая величина

ИСВНТ покажет преимущество перед авиатранспортом при выполнении неравенства (1).

$$\frac{L_{\text{маршрута}}}{v_{\text{ИСВНТ}}} = \frac{L_{\text{маршрута}}}{v_{\text{возд.суд.}}} + t_{\text{задержки}} \quad (1)$$

На основании решения неравенства (1) построим график 1, который иллюстрирует зависимость скорости ИСВНТ  $v_{\text{ИСВНТ}}$  от расстояния перевозки  $L_{\text{маршрута}}$ .

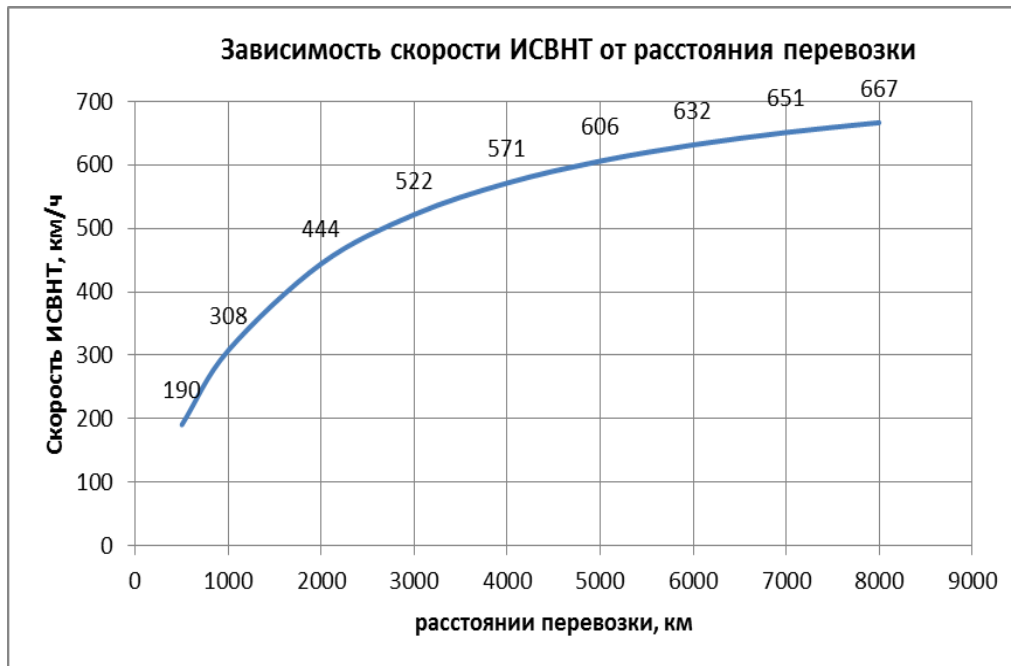


Рисунок 1 – Зависимость скорости ИСВНТ от расстояния перевозки

При расстоянии перевозки в 5000 км, при котором удастся устойчиво связать большинство экономических центров России, скорость ИСВНТ равна 606 км/ч – поэтому достижение рентабельности именно этой скоростной точки является своеобразным фазовым переходом от системы транспорта прошлого к качественно новой системе транспорта, которая приведет к трансформации практически всех отраслей экономики в целом.

При этом синхронизация параметров нового типа транспорта с экономическими особенностями промышленного комплекса государств, сочетающими в себе высокий уровень промышленного производства, консолидированность промышленно-экономических центров при больших расстояния между ними (США, Россия, Китай) приведет:

1. К существенному ускорению процессов создания стоимости (росту ВВП);
2. Развитию соответствующей технической и социальной инфраструктуры[5];
3. Приросту ВВП за счет производного экономического эффекта от развития малого и среднего бизнесов.

Резюмируя вышеперечисленные факторы государство, получившее данный тип транспорта получит существенные преимущества перед конкурентами. А широкое внедрение нового типа транспорта значительно трансформирует матрицу отрасли перевозок.

В настоящее время наиболее перспективным кандидатом, который может стать ИСВНТ в ближайшем будущем является – магнитолевитационная транспортная технология. В модели современной экономики Четвертой промышленной революции и наличию достаточного венчурного капитала данная технология имеет все шансы быть реализованной.

При этом системы магнитолевитационного транспорта являются существенно более гибкими для введения полной автоматизации движения. Управление скоростью движения, регулировка воздушного зазора между поездом и направляющим треком осуществляются полностью в автоматическом режиме. Последний параметр является определяющим для энергоэффективности магнитолевитационного транспорта. Сегодня в системах Transrapid величина воздушного зазора составляет 1 см. При этом контроль за отклонениями данной величины представляет интегрированную систему с частотой вычисления 15000 раз в секунду

[6]. Регулировка осуществляется за счет изменения напряжения подаваемого в катушки активной части линейного двигателя, которым магнитолевитационный поезд и направляющий трек фактически являются. Поэтому управление составом осуществляется по умолчанию в автоматизированном режиме из единого информационного центра – рисунок 2.

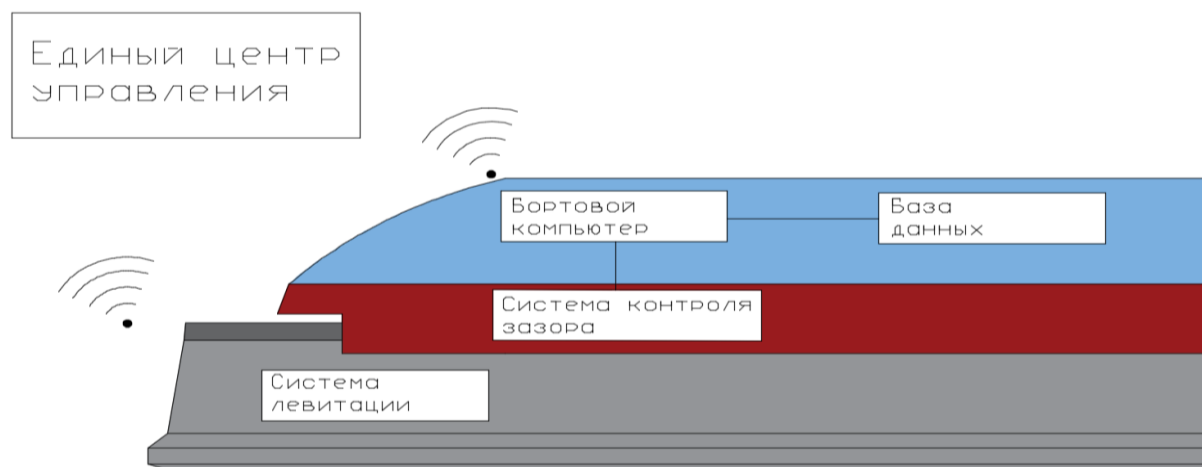


Рисунок 2 – Схема системы управления магнитолевитационным транспортом

Внедрение магнитолевитационного транспорта в России потребует создание отечественных систем автоматического управления, особое внимание при этом следует уделить вопросам безопасности, поскольку именно из-за недостатков системы управления поездами Transrapid в Эмсланде в 2006 году произошла авария – на путях во время движения поезда оказалась обслуживающая тележка. Данное происшествие самым негативным образом отразилось на развитии технологии в Германии.

Перспективность внедрения ИСВНТ в России – не вызывает сомнений. Развитие и интеграция этих систем в существующую матрицу транспортной отрасли потребует решения вопросов широкого спектра компетенций. Разработка и тестирование систем автоматизированного управления, создание нормативной базы для их эксплуатации – сложный процесс, который потребует сотрудничества ведущих организаций в данной сфере.

#### Список литературы

1. David Hensher, Zheng Li, Corinne Mulley THE IMPACT OF HIGH SPEED RAIL ON LAND AND PROPERTY VALUES. Institute of Transport and Logistics Studies. The University of Sydney. 2012. С. 9–10.
2. Мишарин А.С. Аспекты создания интегрированной сети скоростного и высокоскоростного сообщения в Российской Федерации. «Транспорт Российской Федерации». 2014. №2 (51).
3. China High Speed Train (Bullet Train). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.travelchinaguide.com/china-trains/high-speed/>.
4. China to test 600 km/h maglev train by 2020. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/26/WS5аба7b5fa3106e7dcc136b73.html>.
5. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года: Постановление Правительства Рос.Федерации №1734-р, 22 ноябрь 2008.
6. Optimizing the Controller Desing to Guide the Motion of a Maglev. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.maplesoft.com/applications/download.aspx?SF=5928/Maglev.pdf>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

**Борисов Александр Николаевич** – аспирант, преподаватель кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)

190121, Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., д. 3, e-mail: bor\_fond93@mail.ru

**Борисова Маргарита Александровна** – студентка 3 курса бакалавриата кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)

190121, г. Санкт-Петербург, Лоцманская ул., д. 3

***Аннотация.** В статье рассматриваются возможности применения параллельных вычислительных архитектур для моделирования интеллектуальных систем управления автономными необитаемыми подводными аппаратами. Дается описание основных классов современных параллельных вычислительных архитектур, а также применяемых для них технологий программирования. Показана актуальность применения параллельных вычислений при моделировании интеллектуальных систем управления. Представлены результаты численного моделирования в системе с общей памятью.*

***Ключевые слова:** АНПА, моделирование, система управления, параллельные вычисления, системы с общей памятью, системы с разделенной памятью.*

## MODELING OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEM IN PARALLEL COMPUTING ENVIRONMENT

*Borisov Aleksandr N. – postgraduate, Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities, St. Petersburg State Maritime Technical University (SMTU)*

*Lotsmanskaja str., 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, bor\_fond93@mail.ru*

*Borisova Margarita A. – student, Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities, St. Petersburg State Maritime Technical University (SMTU)*

*Lotsmanskaja str., 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, bor\_fond93@mail.ru*

***Abstract.** In the article possibilities of application of parallel computing architectures for modeling of intelligent control systems of autonomous underwater vehicles are considered. A description is given of the main classes of modern parallel computing architectures, as well as the programming technologies used for them. The relevance of using parallel computations in modeling intelligent control systems is shown. The results of numerical simulation in a system with shared memory are presented.*

***Keywords:** AUV, modeling, control system, parallel computing, SMP, MPP.*

Среди многочисленных подходов к построению систем управления, выделяется направление «интеллектуальные системы управления»[1]. К нему относят много подходов: от реализации традиционных законов управления посредством нейронных сетей до продвинутых систем с возможностями создания цели управления, адаптивного управления, системы с использованием методов обучения, адаптации, генетических алгоритмов, и т.д. Однако по определению систему можно назвать «интеллектуальной системой», если она способна решать «новые» задачи, то есть такие задачи, порядок решения которых этой системе не известен. Такие задачи также называют «интеллектуальными».

Интеллектуальные робототехнические системы содержат настраиваемую модель внешнего мира и реальной исполнительской системы с объектом управления. Цель и управляющие воздействия формируются в интеллектуальных робототехнических системах на основе знаний о внешней среде, объекте управления и на основе моделирования ситуаций в реальной системе. Интеллектуальные системы способны из имеющихся фактов и знаний сделать выводы не только с использованием дедукции, но и с помощью аналогии, индукции и т.д. Кроме того, интеллектуальные системы должны обладать средствами для оценки результатов собственной работы. С помощью подсистем объяснения интеллектуальная система может ответить на вопрос, почему получен тот или иной результат. Наконец, интеллектуальная система должна уметь обобщать, улавливая сходство между имеющимися фактами.

Проектирование систем управления – это долгий и трудоемкий процесс. Распространенной практикой при построении сложных интеллектуальных СУ является использование имитационных программных комплексов для тестирования и отладки алгоритмов управления. Такой подход значительно сокращает финансовые и временные затраты по сравнению с натурными экспериментами.

На сегодняшний день существует ряд программных продуктов, ориентированных на моделирование динамики и алгоритмов управления роботом разнообразного назначения. В качестве примеров можно привести Microsoft Robotics Developer Studio, TeamBots, Simbad, onDesk, Gazebo, UWSim, SubSim [2, 3]. В работах [4, 5, 6, 7] представлен имитационный комплекс, позволяющий провести моделирование видеонаблюдения подводного дна в процессе управляемого движения ПР. Результатом его работы является последовательность видеок кадров с двух камер, установленных на борту. Имитационный комплекс позволяет задавать параметры АНПА, видеокамер, источников освещения а также модель дна. Посредством внедрения дополнительных модулей возможны реализация и тестирование различных систем автоматического, в том числе основанных на нечеткой логике, нейронных сетях и генетических алгоритмах.

Основной проблемой, выявленной при эксплуатации программного комплекса являлось быстроедействие. Итоговое время формирования кадров не позволяло провести симуляцию в режиме реального времени.

В задаче повышения производительности перспективным считается использование параллельных вычислительных систем, среди которых выделяются два класса: многоядерные устройства с общей памятью и распределенные вычислительные технологии, примером которых могут выступать кластеры [8].

Процесс решения любой задачи в параллельной вычислительной системе можно разбить на следующие этапы: формулировка задачи, выбор метода ее решения, разработка алгоритма, выбор технологии программирования, создание программы и, наконец, выполнение ее на том или ином вычислительном устройстве [8].

В программе реализована визуализация на основе z-буфера [9]. Всем задействованным вычислительным узлам для работы требуется однородный доступ к z-буферу, чтение и запись в который будет производиться на каждом шаге алгоритма. Проецирование полигонов на картинную плоскость может выполняться потоками параллельно. В начале работы программы все полигоны распределяются между потоками и проходят необходимую обработку. Результатом работы алгоритма являются два готовых массива – буфер кадра и z-буфер.

В настоящее время широко распространены два класса параллельных вычислительных архитектур: с общей и разделенной памятью [8]. В системах с общей памятью реализован одновременный доступ всех процессоров к данным, что позволяет относительно просто реализовать параллельную обработку данных. Отсутствуют потери производительности на межпроцессорный обмен.

Для программирования таких систем используется стандарт OpenMP. Это открытый стандарт для распараллеливания программ на языках Си, Си++ и Фортран. Он предоставляет в распоряжение программиста набор переменных, методов и директив для создания многопоточных приложений. OpenMP поддерживается многими компиляторами: Sun Studio, GCC,

Visual C++, Intel C++ compiler. Распараллеливание можно представить в виде следующей схемы. Последовательный код вызовом специальной директивы разветвляется на несколько потоков. Такое разветвление требует накладных расходов и, поэтому, может замедлить выполнение. Вспомогательные потоки обрабатывают свою часть данных, в то время как основной ждет их завершения и обеспечивает синхронизацию. При достижении закрывающей директивы все вспомогательные потоки удаляются из системы, продолжается выполнение в последовательном режиме.

Анализ алгоритма z-буфера показал, что для его реализации рационально будет использование системы с общей памятью в совокупности с технологией OpenMp. Для оценки улучшения производительности алгоритма проводилось тестирование модифицированной программы на многопроцессорной системе. Замерялось ускорение выполнения алгоритма в зависимости от задействованного числа узлов. Результаты приведены рисунку 1.

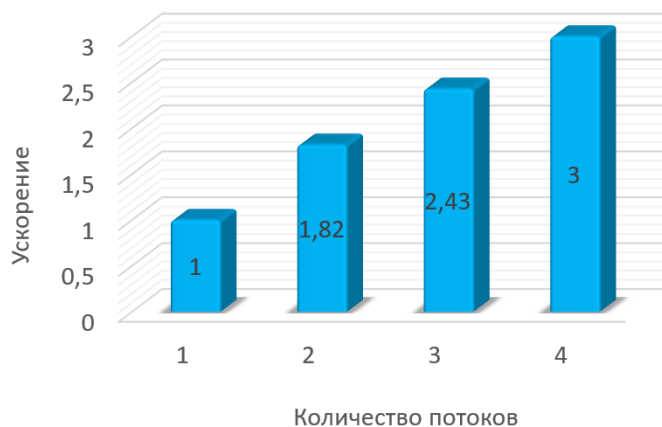


Рисунок 1 – Ускорение алгоритма

При задействовании 4 ядер максимально возможное ускорение достигло 3. Это связано с возрастающими задержками при обращении к общим участкам памяти, а также наличием в программе кода, который невозможно распараллелить. Дальнейшее развитие метода предполагает создание такого способа организации вычислений, при котором стало бы возможным эффективное использование алгоритма в системах с распределенной памятью (МРР), ведь именно такие системы являются рекордсменами по производительности и позволяют объединять в себе тысячи вычислительных узлов.

#### Список литературы

1. Автоматизированная среда математического моделирования процессов управления нестационарными нелинейными объектами интеллектуальными самоорганизующимися системами управления / Степанов М.Ф., Степанов А.М., Михайлова Л.С. и др. // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 6. С. 8–14.
2. Борисов А.Н. Моделирование системы управления движением подводного робота в среде SubSim // Статья в сборнике материалов IV межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России» 15-16 мая 2013 года. СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2013. С. 317–323.
3. Борисов А.Н. SubSim, как универсальное средство моделирования подводных роботов // Статья в сборнике материалов Юбилейной Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2015» 24-25 ноября 2015 года. СПб.: ИПТ РАН, 2015. С. 133–137.
4. Сиек Ю.Л., Борисов А.Н., Сакович С.Ю. Программа моделирования подводной видеосъемки. РОСПАТЕНТ. Свидетельство №2015616823 от 24.06.2015.
5. Сиек Ю.Л., Сакович С.Ю. Визуализация процесса видеонаблюдения дна подводным роботом // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т. 2. №3 (33). С. 47–55.

6. Сиек Ю.Л., Борисов А.Н. Исследование погрешности определения дистанции до точек подводного дна по стереоизображению // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т. 1. № 2 (32). С. 64–68.

7. Борисов А.Н., Борисова М.А. Моделирование управляемого движения подводного аппарата с параллельной бортовой вычислительной средой // Сборник трудов конференции «Транспорт России. Проблемы и перспективы - 2017». 2017. С. 457–460.

8. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб:БХВ-Петербург. 2002. 608 с.

9. Борисов А.Н. Реализация имитационной модели движения транспортного динамического объекта в параллельной вычислительной системе // Статья в сборнике материалов Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016» 29-30 ноября 2016 г. СПб.: ИПТ РАН, 2016. С. 351–353.

УДК 004.932.2

## МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

**Фахми Шакиб Субхиевич** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, shakeebf@mail.ru

Профессор кафедры САПР

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

АО "НИИ телевидения"

194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 22

**Крюкова Марина Сергеевна** – заместитель начальника кафедры Высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, krukova\_ms@mail.ru

**Алексеев Ярослав Владимирович** – адъюнкт кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149, alex.zik@mail.ru

**Альмахрук Мухиб Мухамед** – аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, д. 5

Иордания

Аннотация. Система космического мониторинга чрезвычайных ситуаций МЧС России (СКМ ЧС) ежедневно получает и обрабатывает большой объём данных дистанционного зондирования Земли (данные ДЗЗ). Большая часть - космические снимки объёмом 10-20 гигабайт каждый. В среднем, СКМ ЧС получает и обрабатывает 30-38 гигабайт данных ежедневно. Обработка таких данных традиционными методами занимает большое количество времени. Предлагаемая модель позволяет организовать распределённое хранение и оперативную обработку данных за счёт их распределённой многопоточной обработки. Это

достигается за счёт того, что обработка осуществляется по принципу «код к данным» вместо традиционной парадигмы обработки данных «данные к коду». В статье приведены результаты проведённого эксперимента на кластере из 4 единиц.

*Ключевые слова:* обработка изображений; распределённое хранение данных, распределённая обработка, многопоточная обработка, космические снимки, обработка космических снимков, СКМ ЧС.

## MODEL OF DISTRIBUTED PROCESSING AND STORAGE OF SPACE PICTURES

*Fahmi Shakeeb S. – Doctor of Technical Sciences Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, shakeebf@mail.ru*

*Professor of CAD Department of Saint Petersburg Electrotechnical University, ETU*

*Professor Popov str., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation*

*Research institute of television*

*Politekhnikeskaya str, 22, St.Petersburg, 194021, Russian Federation*

*Kryukova Marina S. – Deputy head of the Department of Higher mathematics and system modeling of complex processes of FGBOU IN St. Petersburg University of GPS of EMERCOM of Russia*

*Moskovsky Prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, krukovva\_ms@mail.ru*

*Alekseenko Yaroslav V. – Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Almahrouk Muhib Muhamed – graduate student, Jordan*

*Saint-Petersburg Electrotechnical University “LETI”*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Abstract.* The system of space monitoring of emergency situations of Emercom of Russia (SKM emergency) daily obtains and processes large volume of data of remote sensing of Earth (data DZZ). The most part - space pictures of 10-20 gigabytes everyone. On average, SKM emergency receives and processes 30-38 gigabytes of data daily. Processing of such data by traditional methods occupies a large number of time. The offered model allows to organize the distributed storage and operational data handling due to their distributed multithreaded processing. It is reached because processing is carried out by the principle "a code to data" instead of a traditional paradigm of data handling "data to a code". In article results of the made experiment are given in a cluster from 4 units.

*Keywords:* image processing; the distributed data storage, distributed processing, multithreaded processing, space pictures, processing of space pictures, SKM emergency.

**Введение.** СКМ ЧС является одной из основных систем, обеспечивающей информационную поддержку принятия решения. Основным источником информации являются космические снимки. На основе космических снимков решаются следующие задачи:

- мониторинг природных пожаров;
- мониторинга наводнений;
- мониторинг потенциально опасных территорий и объектов;
- поиск аварийных объектов в акваториях и на суше;
- мониторинг нефтяных разливов.

Также на основе космических снимков осуществляется моделирование развития природных пожаров и наводнений, автоматический поиск изменений на территории мониторинга [1].

Для своевременного реагирования на возникающие чрезвычайные ситуации, а также, что немаловажно, прогнозирования чрезвычайных ситуаций необходимо оперативное дове-



дение информации до лиц, принимающих управленческие решения. Рассматривая данный вопрос в аспекте применения данных ДЗЗ, необходимо организовать оперативный приём, обработку и доведение результатов космического мониторинга до конечного потребителя данных ДЗЗ (в первую очередь — территориальных органов управления МЧС России) [1-4]. Рассматривая вопрос обработки данных хочется отметить, что в настоящее время применяется принцип «данные к коду». Т.е. для того, чтобы осуществить обработку данных ДЗЗ необходимо их физически разместить на узле обработки (в качестве которого может выступать как персональный компьютер, так и сервер). Ввиду того, что зачастую объём одного снимка составляет 5-10 (а иногда и 20-30 гигабайт), то для обработки одного снимка мы несём потери при передаче снимка от места хранения к месту обработки. Соответственно потери времени на передачу данных увеличиваются при увеличении объёма передаваемых файлов. Это негативно сказывается на оперативности предоставления результатов космического мониторинга пользователям, которая остро необходима при оценке складывающейся обстановки [5-7].

Рассматривая аспект обработки данных, хочется отметить, что имеющиеся подходы программирования специального программного обеспечения используют либо однопоточную обработку, либо многопоточную. Многопоточная парадигма обработки данных использует возможности многоядерных процессоров, однако имеет ряд недостатков:

- необходимо самостоятельно, вручную, разбить задачу на подзадачи для параллельной обработки;
- вручную распределять нагрузку между кластерами (при их наличии);
- контролировать аппаратные сбои и т. д.

В результате этого увеличивается риск роста программных ошибок и срока создания подобных систем [2-5].

Таким образом, задача по распределённому хранению и обработке данных ДЗЗ является актуальной [11]. Предлагаемая модель позволяет обеспечить гарантированное распределённое хранение данных ДЗЗ, а также обеспечить распределённую обработку данных, что повышает оперативность предоставления необходимой информации для обеспечения деятельности сил и средств при реагировании на чрезвычайные ситуации, а также обеспечения информационной поддержки мероприятий по прогнозированию возникновения чрезвычайных ситуаций.

**Модель распределенного хранения данных ДЗЗ.** Предлагаемая модель предполагает использования файловой системы, которая предназначена для хранения, в первую очередь, файлов большого объёма. Исходные файлы поблочно распределены на кластере «серверов хранения». При этом размер блока одинаков для всех блоков файла, за исключением последнего. При записи файла в систему определяется степень репликации, т. е. сколько копий блока необходимо создать и распределить на «сервера хранения» (СХ). Также при распределении модель предусматривает размещение блоков на СХ, которые находятся в разных местах (серверных стойках). Благодаря такому подходу достигается гарантированное хранение данных и устойчивость функционирования системы в целом. В модели также предусмотрен «контрольный сервер» (КС), который хранит информацию о распределении блоков, степени репликации, перечня имеющихся СХ и т.д.. Т.е. КС обеспечивает распределение блоков по СХ, а также содержит информацию о месте размещения всех блоков по СХ. Все СХ и КС связаны между собой компьютерной сетью и взаимодействие между ними происходит по протоколу TCP. Схема распределённой системы хранения представлена на рисунке 1.

Для записи файла (на схеме для упрощения каждый файл представляет собой один блок) клиент передаёт информацию о файле КС, а также необходимый коэффициент репликации (КР). КС записывает в соответствии с КР блок на СХ, имеющие необходимый объём дискового хранения. При необходимости прочитать файл клиент отправляет запрос КС, в ответ на который клиент получает информацию о месте хранения запрашиваемого файла.

При выходе из строя одного из СХ КС автоматически перераспределяет необходимые блоки (хранящиеся на вышедшем из строя СХ) между оставшимися СХ. Учитывая, что каждый блок хранится в нескольких копиях, в соответствии с КР (по умолчанию - 3), даже при

выходе из строя двух СХ обеспечивается доступ к данным. При использовании распределённых СХ можно добиться гарантированного хранения данных.

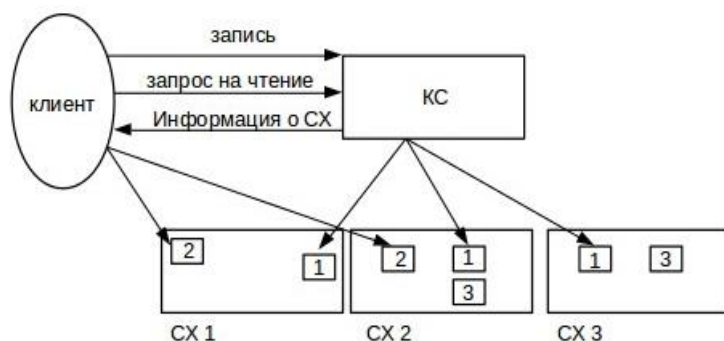


Рисунок 1 – Схема системы хранения данных

Данная модель позволяет использовать для хранения относительно недорогие сервера, а также не производить настройку избыточных массивов независимых дисков. Т.е. не требуется использовать дорогостоящие системы хранения данных. Также за счёт распределения блоков файлов достигается более быстрая скорость передачи данных по сети.

Используя подобную систему хранения данных возможно организовать распределённую обработку данных ДЗЗ.

**Модель распределенной обработки данных ДЗЗ.** Выше было сказано о сложности разработки многопоточных приложений обработки данных ДЗЗ, а также о потерях при передаче данных от места их хранения к месту обработки. Ниже будет кратко описана модель обработки данных ДЗЗ на основе распределённой системы хранения данных и выполнения обработки данных по принципу «код к данным». Он заключается в том, что для обработки данных необходимо лишь описать (создать программу для ЭВМ) обработку данных и свёртки данных. Т.е. мы имеем 2 скрипта (программы для ЭВМ). К данным передаётся код для обработки. Таким образом, мы значительно экономим время на передачу данных по сети, а также, учитывая разбивку данных на блоки, процесс обработки данных не занимает большого количества времени.

На рисунке 2 представлена общая схема распределённой обработки данных по предлагаемой модели.

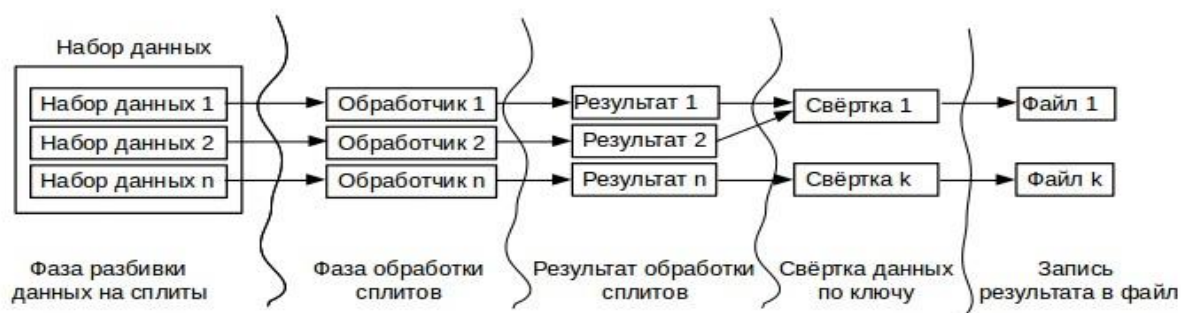


Рисунок 2 – Схема распределённой обработки данных

Входные данные могут представлять собой либо набор файлов, либо один файл. Входные данные разбиваем на независимые части (сплиты), т. е. данные в одном сплите не зависят от данных другого сплита. Это необходимо для реализации фазы обработки сплитов обработчиками. Каждый обработчик, по возможности, запускается там где располагается сплит. За счёт такого подхода мы избегаем передачи данных по сети. Зачастую, сплит — это блок распределённой системы хранения данных. Каждый сплит обрабатывается своим обработчиком. При этом стоит отметить, что каждый обработчик функционирует независимо от других. Полученный результат записывается локально, т. е. на СХ, где происходит обработка сплита.

Каждый выходной файл после фазы обработки сплитов представляет несколько файлов вида «ключ - значение». Затем в соответствии с ключами данные передаются узлу свёртки. На узле свёртки происходит агрегация данных и после обработки всех данных происходит запись результирующего файла в распределённую систему хранения. Результаты обработчиков передаются узлам свёртки уже по сети. В случае, если нет необходимости в фазе свёртки результирующих данных после фазы обработки сплитов, можно записывать результат уже непосредственно в распределённую систему хранения.

**Результаты эксперимента.** Для оценки предлагаемой модели был развёрнут кластер из 4 СХ и 1 КС, КР = 3. Исходные данные — космические снимки в формате GEOTIFF с космического аппарата типа «Ресурс-П». Общий объём данных — 140 гигабайт. Каждый узел кластера имел следующие характеристики:

- центральный процессор: двух ядерный, тактовая частота 2,2 ГГц;
- оперативная память: 8 ГБ;
- жёсткий диск: 600 ГБ.

Оценка модели выполнялась для реализации алгоритма выделения изменений на территории мониторинга [6-11]. При этом эксперимент состоял из нескольких этапов, каждый из которых состоял в изменении количества СХ.

В результате проведённого эксперимента было доказано

- предлагаемая модель сокращает время обработки данных;
- общее время обработки прямо зависит от количества СХ.

Результат проведённого эксперимента представлен на рисунке 3.

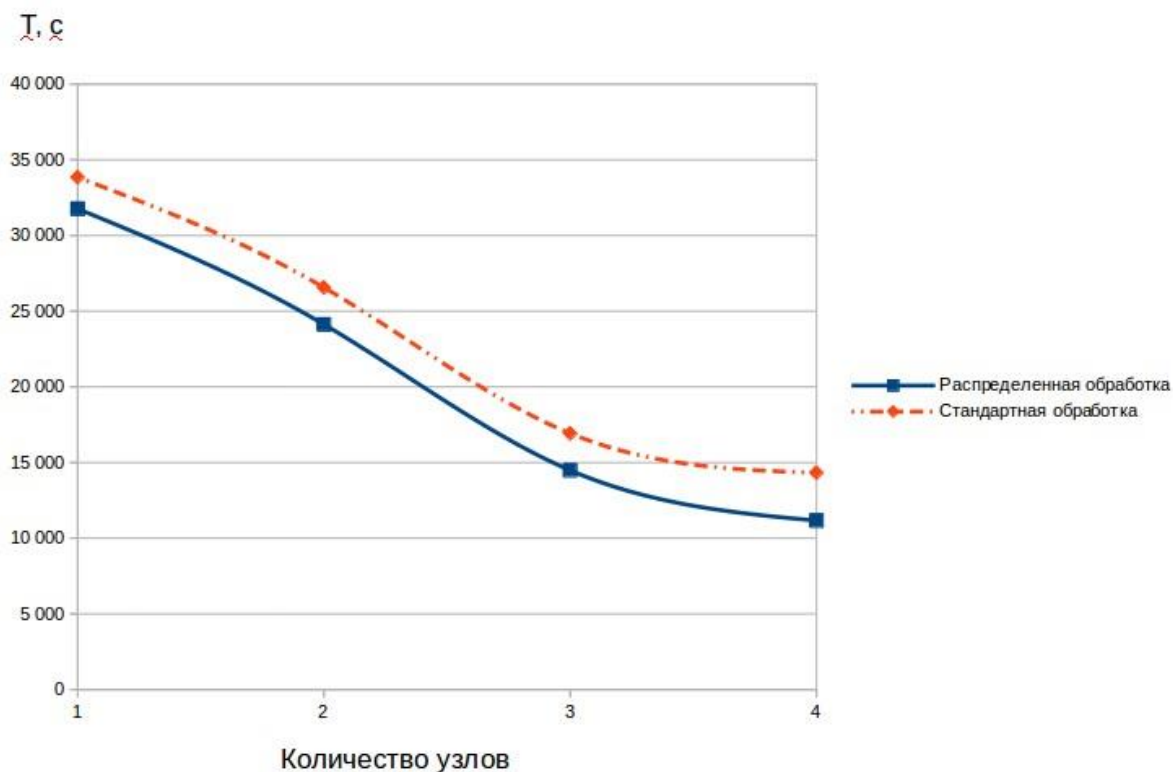


Рисунок 3 – Схема распределённой обработки данных

**Заключение.** В данной статье была предложена модель распределённого хранения и обработки данных дистанционного зондирования Земли. Данная модель позволяет сократить время на обработку данных, а также обеспечить гарантированное хранение данных без применения дорогостоящих технических решения.

В ходе проведённого эксперимента было доказано что предлагаемая модель позволяет сократить время обработки данных по сравнению со стандартных подходом к обработке данных.

Стоит заметить, что в проведённом эксперименте осуществлялось сравнение только по одному алгоритму тематической обработки данных ДЗЗ, а также не учитывалось время на передачу данных.

#### *Список литературы*

1. Алексеенко Я. В. Применение данных дистанционного зондирования Земли российской орбитальной группировки космических аппаратов для обеспечения эффективных управленческих решений в системе антикризисного управления в чрезвычайных ситуациях // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016. С. 417–417.
2. Смирнова А. И., Хачумов В. М. Метод обработки мультиспектральных снимков дистанционного зондирования Земли // *Авиакосмическое приборостроение*. 2013. №. 2. С. 50–56.
3. Талалаев А. А. Организация конвейерно-параллельных вычислений для обработки потоков данных // *Информационные технологии и вычислительные системы*. – 2011. – №. 1. – С. 8-13.
4. Фахми Ш.С., Бобровский А.И., Алексеенко Я.В. Реализация параллельной обработки видеoinформации на основе пространственно-рекурсивного метода // *Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения*. 2015. Вып. 4. С. 89–97.
5. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // *Транспорт России: проблемы и перспективы* - 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. С. 187–193.
6. Шокин Ю. И. и др. Информационная система приема, обработки и доступа к спутниковым данным и ее применение для решения задач мониторинга окружающей среды // *Вычислительные технологии*. 2015. Т. 20. №. 5.
7. Camps-Valls G. et al. Remote sensing image processing // *Synthesis Lectures on Image, Video, and Multimedia Processing*. 2011. Т. 5. №. 1. С. 1–192.
8. Joyce K. E. et al. A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters // *Progress in Physical Geography*. 2009. Т. 33. №. 2. С. 183–207.
9. Li S., Yin H., Fang L. Remote sensing image fusion via sparse representations over learned dictionaries // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2013. Т. 51. №. 9. С. 4779–4789.
10. Schowengerdt R. A. *Techniques for image processing and classifications in remote sensing*. Academic Press. 2012.
11. Wang L. et al. A parallel file system with application-aware data layout policies for massive remote sensing image processing in digital earth // *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. 2015. Т. 26. №. 6. С. 1497–1508.

УДК 004.932.2

## **ВИДЕОСИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЧС РОССИИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

*Фахми Шакиб Субхиевич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, shakeebf@mail.ru*

*Профессор кафедры САПР*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5  
АО "НИИ телевидения"

194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 22

**Крюкова Марина Сергеевна** – заместитель начальника кафедры Высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, [krukova\\_ms@mail.ru](mailto:krukova_ms@mail.ru)

**Алексеев Ярослав Владимирович** – адъюнкт кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149, [alex.zik@mail.ru](mailto:alex.zik@mail.ru)

**Салем Али** – аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

197376, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, д. 5

Йемен

Аннотация. В статье предлагается метод обработки растровых изображений (космических снимков) для последующего отображения в геоинформационных системах (геопорталах) космического мониторинга МЧС России. Предложенный метод позволяет сократить время загрузки данных при работе пользователей с результатами космического мониторинга за счёт разбиения исходного изображения (объём которого может достигать десятков гигабайт) на меньшие изображения в соответствии с масштабом (зумом) просмотра. Это достигается за счёт того, что при работе пользователя в геопортале растровые данные не загружаются сразу целиком, а загружаются порционно, в зависимости от выбранного масштаба карты.

Ключевые слова: методы обработки изображений, космический мониторинг, геоинформационные системы, система космического мониторинга МЧС России, космические снимки

## VIDEO SYSTEM OF SPACE MONITORING OF EMERCOM OF RUSSIA FOR MANAGERIAL DECISION MAKING

*Fahmi Shakeeb S. – Doctor of Technical Sciences Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, [shakeebf@mail.ru](mailto:shakeebf@mail.ru)*

*Professor of CAD Department of Saint Petersburg Electrotechnical University, ETU*

*Professor Popov str., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation*

*Research institute of television*

*Politekhnicheskaya str, 22, St.Petersburg, 194021, Russian Federation*

*Kryukova Marina S. – Deputy head of the Department of Higher mathematics and system modeling of complex processes of FGBOU IN St. Petersburg University of GPS of EMERCOM of Russia*

*Moskovsky Prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, [krukova\\_ms@mail.ru](mailto:krukova_ms@mail.ru)*

*Alekseenko Yaroslav V. – Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Almahrouk Muhib Muhamed – graduate student, Jordan*

*Saint-Petersburg Electrotechnical University “LETI”*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Salem Ali – graduate student, Yemen*

*Saint Petersburg Electrotechnical University LETI*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Abstract.* In article the method of processing of bitmap images (space pictures) for the subsequent display in geographic information systems (geoportals) of space monitoring of Emercom of Russia is offered. The offered method allows to reduce load time of data by operation of users with results of space monitoring due to partition of the source image (which volume can reach tens of gigabytes) by smaller images according to the scale (zoom) of viewing. It is reached because by operation of the user in the geoportal raster data do not boot directly entirely, and boot a la carte, depending on the selected card scale.

*Keywords:* image processing methods, space monitoring, geographic information systems, system of space monitoring of Emercom of Russia, space pictures

**Введение.** В последнее время наблюдается активное применение данных дистанционного зондирования Земли (данные ДЗЗ) во многих областях. Данные ДЗЗ активно и успешно применяются в сельском хозяйстве, градостроительстве, лесном хозяйстве и др. [5,6]. В МЧС России данные ДЗЗ для осуществления мониторинга чрезвычайных ситуаций начали применять с 1997 года.

В настоящее время данные ДЗЗ являются одним из основных источников информации о чрезвычайной ситуации. Также данные ДЗЗ активно применяются для выявления предвестников чрезвычайных ситуаций, а также контролем за потенциально опасными территориями и объектами [1, 3].

Для повышения эффективности использования данных ДЗЗ в повседневной деятельности оперативных и аналитических подразделений МЧС России активно применяются геоинформационные системы, построенные по принципу клиент-сервер, - геоportалы. В геоportалах исходные данные хранятся на сервере (серверах), а пользователь получает доступ к необходимым данным посредством браузера.

Данный подход зарекомендовал себя простотой в использовании, а также оперативным доведением необходимой информации до неограниченного количества пользователей за короткий срок [7, 11].

В принципе, вся информация, которая хранится в геоportалах, относится к двум видам данных: векторные данные (это могут быть контуры очагов пожаров, районов затопления) и растровые данные (космические снимки, геопривязанные листы топографических карт). Зачастую, объём растровых данных достигает огромных размеров. Например, один космический снимок с космического аппарата типа «Ресурс-П» (геопривязанный и ортотрансформированный, с автоматической цветовой коррекцией) может достигать 25 гигабайт.

Учитывая тот факт, что при анализе специалисту требуется работать не с одним снимком, а с набором (разновременных, различного пространственного разрешения, снятых разной аппаратурой и т. д.) такой объём данных невозможно обработать на обычном персональном компьютере [2, 4, 5]. В статье предлагается метод, который позволяет оперативно предоставлять пользователю доступ к данным — отображать запрашиваемые данные (космические снимки) в геоportале.

**Роль картографической проекции.** Для того, чтобы изображения после обработки предлагаемым методом выглядели на геоportале бесшовными необходимо применять одну картографическую проекцию.

В данной статье мы будем применять равноугольную цилиндрическую проекцию Меркатора. Стоит отметить, что в данной проекции масштаб является постоянным. Масштаб увеличивается от экватора к полюсам, но при этом масштабы по горизонтали и вертикали всегда остаются равными. Этим и достигается равноугольность проекции Меркатора.

Несмотря на то, что проекция Меркатора искажает области, она имеет важные свойства, нивелирующие данный недостаток:

1. Проекция Меркатора - конформная проекция, т. е. она сохраняет форму относительно маленьких объектов. Это особенно важно при отображении космических снимков. Ведь при отображении космических снимков квадратные объекты, к примеру здания, должны быть отображены как квадратные, а не прямоугольные.

2. Проекция Меркатора — цилиндрическая проекция, т. е. север и юг всегда направлены вверх и вниз соответственно, а запад и восток — соответственно налево и направо.

Специфика проекции Меркатора заключается в том, что меридианы представляют собой параллельные равноотстоящие линии, а параллели — параллельные линии, расстояние между которыми увеличивается от экватора к полюсам. Ввиду этого, сами полюса не отображаются (это связано с функцией отображения координат на сфере на координаты плоскости). Поэтому зачастую карты в проекции Меркатора ограничены 80—85° северной и южной широты. Для упрощения расчётов применяется сферическая форма проекции вместо эллипсоидной. Это связано с тем, что необходимо отображение изображения, а не числовых значений координат, где требуется точность эллипсоидной формы проекции. При применении сферической проекции погрешность масштаба составляет 0,33% по оси Y. Такая погрешность визуально не видна [8].

**Пространственное разрешение и масштаб карты.** Помимо картографической проекции необходимо определить пространственное разрешение или масштаб карты для отображения карты на дисплее. На самом низком уровне детализации (уровень 1) карта имеет размер 512 x 512 пикселей. С каждым следующим уровнем детализации размер увеличивается в 2 раза, т. е. на Уровне 2 — 1024 x 1024, Уровне 3 — 2048 x 2048 и т. д.

Пространственное разрешение представляет собой величину, которая характеризует размер наименьших объектов, различимых на изображении, т. е. каков «размер» пикселя. К примеру, при пространственном разрешении в 5 метров/пиксель каждый пиксель будет представлять собой расстояние на местности в 5 метров. Однако следует отметить, что пространственное разрешение изменяется в зависимости от уровня детализации и широты, на которой проводится измерение [9].

Масштаб карты определяет отношение между расстоянием непосредственно на карте и расстоянием на поверхности земли, выраженное в тех же единицах измерения. Масштаб карты также как и пространственное разрешение изменяется в зависимости от уровня детализации и широты.

В таблице 1 приведены значения, измеренные для экватора до уровня детализации 8.

*Таблица 1— Значения, измеренные для экватора до уровня детализации 8*

| Уровень детализации | Размеры карты, пиксель | Пространственное разрешение, м/пиксель | Масштаб карты      |
|---------------------|------------------------|--|--------------------|
| 1                   | 512                    | 78,271.5170                            | 1 : 295 829 355.45 |
| 2                   | 1 024                  | 39,135.7585                            | 1 : 147 914 677.73 |
| 3                   | 2 048                  | 19,567.8792                            | 1 : 73 957 338.86  |
| 4                   | 4 096                  | 9,783.9396                             | 1 : 36 978 669.43  |
| 5                   | 8 192                  | 4,891.9698                             | 1 : 18 489 334.72  |
| 6                   | 16 384                 | 2,445.9849                             | 1 : 9 244 667.36   |
| 7                   | 32 768                 | 1,222.9925                             | 1 : 4 622 333.68   |
| 8                   | 65 536                 | 611.4962                               | 1 : 2 311 166.84   |

Изменение пространственного разрешения и масштаба карты не приведены в данной таблице. Масштаб карты приведён с учётом отображения на дисплее с разрешением 96 точек на дюйм.

### ***Координаты пикселей***

Выбрав для каждого уровня детализации пространственное разрешение и масштаб, нам необходимо провести преобразование географических координат в координаты пикселей. Ширина и высота карты отлична для каждого уровня, это справедливо и для координат пикселей. Пиксель верхнего левого угла карты будет иметь всегда координаты (0, 0), а у пикселя правого нижнего угла карты — (ширина минус единица, высота минус единица). Например, на третьем уровне (рисунок 1) будут координаты пикселей в диапазоне от (0, 0) до (2047, 2047).

### Координаты квадратов карты

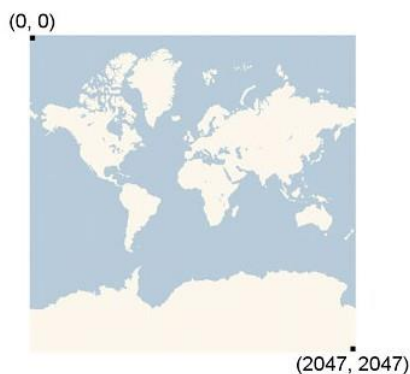


Рисунок 1 – Координаты пикселей на Уровне 3

Для лучшего отображения карты на дисплее представленная карта (рисунок 2) сокращена до размеров 256 x 256 пикселей. Также как и число пикселей отлично на разных уровнях детализации, так и количество квадратов отлично для каждого уровня детализации и может быть вычислено следующим образом:

$$\text{ширина карты} = \text{высота карты} = 2^{\text{номер уровня}}$$

Таким образом квадраты карты будут иметь координаты от (0, 0) до ( $2^{\text{номер уровня}} - 1$ ,  $2^{\text{номер уровня}} - 1$ ). К примеру, для третьего уровня диапазон координат будет от (0, 0) до (7, 7).

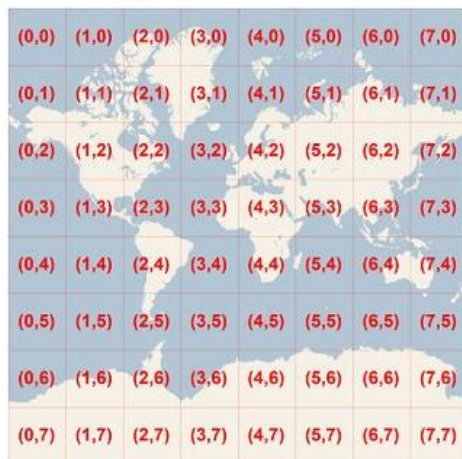


Рисунок 2 – Координаты квадрата на Уровне 3

Для оптимизации индексации и хранения квадратов значения координат X и Y комбинируются в ключи дерева квадрантов (ключ квадранта). Каждый ключ квадранта однозначно определяет единственный квадрат в некотором уровне детализации. Ключ квадранта может быть использован в качестве ключа индекса B-дерева обхего хранилища данных. Для преобразования координат квадрата X и Y квадрант необходимо биты координат преобразовать в последовательность, которую, в свою очередь, перевести в четверичную систему ко-



ординат. Например для квадрата с координатами (3, 5) на уровне 3 ключ квадранта будет вычислен следующим образом:

$$X = 3 = 011_2$$

$$Y = 5 = 101_2$$

$$\text{Ключ квадранта} = 100111_2 = 213_4 = \text{“213”}$$

Ключи квадранта имеют ряд особенностей:

- длина ключа квадранта (количество цифр) равна уровню детализации;
- дочерний квадрант запускается от родительского квадранта.

На рисунке 3 изображено, что квадрат 2 является родителем квадратов с 20 по 23, а квадрат 13 — для квадратов с 130 по 133.

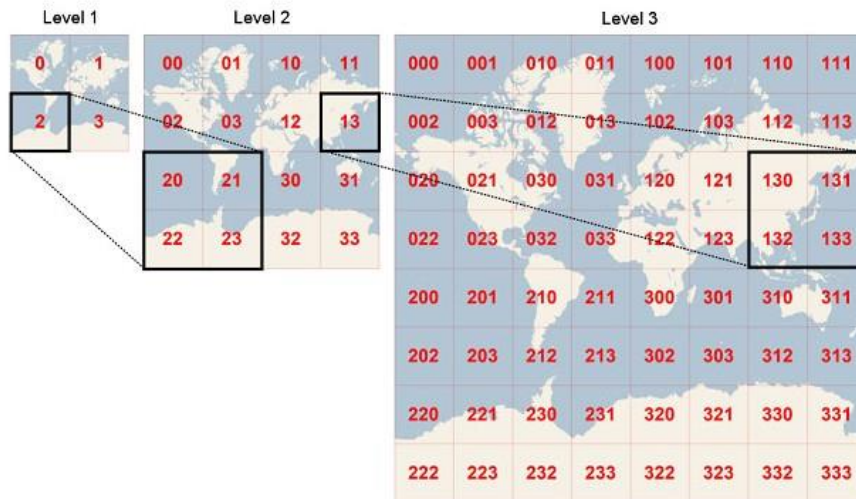


Рисунок 3 – Особенности квадратов

Также квадраты обеспечивают одномерный индексный ключ, который сохраняет близость квадратов в пространстве координат XY. Т.е. относительно близким квадратам в соответствии с координатами X и Y, обычно существуют относительно близкие ключи квадратов. Это необходимо учитывать при оптимизации производительности базы данных, так как соседние квадраты необходимо хранить рядом (желательно в одних и тех же дисковых блоках) для минимизации количества числа чтений с диска [2].

**Применение геопорталов для мониторинга природных пожаров.** Применение геопорталов является одним из основных средств осуществления мониторинга природных пожаров на определённой территории. Применение геопорталов позволяют сократить время реагирования на возникающие опасности, проводить оценку масштабов природных пожаров и их последствий [10].

После обработки растровые данные (космические снимки) размещаются на геопортал. Это позволяет оперативно доводить до потребителей (в первую очередь — специалистов оперативно-дежурных смен территориальных органов МЧС России) информацию о складывающейся обстановке, а также своевременно сообщать о возникающих рисках, обусловленных природными пожарами. На рисунке 4 и 5 показаны космические снимки с нанесёнными тематическими данными (расстоянии до ближайших населённых пунктов, стороны света и т.п.).

**Заключение.** В статье дан краткий анализ применение геопорталов в деятельности МЧС России. Описан предлагаемый метод обработки растровых данных для размещения в геопорталах.

Предложенный метод реализован в геопорталах, применяемых в Системе космического мониторинга чрезвычайных ситуаций МЧС России. Данный метод прост в программной реализации, но в тоже время он позволяет обеспечить отображение большого объёма данных ДЗЗ на относительно слабой аппаратной инфраструктуре пользователей.

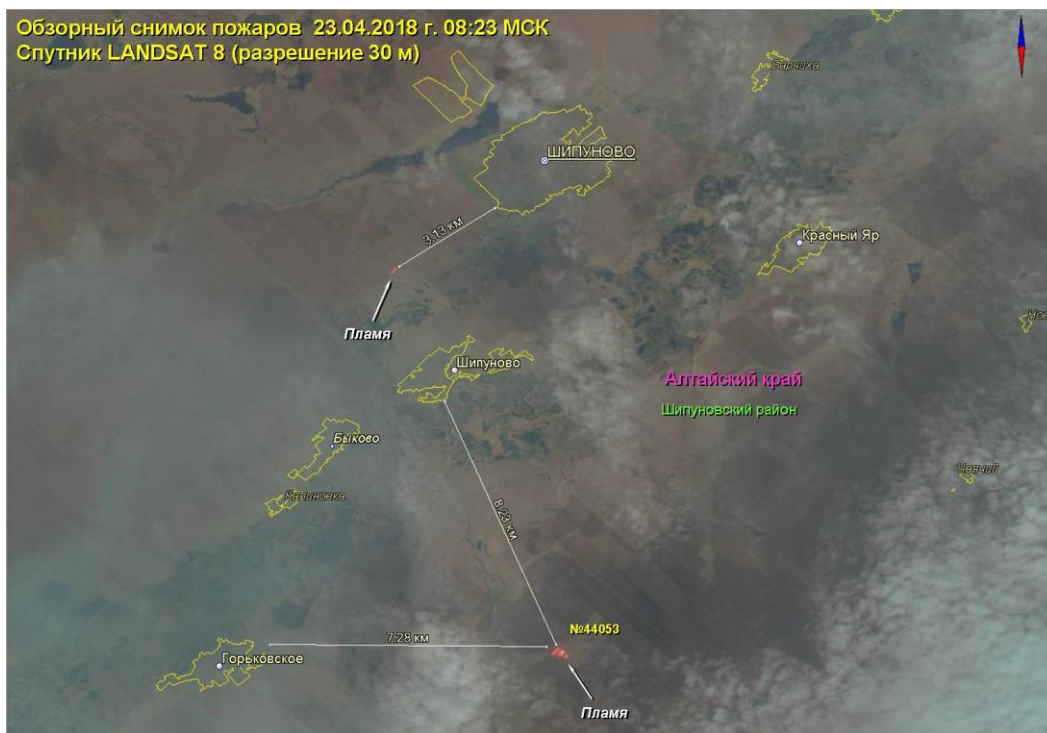


Рисунок 4 – Космический снимок природных пожаров

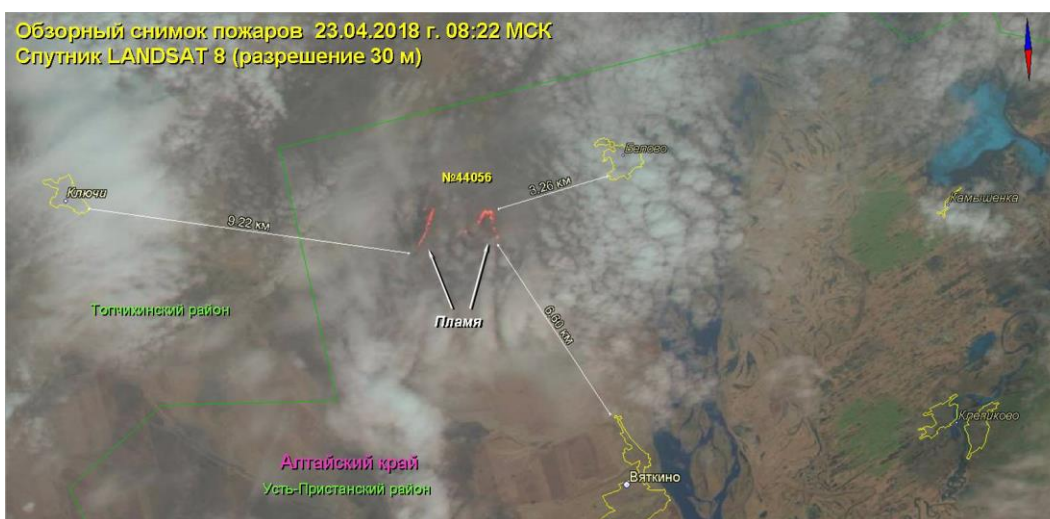


Рисунок 5 – Космический снимок природных пожаров. Предлагаемый метод позволяет повысить оперативность загрузки данных о природных пожарах пользователям.

Хотелось бы отметить, что для оптимизации данного метода необходимо исследовать пути реализации в многопоточной обработке исходных данных, а также при распределённом хранении данных.

#### Список литературы

1. Алексеенко Я. В. Применение данных дистанционного зондирования Земли российской орбитальной группировки космических аппаратов для обеспечения эффективных управленческих решений в системе антикризисного управления в чрезвычайных ситуациях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. С. 417–417.
2. Бобровский А. И., Алексеенко Я. В., Фахми Ш. С. Реализация параллельной обработки видеоинформации на основе пространственно-рекурсивного метода // ВОПРОСЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ. №. 5.
3. Еременко С. П. и др. Интеллектуальные информационные системы космического мониторинга // Транспорт России: проблемы и перспективы-2015. 2015. С. 91-99.

4. Фахми Ш. С., Алексеенко Я. В., Костикова Е. В. Интеллектуальные транспортные видеосистемы на основе технологии «система на кристалле» // ВОПРОСЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ. №. 6.

5. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. С. 187–193.

6. Bridgewater P. B. Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation //Landscape Ecology And Geographical Information Systems. CRC Press. 2014. С. 15–20.

7. Chang K. T. Introduction to geographic information systems. – McGraw-Hill Science/Engineering/Math. 2015.

8. Jones C. B. Geographical information systems and computer cartography. – Routledge, 2014.

9. Roche S., Propeck-Zimmermann E., Mericskay B. GeoWeb and crisis management: Issues and perspectives of volunteered geographic information //GeoJournal. 2013. Т. 78. №. 1. С. 21–40.

10. San-Miguel-Ayanz J. et al. Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: the European forest fire information system (EFFIS) //Approaches to managing disaster-assessing hazards, emergencies and disaster impacts. – InTech. 2012.

11. Stow D. A. The role of geographic information systems for landscape ecological studies //Landscape Ecology and Geographical Information systems. – CRC Press. 2014. С. 23–36.

УДК 378: 656

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ**

*Сергеева Наталья Геннадьевна – младший научный сотрудник*

*Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации  
199034, Россия, Санкт-Петербург, набережная Макарова, дом 8, pnagese@mail.ru*

*Аннотация. Статья раскрывает особенности когнитивного управления на транспорте. Показано, что когнитивное управление включает: когнитивный анализ, когнитивное моделирование и когнитивные модели. Описана информационная когнитивная модель. Описаны когнитивные карты как основа когнитивной модели. Описан сценарий когнитивного моделирования.*

*Ключевые слова: транспорт, управление, когнитивные модели, управленческие технологии, когнитивное управление.*

## **APPLICATION OF COGNITIVE CARD FOR EVALUATION CARGO TRANSPORTATION IN THE TRANSPORT NETWORK**

*Sergeeva Natalya G. – Research Assistant*

*Military Academy of Logistics*

*8, Makarova embankment, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, pnagese@mail.ru*

*Abstract. This article describes the features of cognitive control in transport. The article reveals the content of cognitive control. The article suggests that cognitive control includes cognitive analysis, cognitive modeling and cognitive models. This article describes the information cognitive*

*model. This article describes the cognitive maps as a basis for the cognitive model. This article describes a scenario of cognitive modeling.*

*Keywords: transport, management, cognitive models, management techniques, cognitive control.*

Транспортный комплекс страны является базовой отраслью экономики, имеет большое экономическое, социальное, культурное, оборонное значение и определяет развитие государства. Назначение транспорта состоит в физическом перемещении тел (средства перемещения, грузы, пассажиры) в пространстве.

Процесс получения точной информации и его оперативный анализ представляют собой основу современного управления. Это особенно актуально, в сфере транспорта, где объект управления и внешняя среда представляют собой комплекс связанных факторов, значительно воздействующих друг на друга. В настоящее время широко используют автоматизированное [1-3] и интеллектуальное [4-6] управление.

Наряду с этими методами допустимо применение когнитивного управления, которое организовано на когнитивном анализе и когнитивном моделировании. Продолжительное время когнитивный анализ создавался в рамках процессов восприятия и познания. Применение разработок социальной психологии в теории управления привело к созданию особой отрасли знаний – когнитологии, концентрирующейся на изучении проблем управления и принятия решений. В настоящее время когнитивное моделирование развивается в направлении улучшения аппарата анализа и моделирования ситуаций. Когнитивное моделирование позволяет реализовывать структурный анализ и поддержку принятия решений в сложных и слабо структурированных ситуациях.

Целью исследования является повышение результативности принятия решений в сбытовой логистике путём применения когнитивных карт для формализации задачи оценки грузоперевозок в транспортных сетях. Главными задачами, которые необходимо решить, являются следующие: изучение возможностей применения когнитивного подхода к исследованию транспортной системы и описание ее структуры и различных процессов, протекающих в ней; их взаимодействие с внешней средой, и уже на этой основе обосновать необходимые изменения в разработку инструмента когнитивных карт.

Истоки понятия «когнитивная карта» лежат в психологии. В рамках изучения особенностей познания человеком своего окружения фундаментальное значение приобрело исследование когнитивных карт – субъективных представлений о пространственной организации внешнего мира. Когнитивная карта – понятие, относящийся к познавательным процессам, связанным с приобретением, репрезентацией и переработкой информации об окружающей среде, в ходе которых субъект не является пассивным наблюдателем, а активно взаимодействует со средой. Формирование когнитивных карт у субъекта понимается как процесс, состоящий из серии преобразований, с помощью которых субъект приобретает, хранит, копирует, вспоминает, манипулирует информацией об относительных положениях и атрибутах его пространственного окружения. Этот процесс является существенным компонентом принятия решений при пространственном поведении.

Существует несколько методов построения когнитивных карт.

1. Когнитивную карту строит сам эксперт или лицо, принимающее решение (ЛПР) на основе своих знаний и представлений без привлечений экспертов и справочных материалов. Эффективность этого метода определяется квалификацией ЛПР: его знаниями и умением определять характер отношений между концептами. Построение когнитивной карты помогает ЛПР яснее представить себе проблему, лучше понять роль отдельных концептов и характер отношений между ними. Это, видимо, самый быстрый способ построения когнитивной карты.

2. Построение когнитивных карт на основе изучения документов. Этот метод имеет два преимущества: он удобен и позволяет использовать данные, которые использует сам ЛПР. Однако изучение документов экспертами – процесс достаточно трудоемкий.

3. Построение когнитивных карт на основе опросов группы экспертов, имеющих возможность оценивать причинные связи. Преимущество этого метода в возможности агрегировать индивидуальные мнения и в базировании на большом диапазоне оценок.

4. Построение когнитивных карт, основанное на открытых выборочных опросах. Этот метод может быть использован для построения сравниваемых когнитивных карт. Его достоинство заключается в предоставлении исследователю возможности вести активный диалог с источниками информации.

Методы построения когнитивных карт должны отвечать следующим требованиям [2.3]:

- они должны быть конструктивны и удобны;
- они не должны требовать от составителя когнитивной карты предварительной спецификации концептов;
- они должны быть тесно связаны с методами оценок результатов анализа так, чтобы в процессе принятия решений когнитивная карта могла служить советчиком и даже критиком ЛПР;
- они должны точно отражать представления ЛПР о концептах и отношениях между ними.

Опыт показывает, что при анализе предприятий используются смешанные методы, сочетающие в себе разные подходы. Применение того или иного метода построения когнитивных карт зависит от наличия данных (количественных или документальных) для построения карты, доступности экспертов, а также от целей исследователей.

Для защиты от рисков для достоверности конечных результатов анализа предлагается использовать два основных принципа: многомодельность и верификацию.

Принцип многомодельности состоит в том, что в условиях рисков и тех или иных искажающих эффектов, свойственных всем известным теоретическим моделям когнитивных карт, выбор более подходящей модели производится и уточняется по ходу формализации конкретной ситуации с учетом специфики требований качества решаемой проблемы.

Основной принцип верификации состоит в том, чтобы выявлять наличие рисков и прямых ошибок, начиная с ранних этапов построения формализованной модели слабоструктурированной ситуации; он является конкретизацией подхода, известного в разных областях деятельности.

Однако, как показывают исследования, отличительной чертой верификации в случае слабоструктурированных ситуаций является неизбежность принятия решений о соответствии экспертами. Поэтому методы построения, верификации и коррекции моделей ситуаций на основе когнитивных карт являются либо чисто экспертными, либо экспертно-формальными.

Нечеткие когнитивные модели (карты) предназначены для формализации проблем, слабоструктурированных систем и процессов. Они широко используются для анализа и моделирования организационно-технических, социально-экономических и демографических процессов, интеллектуальной поддержки принятия решений, в инвестиционной и инновационной деятельности, в мультиагентных технологиях, в технологиях виртуальных миров и мультимедийных приложений [1-3].

Структура этих моделей представляется в виде нечетких ориентированных графов, вершины (концепты) которых являются системные факторы (параметры, переменные), а дуги – отношения влияния (причинно-следственные отношения) между ними. Существуют различные способы нечеткого описания концептов и отношений влияния, что приводит к разным типам нечетких когнитивных карт [4-6].

Концепты рассматриваются как переменные когнитивной карты, а причинные связи как отношения между каждой парой переменных. Эти отношения причинности могут иметь различные значения. Основные значения – положительное, отрицательное и ноль. При положительном значении тех двух переменных, которые она связывает, изменения происходят в одном направлении (не обязательно со знаком плюс). При отрицательном значении отношения причинности увеличение значения одной из переменных, связанных этим отношением, вызывает уменьшение значения другой (и наоборот), то есть их изменения происходят в про-

тивоположных направлениях. Нулевое отношение причинности показывает, что связи между двумя концептами нет.

Самой важной проблемой транспортных предприятий в долгосрочной перспективе является сохранение устойчивого положения на рынке грузоперевозок. Для ее решения требуется в качестве стратегической цели выбрать повышение своей доли и конкурентоспособности на рынке перевозок. Соответственно для этого необходимо повысить качество транспортного обслуживания клиентов, которое обеспечивает рост спроса на транспортные услуги и тем самым способствует увеличению доходов компании. Функциональная структура управления перевозками приведена на рис. 1. Рациональное управление работой предприятия представляет собой непрерывный цикл выполнения сквозных функциональных процессов учета, планирования, регулирования и анализа исполненной работы. В результате планирования перевозок формируется цепь годовых, ежемесячных и ежесуточных планов деятельности компании-оператора, обеспечивающих выполнение заданных стратегических, тактических и оперативных целей.



Рисунок 1 – Функциональная структура управления перевозками

Для того чтобы представить слабоструктурированные проблемы принятия решений в сфере управления сбытом, воспользуемся приемами когнитивного моделирования [4-6]. Основными операциями когнитивного моделирования являются: разработка когнитивной карты исследуемой системы, анализ ее структурных свойств, свойств устойчивости, связности, сложности, чувствительности решений, сценарный анализ, осуществляемый путем импульсного моделирования на когнитивной карте [4], [5]. Для построения когнитивной карты сбытового предприятия необходимо проанализировать функционирование предприятия с позиции его взаимодействия с окружающей средой, контрагентами, а также воздействие внутренних причин, возникающих в результате действий субъектов управления. С позиции системного подхода определим цели деятельности сбытовой компании. Основной целью деятельности такой компании является увеличение доходности ее операционной деятельности, обеспечивающее долгосрочное устойчивое существование. Доходность торговой компании в целом зависит от доходности каждой отдельно взятой сделки, на эффективность которой влияет множество факторов, таких как: цены поставщика, возможность доставки различными видами транспорта, развитость логистической инфраструктуры поставщика и клиента, квалификация персонала отдела продаж, скорость принятия решения и пр. В совокупности все эти факторы определяют доходность сделки и, как следствие, доходность предприятия.

Можно выделить следующие несколько блоков факторов, влияющих на доходность сделки, среди которых будет блок «Транспортировка».

Состав Блока «Транспортировка»:

- 1) стоимость перевозки различными видами транспорта;
- 2) возможности транспортной логистики клиента/поставщика;
- 3) возможности складской логистики клиента/поставщика;
- 4) эффективность транспортной схемы сделки;
- 5) географическая распределенность бизнеса;
- 6) возможность попутной поставки;

7) вид транспорта.

Эвристическое описание смысла отдельных параметров и связей между ними представлено ниже. В соответствии с описанными экономическими стратами был построен блок когнитивной модели, представленные на рис. 2. Положительные связи между вершинами модели обозначены сплошными дугами, а отрицательные связи – пунктирными дугами. **Транспортировка.** 1) Транспортная логистика контрагентов (поставщиков и клиентов) влияет на выбор вида транспорта  $T2 \rightarrow + T1$ . 2) Возможности логистической инфраструктуры склада также влияют на выбор транспорта  $T3 \rightarrow + T1$ . 3) Вид транспорта влияет на выбор транспортной организации  $T7 \rightarrow + T1$ . 4) Цена доставки, определяемая выбором перевозчика, влияет на схему поставки  $T1 \rightarrow + T4$ . 5) Возможность попутной поставки влияет на выбор транспортной организации  $T6 \rightarrow + T1$ . 6) Возможность попутной поставки влияет на схему поставки  $T6 \rightarrow + T4$ .



Рисунок 2 – Блок Транспортировка

Когнитивная карта (рис. 2) не отражает всех возможных взаимосвязей между факторами, по мере погружения в проблему карта будет уточняться, но на данном этапе исследования она играет роль стартовой для выявления самых общих закономерностей, присущих анализируемой ситуации.

Эта современная технология анализа больших и сложных систем позволяет непосредственно включать модели и методы теории познания в процесс разработки и принятия решений по управлению транспортной сетью предприятия, что дает новые возможности для изучения процессов в сбытовой системе при наличии неопределенности и риска, присущих условиям ее функционирования.

Традиционная когнитивная карта без внесения весьма значительных изменений и дополнений не является системой, могущей оказать значительную помощь при прогнозировании экономических показателей процесса коммерциализации инновационного проекта. Предлагается модернизировать инструмент когнитивных карт. Далее приведен список внесенных изменений и дополнений общего характера:

1. В классических когнитивных картах факторы разбиваются на тематические блоки. Сначала оценивается влияние факторов друг на друга внутри блоков, затем оценивается влияние блоков друг на друга. Цель такого разбиения - уменьшить количество связей и упростить использование когнитивной карты как инструмента. Побочные эффекты такого разбиения – многие связи нивелируются полностью, поскольку в большинстве случаев отдельные

конкретные факторы одного блока оказывают собственное специфическое влияние на один или несколько факторов другого, таким образом, значительно повышается количество возможных ошибок и снижается точность конечных результатов. Предлагается полностью отказаться от разбиения факторов на блоки, что позволит значительно повысить эффективность когнитивных карт как инструмента. Единственный блок, который предлагается выделить, состоит из результирующих факторов, имеющих расчетный характер и никак не влияющих на остальные элементы когнитивной карты. Цель выделения – визуальное упрощение.

2. Факторы в классических когнитивных картах делятся на 2 вида – результирующие или целевые и причинные. Предлагается выделить также промежуточные факторы, находящиеся под влиянием других, но не являющиеся результирующими, что позволит более точно устанавливать связи между факторами.

3. Факторы в классических когнитивных картах не имеют классификации по возможности влияния на них, предлагается выделить группы факторов без возможности влияния и с комбинированным влиянием, что позволит более точно оценивать каждый фактор.

4. Факторам в классических когнитивных картах в большинстве случаев не присваиваются переменные, предлагается разработать классификацию факторов по типу переменных, кроме того, каждый предложенный в когнитивной карте фактор описать одной или несколькими переменными, что позволит значительно увеличить степени точности и конкретности получаемых результатов.

5. В классических когнитивных картах используются два типа связей – положительная (при увеличении фактора, оказывающего влияние, увеличивается фактор, на который оказывается влияние) и отрицательная (наоборот). Предложить дополнительный вид связи – связь неопределенности.

Основные результаты заключаются в том, что предложен единый подход к методам формирования эффективных стратегий решения слабоструктурированных проблем в развитии сложных объектов путем построения и исследования когнитивных карт и моделей на их основе.

#### *Список литературы*

1. Шаталова Н.В., Пространственное развитие России. Транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы междунар. науч.-практ. конф. – СПб. 2016. С. 354–360.

2. Дрецинский В.А. Экономика и менеджмент знаний организации. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. 315 с.

3. Донцов И.П., Петров А.Г., Применение специальной техники железнодорожных войск при восстановлении железных дорог // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб. 2017. С. 117–121.

4. Завальнюк С.И., Рыбицкий В.А. Автоматизация проектирования восстановления железнодорожных станций // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб. 2016. С. 354–360.

5. Мардас Д.А. Методика идентификации возможностей инновационного развития производственно-экономической системы // Дискурс. СПб. 2015. С. 54-59.

6. Сергеева Н.Г., Дружинин П.В., Гуляева О.А. Современное состояние российского рынка железнодорожных контейнерных перевозок и перспективы его развития // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб. 2017. С. 79–84.



## КОГНИТИВНЫЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ: ЭВОЛЮЦИОННОЕ ВИДЕНИЕ

**Тарабаев Антон Александрович** – младший научный сотрудник лаборатории проблем экологии транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, anton200895@mail.ru

1 курс магистратуры кафедры сетевых и облачных технологий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

**Агеев Олег Николаевич** – младший научный сотрудник лаборатории проблем экологии транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, assasin93409@gmail.com

1 курс магистратуры кафедры сетевых и облачных технологий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

**Егорова Анна Федоровна** – младший научный сотрудник лаборатории проблем экологии транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, eaf1995@mail.ru

1 курс магистратуры кафедры сетевых и облачных технологий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Аннотация. Рассмотрена новая сетевая парадигма под названием «Cognitive Internet of Things» (CIoT), позволяющая расширить возможности текущего IoT для создания высокоуровневого интеллекта, где объекты могут не только видеть, слышать и действовать по заранее определённым алгоритмам, но и сами изучать, думать и понимать физические и социальные миры, а также сами принимать решения.

Ключевые слова: когнитивный интернет, интернет вещей (IoT), когнитивный интернет вещей (CIoT), фундаментальные когнитивные задачи, структура CIoT.

## COGNITIVE INTERNET OF THINGS: AN EVOLUTIONARY VISION

*Tarabaev Anton A. – Junior Researcher*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, anton200895@mail.ru*

*Master, Department of Network and Cloud Technologies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Ageev Oleg N. – Junior Researcher*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, assasin93409@gmail.com*

*Master, Department of Network and Cloud Technologies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Egorova Anna F. – Junior Researcher*

*Abstract.* A new network paradigm, named Cognitive Internet of Things (CIoT), was developed in this paper to empower the current IoT with a 'brain' for high-level intelligence, where general objects can not only see, hear, and smell the physical world for themselves, but also learn, think, and understand physical and social worlds by themselves.

*Keywords:* cognitive internet, Cognitive Internet of Things (CIoT), Internet of Things (IoT), Fundamental Cognitive Tasks, Framework of CIoT.

Термин «Интернет вещей» был впервые придуман Кевином Эштоном в 1999 году [1]. Интернет вещей (Internet of Things (IoT)) – это совокупность различных приборов, датчиков, устройств, объединенных в сеть посредством доступных каналов связи, которые используют протокол IP (Internet Protocol). Когнитивный интернет вещей (Cognitive Internet of Things, CIoT) – это новая парадигма, в которой вещи ведут себя как агенты и взаимодействуют с физической средой и / или социальными сетями с минимальным вмешательством человека. Объекты такой сети составляют определенное представление о своем состоянии, состоянии окружающих вещей, воспринимают знания от окружающей среды, делают логический вывод на основе полученных знаний, адаптируются к внешним и внутренним условиям. [1]

### **Особенности CIoT**

Объекты CIoT способны:

1. Выполнить самоанализ и реконфигурацию, учитывая имеющееся окружение;
2. Адаптироваться к существующим условиям, основываясь на определенных знаниях и критерии о предыдущих их состояниях;
3. К динамическим изменениям своих топологий и/или эксплуатационных параметров согласно требованиям конкретного пользователя при условии, что это является необходимостью в рамках текущей политики обслуживания, процесса, который оптимизирует пропускную способность сети или иные показатели;
4. Выполнить самоконфигурацию, осуществляя распределенное управление, основываясь на правилах;
5. Определить свое текущее состояние, планировать свою работу, принимать решения при определенных сложившихся ситуациях.

На практике объекты CIoT могут:

1. Применять технологии, которые получают знания об операционной среде, о местонахождении, например, GPS;
2. Вводить или применять существующие правила взаимодействия между собой интернет-вещей;
3. Осуществлять динамическую и автономную корректировку своих операционных (рабочих) параметров и протоколов согласно полученным знаниям, чтобы достичь заранее определенные цели, в частности сделать выбор в пользу более подходящей технологии передачи радиосигнала; обучаться, основываясь на достигнутые результаты, на лучшие практики и на более эффективные способы для создания IoT.[2]

Структура CIoT и фундаментальных когнитивных задач.

На рисунке 1 представлена структура CIoT. Как правило, CIoT служит прозрачным мостом между физическим миром (с общими физическими / виртуальными вещами, объектами, ресурсами и т. д.) и социальным миром (с человеческим спросом, социальным поведением и т. д.), вместе с ним образуют интеллектуальную физическую кибер –социальную (iPCS) систему. Из восходящего представления когнитивный процесс системы iPCS состоит из четырех основных слоев:

1. Контрольный слой зондирования имеет прямые интерфейсы с физической средой, в которых воспринимающие объекты принимают окружающую среду, обрабатывая посту-

пающие сигналы стимулов и обратной связи на верхний уровень, а исполнительные механизмы действуют так, чтобы управлять датчиками через окружающую среду.

2. Уровень данных - семантический уровень знаний эффективно анализирует чувствительные данные для формирования полезной семантики и знаний.

3. Уровень принятия решений использует семантику и знания, абстрагированные от нижнего уровня, чтобы позволить нескольким или даже массивным интерактивным агентам рассуждать, планировать и выбирать наиболее подходящее действие с двойными функциями для поддержки услуг, для человеческих / социальных сетей и стимулирования действий / адаптации к физической среде.

4. Уровень оценки услуг разделяет важные интерфейсы с социальными сетями, в которых предоставление социальных услуг по запросу предоставляется социальным сетям, а новые показатели производительности предназначены для оценки предоставляемых услуг и обратной связи с результатом оценки в процессе познания. [3]

### **Проблемы**

1. Несколько основных проблем исследований и открытые проблемы включают (но не ограничиваются):

2. В практических CIoT-приложениях гораздо сложнее обрабатывать полученные массивные данные о чувствительности, которые могут иметь смешанные характеристики, включая гетерогенность, высокую размерность и нелинейную сепарабельность и т.д.

3. Для различных приложений в крупномасштабных приложениях CIoT следует тщательно разработать игровые модели и алгоритмы многоагентного обучения. В частности, для принятия решений необходимо учитывать местное взаимодействие и неопределенные, динамические и неполные информационные ограничения.

4. В большинстве существующих алгоритмов многоагентного обучения игроки обновляют свои стратегии на основе информации о событиях истории. Эта процедура может занять много времени, так как игрокам необходимо изучить все возможные варианты. В CIoT необходимо разработать некоторые новые технологии обучения, основанные на знаниях, для увеличения скорости сближения и достижения более высокой производительности.

5. Разработка эффективных семантических технологий и методов обнаружения знаний, которые более подходят для приложений CIoT, по-прежнему остается фундаментальной задачей.

6. Большинство текущих исследований по QoE ограничены в случае одного пользователя, отсутствует исследование QoE на системном уровне, особенно для широкомасштабных систем CIoT с массивными пользователями.

7. Общие подходы в исследовании CIoT в основном сосредоточены на абстрагировании общих методов, используемых в различных приложениях. Однако общие подходы не могут быть непосредственно использованы для каждой конкретной ситуации. Чтобы применить общие подходы к конкретным ситуациям, следует дополнительно рассмотреть более практические ограничения.

И последнее, но не менее важное: больше внимания следует уделять построению моста от теории к практике. Например, как и где могут быть теоретические исследования в исследовании CIoT? Что это означает для компании, внедряющей умный город? [4]

В этой статье была рассмотрена новая сетевая парадигма под названием «Cognitive Internet of Things» (CIoT), позволяющая текущему IoT «мозгу» для высокоуровневого интеллекта, где общие объекты могут не только видеть, слышать и обонять физический мир для себя, но и сами изучать, думать и понимать физические и социальные миры. Вдохновленный человеческим процессом познания, мы впервые представили всеобъемлющее определение CIoT. Основываясь на этом определении, мы также предоставили оперативную структуру CIoT, которая характеризует фундаментальные когнитивные задачи. Затем мы подробно рассмотрели ключевые методы, позволяющие использовать когнитивные задачи. Кроме того, мы также обсудили вопрос о разработке надлежащих показателей оценки эффективности, а также о проблемах исследований и открытых проблемах. [4]

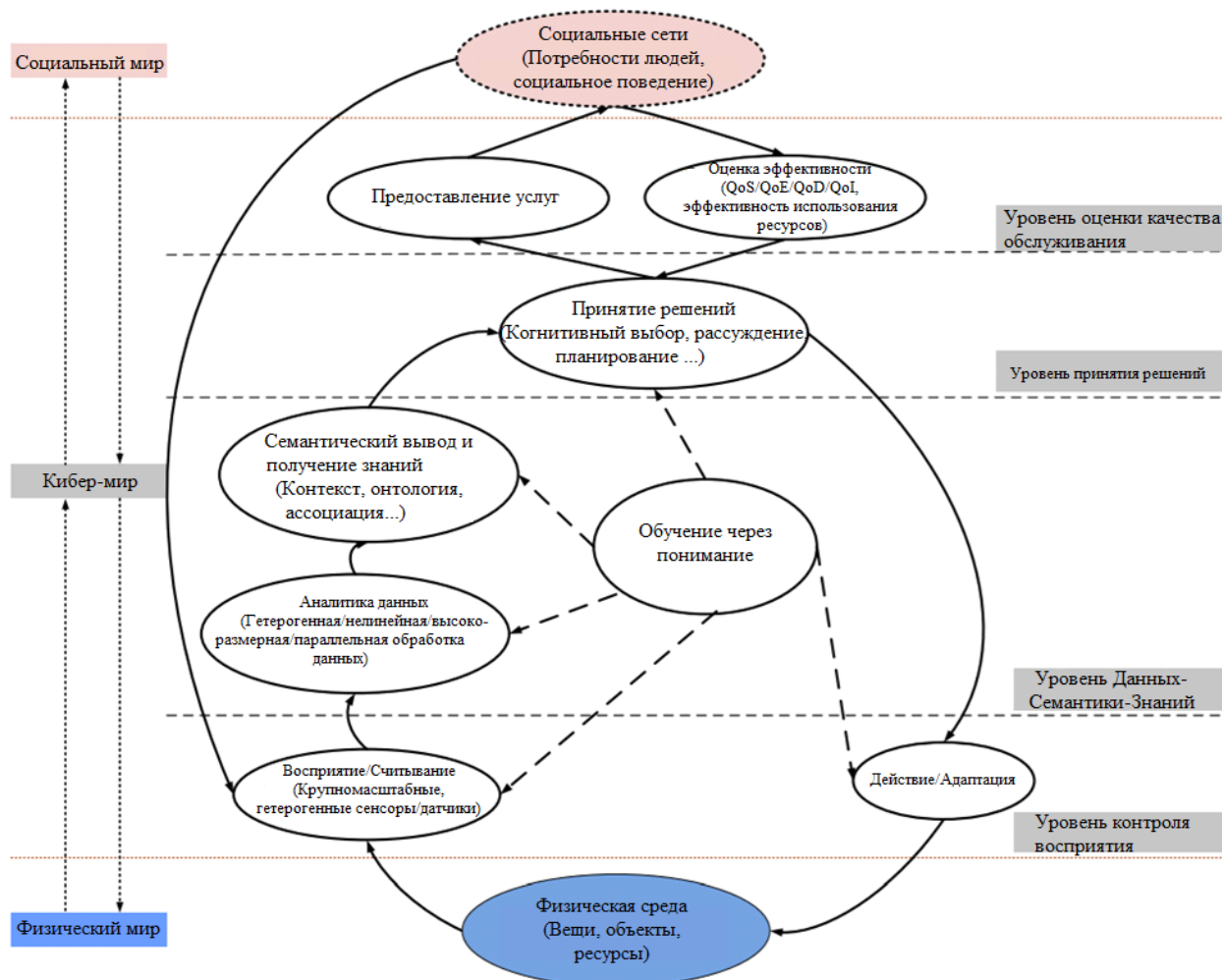


Рисунок 1 – Структура Когнитивного Интернета вещей

**Выводы.** Наконец, мы предполагаем, что представленное исследование предлагается в качестве простого детского шага в потенциально плодотворном направлении исследований. Мы надеемся, что эта статья с междисциплинарными перспективами будет стимулировать больше интересов в исследованиях и разработках CIoT, чтобы обеспечить интеллектуальное распределение ресурсов, автоматическую работу сети и предоставление интеллектуальных услуг.[5]

#### Список литературы

1. M. Bouet, G. Nguengang, V. Conan, A. Kousaridas, P. Spapis, and N. Alonistioti. Embedding cognition in wireless network management: an experimental perspective. *Communications Magazine, IEEE*, 50(12):150–160, 2012.
2. Qihui Wu, Guoru Ding, Yuhua Xu, Shuo Feng, Zhiyong Du, Jinlong Wang, Keping Long. Cognitive Internet of Things: A New Paradigm Beyond Connection. *IEEE Internet of Things Journal* 1(2): 129-143 (2014).
3. L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787-2805, Oct. 2010.
4. P. Stuckmann and R. Zimmermann. European research on future internet design. *Wireless Communications, IEEE*, 16(5):14–22, 2009.
- Y. Xu, J. Wang, Q. Wu, et al, "Opportunistic spectrum access in cognitive radio networks: Global optimization using local interaction games," *IEEE J. Sel. Signal Process.*, vol. 6, no. 2, pp. 180-194, 2012.

## КОГНИТИВНЫЙ ИНТЕРНЕТ. ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ

**Тарабаев Антон Александрович** – младший научный сотрудник лаборатории проблем экологии транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, anton200895@mail.ru

1 курс магистратуры кафедры сетевых и облачных технологий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

**Агеев Олег Николаевич** – младший научный сотрудник лаборатории проблем экологии транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, assasin93409@gmail.com

1 курс магистратуры кафедры сетевых и облачных технологий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

**Егорова Анна Федоровна** – младший научный сотрудник лаборатории проблем экологии транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., дом 13, eaf1995@mail.ru

1 курс магистратуры кафедры сетевых и облачных технологий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Аннотация. Рассмотрена эволюционная дорожная карта протоколов связи с когнитивным Интернетом, в которой внедрение самоосознающих адаптивных методов в сочетании с рассуждениями и обучением механизмы направлены на устранение неэффективности и гарантируют приемлемую производительность даже в сложных и динамичных сценариях. Также рассмотрены существующие решения адаптивных протоколов.

Ключевые слова: когнитивный интернет, TCP/IP, CoqProt, когнитивные протоколы, кросс-уровневая когнитивная плоскость.

## COGNITIVE INTERNET. HISTORY AND EVOLUTION

*Tarabaev Anton A. – Junior Researcher*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, anton200895@mail.ru*

*Master, Department of Network and Cloud Technologies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Ageev Oleg N. – Junior Researcher*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, assasin93409@gmail.com*

*Master, Department of Network and Cloud Technologies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Egorova Anna F. – Junior Researcher*

**Эволюция сети Интернет.** Основные протоколы стека TCP/IP были разработаны десятки лет назад на основе требований академических исследований. Основные принципы проектирования, на которых был построен Интернет, включают в себя деление на уровни, коммутацию пакетов и принцип сохранения сложности в конечных системах на краю сети. Эти решения очень эффективны, и на сегодняшний день. Тем не менее, ряд унаследованных ограничений не позволяет им обеспечить степень эффективности, масштабируемости и безопасности, продиктованную текущими деловыми и научными требованиями в области сетей.

Было предложено несколько механизмов для преодоления недостатков протокола TCP/IP. Разработка решений для Интернета следующего поколения затрагивает различные проблемы, такие как сервисные и контент-ориентированные конвергентные сети, новые схемы адресации для поддержки мобильности, встроенная система безопасности и возможности автономного управления с учетом контекста.

Традиционный Интернет был статической системой: все адреса были глобальными, конечные точки были стационарными, пользователи привязывались к одному основному устройству, а на прикладном пространстве преобладала сеть. Сегодня устройства легко переключаются между IPv4 и IPv6; большинство устройств мобильные, коммутируют по мере их перемещения; пользователи владеют несколькими устройствами; и приложения более разнообразны, чем когда-либо. Будущий Интернет будет содержать больше устройств, чем людей, более надежную архитектуру безопасности и множество сервисов, которые соответствуют разнообразию приложений.

С SDN мы можем легко перейти от TCP / IP к более продвинутым сетевым технологиям, таким как RINA The Recursive Inter Network Architecture (Рекурсивная межсетевая архитектура). Фактически можно преобразовать старомодный домашний шлюз в устройство SDN, контролируемое OpenFlow, инструментом, используемым в промышленных сетях.[1]

**Адаптивность, как особенность новой когнитивной сети.** Ключевые технологии, которые позволяют внедрить самоадаптацию в стек протоколов TCP/IP предусматривают создание основы, на которой можно развертывать когнитивные решения TCP/IP. Ключевые технологии для поддержки этой эволюции:

1. Кросс-уровневая конструкция, обеспечивающая подходящую коммуникационную инфраструктуру для обмена информацией и командами между слоями/протоколами и сетевыми узлами.
2. Распределенные сетевые агенты позволяющие перераспределять функциональные возможности элементов сети.
3. Искусственный интеллект, позволяющий Интернету «думать» и адаптироваться.
4. Архитектуры для поддержки адаптивных протоколов, обеспечивающие надлежащую среду управления.

Как описано в следующих разделах, когнитивные сети используют алгоритмы многоуровневого проектирования, анализа и обучения для обеспечения общесистемной оптимизации сети посредством децентрализованных механизмов адаптации.[2]

**Кросс-уровневая конструкция.** Большое разнообразие оптимизационных решений, требующих обмена информацией между двумя или более уровнями стека протоколов, создает важную проблему, связанную с реализацией различных кросс-уровневых решений в базовой модели протокола TCP/IP, их сосуществования и функциональной совместимости, что требует наличия общего перекрестного уровня. Для решения этой проблемы используется сигнальная модель, она определяет принципы реализации, которые выполняют функции перекрестного уровня и обеспечивают стандартизированный способ упрощения внедрения механизма кросс-уровневого взаимодействия внутри стека протоколов.

Кросс-уровневая сигнальная труба

Одним из первых подходов, используемых для реализации кросс-уровневой сигнализации, является кросс-уровневая сигнальная труба, которая позволяет распространять сигнальные сообщения между уровнями и потоком пакетных данных внутри стека протоколов. Его важным свойством является, что сигнальная информация распространяется вместе с потоком данных внутри стека протоколов и может быть связана с конкретным пакетом, входящим или исходящим из стека протоколов. [3]



Рисунок 1 – Кросс-уровневая сигнальная труба

Рассматриваются два метода инкапсуляции информации сигнализации, и ее распространения в стеке протоколов с одного уровня на другой. Заголовки пакетов могут использоваться в качестве кросс-уровневых носителей сообщений. В этом случае информация сигнализации, включенная в необязательную часть заголовка IPv6, следует по пути обработки пакета и может быть доступна для любого последующего уровня.

#### Прямая кросс-уровневая связь

Прямая кросс-уровневая связь, направлена на совершенствование метода межслойной сигнальной трубы путем введения сигнальных ярлыков, выполненных вне полосы. Таким образом, предлагаемый подход Cross-Layer Signaling Shortcuts (CLASS) позволяет нескольким соседним уровням стека протоколов обмениваться сообщениями без обработки на каждом уровне, что позволяет быстро передавать информацию сигнализации в целевой уровень. Наряду с сокращением расходов на обработку стека протоколов сообщения CLASS не связаны с пакетами данных, и, таким образом, подход может использоваться для двунаправленной сигнализации. Тем не менее, отсутствие этой ассоциации двоякое, поскольку многие подходы к оптимизации на разных уровнях работают для каждого пакета, т.е. предоставление межслойной информации, связанной с определенным пакетом, перемещающимся внутри стека протоколов. Один из основных протоколов сигнализации, рассмотренных в прямой межслойной связи, это протокол протокола управления доступом к Интернету (ICMP). Генерация ICMP-сообщений не ограничена определенным уровнем протокола и может выполняться на любом уровне стека протоколов. Однако передача сигналов с помощью сообщений ICMP включает (IP и ICMP), расчет контрольной суммы и другие процедуры, которые увеличивают накладные расходы на обработку.[3]

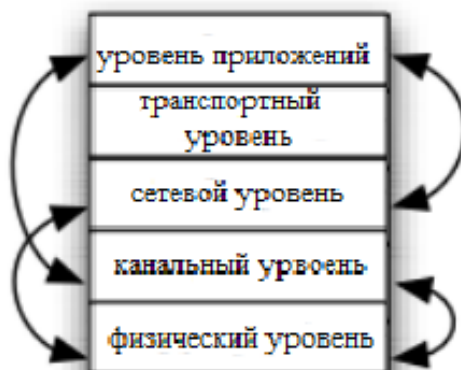


Рисунок 2 – Прямая кросс-уровневая связь

### Центральная кросс-уровневая плоскость

Реализованная параллельно стеку протоколов, центральная кросс-уровневая плоскость, вероятно, является наиболее широко известной архитектурой сигнализации между уровнями. Её авторы предложили общую базу данных, в которой доступны все уровни для получения параметров, которые предоставляются другими уровнями и обеспечивают значения их внутренних параметров к другим уровням. Эта база данных помогает в обмене информацией между уровнями, но не реализует никаких активных функций управления, таких как настройка внутренних параметров уровней протокола.[3]

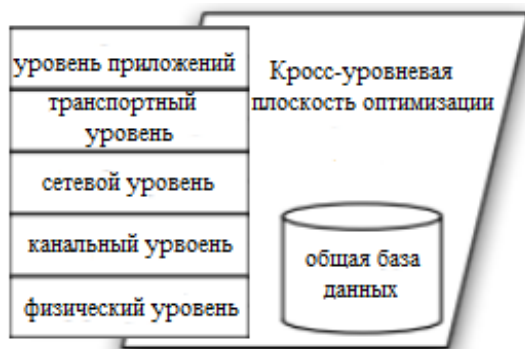


Рисунок 3 – Центральная кросс-уровневая плоскость

### Сетевая кросс-уровневая сигнализация

Большинство вышеперечисленных предложений направлены на определение кросс-уровневой сигнализации между различными уровнями, принадлежащими стеку протоколов одного узла. Однако существует несколько предложений по оптимизации, которые выполняются на разных уровнях, на основе информации, полученной на разных уровнях протокола распределенных сетевых узлов. Это соответствует широкомасштабному распространению межсетевой сигнальной информации, которая добавляет еще одну степень свободы в том, как можно выполнять многоуровневую сигнализацию.[3]



Рисунок 4 – Сетевая кросс-уровневая сигнализация

Также могут рассматриваться заголовки пакетов и сообщения ICMP. Их преимущества, подчеркнутые в сценарии стека протоколов для одного узла, становятся более значимыми для общесистемного общения. Например, способ инкапсуляции данных сигнализации уровня в дополнительные поля заголовков протоколов почти не создает никаких дополнительных накладных расходов и происходит ассоциация информации сигнализации с конкретным пакетом.[3]

**Архитектуры для поддержки адаптивных протоколов.** Хотя исследователи хорошо описывают требования и архитектуры для проектирования автономных систем, найти конкретный алгоритм для реализации функций самоконтроля остается проблемой. Разработка децентрализованных адаптивных механизмов, способных оптимизировать производительность системы, является довольно сложной задачей.

Методы обучения и рассуждения стали многообещающим подходом к обеспечению адаптивных возможностей для протоколов связи. Насколько нам известно, это было впервые



введено в конструкции, известной как плоскость знаний, как было предложено Clark et al. Они описали новую цель для Интернета следующего поколения: «способность сети знать, что ее просят сделать, чтобы она все больше и больше заботилась о себе».

В литературе имеется несколько предложенных когнитивных сетевых архитектур. Программируемая интеллектуальная сеть (SPIN), представленная, объединяет концепции сетей IP, PSTN, сотовой и ad hoc для преодоления фундаментальных ограничений сетей IP. Архитектура SPIN состоит из трех плоскостей, связанных между собой транспортной инфраструктурой уровня 2: плоскостью пересылки, ответственной за коммутацию и мониторинг, плоскостью управления, управляющей уровнями плоскости пересылки, нацеленной на оптимизацию потока на основе полученных измерений, и когнитивной плоскостью, обеспечивающей интеллект и администрирование всей системы.

Malheiros et al., представила осуществимое и эффективное решение для когнитивной самоконфигурации коммуникационных протоколов. Они предлагают когнитивный подход для динамической реконфигурации параметров протокола, чтобы избежать ухудшения производительности вследствие изменения условий сети. Предложенная когнитивная структура, называемая CogProt, обеспечивает настройку параметров конфигурации стека во время выполнения. Ядро CogProt представляет собой многоуровневую когнитивную плоскость, как показано на рисунке. CogProt периодически переконфигурирует интересующие параметры на основе приобретенных знаний для улучшения общесистемной производительности. Этот процесс динамической реконфигурации реализуется с помощью когнитивной обратной связи, которая включает в себя механизмы обучения и рассуждения.[4]

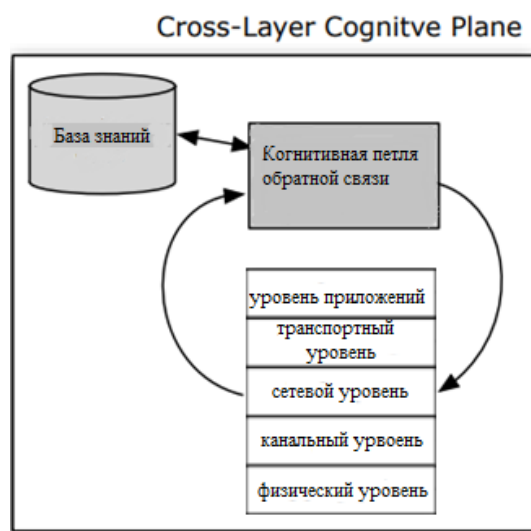


Рисунок 5 – Архитектура когнитивной плоскости

CogProt использовался для разработки нового механизма адаптации скорости в беспроводных сетях. Распределенный механизм увеличивает элемент сети с помощью функции самоконфигурации для динамической адаптации скорости передачи данных MAC. Он способен быстро реагировать на изменения условий канала, чтобы избежать ухудшения производительности при справедливом распределении ресурсов между узлами.

CogProt - это децентрализованная структура. Каждому сетевому узлу разрешено самостоятельно определять собственную настройку протокола, чтобы наилучшим образом соответствовать текущим условиям сети. Однако сетевые узлы могут делиться знаниями и принимать совместные решения по реконфигурации. Для их поддержки структура включает в себя централизованную службу когнитивной информации (CIS), которая способствует обмену когнитивной информацией между узлами, принадлежащими к одному и тому же сегменту сети. Однако, когда служба CIS недоступна, узлы все еще могут делить когнитивную информацию полностью децентрализованным образом. CogProt обеспечивает как самоконфигурирование во время выполнения, так и первоначальную настройку параметров протокола.

Межповерхностная когнитивная плоскость находится в ядре процесса самоконфигурации на уровне сетевых узлов. Он реализует контур обратной связи управления, в котором сетевые узлы должны создавать базу знаний на основе средней производительности. Такая информация о производительности используется для периодической корректировки интересующего параметра. CogProt не требует модификации стандартизированной работы протокола и обмена сообщениями. Таким образом, он прозрачен для остальной сети и может быть развернут постепенно. Предлагаемая структура может использоваться при разработке механизмов самонастройки, которые могут улучшить среднюю производительность сетевых протоколов с низкой степенью сложности и низкой вычислительной стоимостью.[4]

**Выводы.** В этой работе мы представили обзор нескольких подходов к решению задачи управления динамическими и гетерогенными сетевыми средами. Имеется необходимость адаптивного механизма, который должен позволять сетевым элементам перенастраиваться, чтобы избежать ухудшения производительности в условиях изменения условий сети. Такие механизмы самоуправления должны быть децентрализованными и обеспечивать общесистемную оптимизацию производительности.

В этом сценарии когнитивные методы представляют собой перспективный подход к разработке будущих интернет-протоколов. Было предложено несколько когнитивных структур и механизмов для реализации распределенной функциональности самоконтроля. Тем не менее, есть проблемы, которые необходимо преодолеть для удовлетворения требований масштабируемых и децентрализованных адаптивных сетевых архитектур. В этом контексте можно выделить следующие проблемы, как возможности для будущих исследований по этой теме:

1. Аналитические модели: когнитивные решения направлены на поддержку динамической настройки сетевых систем для обеспечения оптимизации производительности. Отсутствуют теоретические основы и аналитические модели, которые демонстрируют, могут ли предлагаемые решения эффективно сходиться к оптимальным операционным точкам.

2. Проактивное самоуправление: насколько нам известно, предлагаемые когнитивные архитектуры и протоколы обеспечивают сетевые системы только функциональными возможностями реконфигурации. Элементы сети могут адаптироваться к изменяющимся условиям среды в попытке максимизировать использование ресурсов, но только после того, как ухудшение производительности уже повлияло на систему.

3. Представление знаний: для эффективного и масштабируемого внедрения алгоритмов обучения и обоснования нам нужны легкие и гибкие модели информации о знаниях. Такие модели должны быть независимыми от конкретных архитектур и технологий и способствовать обмену когнитивной информацией между управляемыми элементами. [5]

#### *Список литературы*

1. Carolina Fortuna and Mihael Mohorcic. Trends in the development of communication networks: Cognitive networks. *Comput. Netw.*, 53(9):1354–1376, 2009.

2. P. Stuckmann and R. Zimmermann. European research on future internet design. *Wireless Communications, IEEE*, 16(5):14–22, 2009.

3. M. Zhang, H. Zhao, R. Zheng, et al, “Cognitive internet of things: Concepts and application example,” *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 9, no. 3, pp. 151-158, Nov. 2012.

4. A. Somov, C. Dupont, and R. Giaffreda, “Supporting smart-city mobility with cognitive Internet of Things,” *Future Network & MobileSummit 2013 Conference Proceedings*, pp. 1-10, 2013.

5. L. Chaves, N. Malheiros, E. Madeira, I. Garcia, and D. Kliazovich. A cognitive mechanism for rate adaptation in wireless networks. In J. Strassner and Y. Ghamri-Doudane, editors, *Modelling Autonomic Communications Environments*, volume 5844 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 58–71. Springer, 2009.

## КОГНИТИВНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

*Парфенов Александр Сергеевич* – младший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. д. 10А, geosanchez@mail.ru.

*Аннотация.* В работе рассматриваются текущие проблемы и возможные пути развития когнитивной транспортной системы Северной Евразии. Приведен анализ международного опыта по созданию аналогичных транспортных систем. Показана актуальность и рациональность развития данной транспортно-экономической системы.

*Ключевые слова:* когнитивная система, транспортная система, Северная Евразия.

## COGNITIVE TRANSPORT SYSTEM OF NORTH EURASIA

*Parfenov Alexander S.* – postgraduate student, MNS (researcher)  
Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation

*Abstract.* The paper considers the current problems and possible ways of prospects cognitive transport system of North Eurasia. The analysis of the international experience on creation of similar transport systems is given. It shows the relevance and rationality of the development of this transport and economic system.

*Keywords:* cognitive sustem, transport system, North Eurasia.

В самосознании русских уже на этапе становления Руси сложился ее образ как страны-моста, вырастающей вдоль транспортного коридора между цивилизациями. Киевская Русь возникла как путь «из варяг в греки», вдоль оси Север-Юг. В Московской Руси доминировал вектор Запад-Восток. Он был задан нашествием монголов, и транспортная система их евразийской империи была сразу освоена русскими.

К движению на Восток русских землепроходцев и мореходов побуждали и духовные мотивы, связанные с поиском «Острова Преображения». Такие мотивы играют в истории народов гораздо более значительную роль, чем кажется нашему прагматическому веку. Побережье Тихого океана - священная граница России.

С Запада на Восток сформировалась транспортная сеть России, как «скелет рыбы». Хребтом был транссибирский путь, соединенный через Москву и Варшаву с железнодорожной системой Западной Европы. «Ребра» были направлены на Север и на Юг, соединяя хребет с Северным морским путем и Средней Азией. Этот «хребет» стал цивилизационной осью России Нового времени. На этой транспортной матрице Россия сложилась как целостное геополитическое образование - Евразия. Транспортная геополитика входила, входит и будет входить в ядро российской геополитики [1-6].

Исходя из этого строились и железные дороги, и водные пути. Этот тип транспортных связей внутри России и между Россией и соседними цивилизациями сохранился в XX веке, когда система достроилась портами, воздушными путями и шоссейными дорогами. Северный морской путь и Волго-Балт подключили речные пути России к мировым океаническим транспортным линиям. Видимо, российская транспортная сеть будет развиваться на этой матрице и в XXI веке - на новом техническом уровне.

Если кратко, суть проекта такова.

Ядром первой очереди системы станет скоростная железнодорожная магистраль (47 тыс. км железнодорожных путей) и система магистральных шоссе (120 тыс. км). Она будет оснащена телекоммуникационными магистралями (23 тыс. км оптоволоконного кабеля).

**Интегральная евразийская транспортная система.** Масштабы строительства:

- скоростная железнодорожная магистраль - 47 тыс. км ЖД путей
- магистральные автомобильные дороги - 120 тыс. км
- телекоммуникационные магистрали - 23 тыс. км оптоволоконного кабеля

Это позволит создать на транспортных терминалах логистические центры, регулирующие процесс доставки грузов с максимальной скоростью, надежностью и оптимальными ценами.

Это послужит и для создания современного информационного пространства в азиатской части России, а также рентабельного транзита Европа-Азия и Европа-Америка больших объемов информации.

Затем вслед за телекоммуникационной магистралью к США протянется и транспортный коридор.

Части проекта будут сдаваться по очереди, сразу давая отдачу. Вдоль транспортной системы будут созданы экономические зоны, в основном, с промышленным производством наукоемкого инновационного технологического уклада - коридоры развития.

Перевалочные узлы будут содержать все типы услуг и соединят все транспортные системы в опорную «транспортную решетку» России. Грузопотоки войдут в системное взаимодействие с движением потоков энергии, информации, знаний и технологий.

Проект исходит из системного представления о национальных интересах России в XXI веке, отраженных в стратегических установках международной и внутренней политики. В рамках программы мы накапливаем материал для построения «дерева целей» проекта, на каждом витке детализируя описание системы.

**Геополитический аспект мегапроекта.** В 90-е годы Россия пережила глубокий системный кризис. После него нужен период восстановления и собирания сил. России требуется геополитическая стабильность, нужно завязывать многовекторные хозяйственные связи, привлекающие соседей совместными проектами. Задача - выйти из кризиса так, чтобы для основных мировых полюсов силы стало объективно выгодным существование целостной, суверенной и процветающей России. Теперь нет «железного занавеса», а ядерный щит не спасает от экономических войн. Пока что Россия умиротворяет соседей тем, что поставляет нефть и газ, но этот фактор недостаточно долгосрочен.

Россия должна создать узел межцивилизационных связей, ценность которого для участников будет выше конъюнктурных соображений. Иными словами, геополитическая стратегия России должна включать в себя программы, отвечающие интересам глобального мирового хозяйства.

Отвечает ли мегапроект национальным интересам России? Да, отвечает непосредственно и с высокой эффективностью относительно затрат. Это подтверждается следующими доводами.

Видимо, до конца XX! века в мире сохранится и будет нарастать напряженность, связанная с доступом к источникам сырья и перераспределением влияния между старыми и новыми центрами силы. Все это обострит межцивилизационные противоречия и конфликты.

Снизить эту напряженность и стабилизировать ситуацию могло бы углубление хозяйственной интеграции между Западной Европой, США, Россией, Китаем и Индией - цивилизациями, совместно способными блокировать геополитическую агрессивность отдельных держав.

За последние полвека выпуск товаров на мировой рынок вырос в десятки раз, причем скачок произошел после 1970 г., с развертыванием глобализации. Важными условиями развития стали пространство и время - перемещение вещей, людей и информации. С середины XX века зонами интенсивного производства были США, Западная Европа, СССР (СЭВ) и Япония. С 90-х годов к ним добавились Китай и Юго-Восточная Азия, Индия и Латинская Америка.

Масштабы этих новых систем таковы, что возникла и растет огромная «разность потенциалов» - Азия остро нуждается в канале быстрого товарообмена с Западной Европой. По прогнозам Международного Валютного фонда товарооборот между Азией и Европой в бу-

душем году составит почти триллион долларов. Транспортные трансконтинентальные системы приобретают в этих условиях растущее стратегическое значение в геополитике.

Сейчас основные транспортные потоки из Юго-Восточной Азии в Европу направлены через Суэцкий канал, пропускная способность которого исчерпана. Обеспечить растущий товарооборот можно только новыми коридорами по суше с мультимодальными перевозками.

**Сегодня** доставка одного контейнера в Западную Европу стоит три тысячи долларов при сроке доставки 30–40 дней. При доставке по территории России от порта «Восточный» к финской границе - менее 13 суток, с себестоимостью 1600 долларов. Мегапроект увеличит эту разницу.

*Товарооборот между Азией и Западной Европой в 2010 году составил примерно 1 триллион долларов.*

Себестоимость и срок доставки одного контейнера из Китая в Западную Европу:

- морем через Суэцкий канал – 3000 долларов, 30-40 суток,
- ЖД по территории России - 1600 долларов, 12-13 суток.

Россия сможет обеспечить транзитными перевозками примерно 15% общего грузопотока в сообщениях Европа-Азия, а в перспективе Европа - Америка. Мы уж не говорим о стратегической задаче создания транспортного коридора между Соединенными Штатами Америки и самой Россией.

Создание такого трансконтинентального моста качественно изменит структуру мирового хозяйства. Он достроит существующие транспортные пути до единой сети, обеспечивающей доступ и к источникам сырья, и к рынкам сбыта при большом сокращении времени и стоимости доставки грузов.

Для России обладание транспортной системой геополитического уровня становится критически важным. Строительство такой интегральной (мультимодальной) транспортной системы - одна из гарантий геополитической безопасности России.

Отказ России от создания такой системы означал бы не сохранение статус-кво, а усиление зависимости от транспортной геополитики сопредельных держав. Транзитный характер центра Евразии является источником геополитических угроз и ареной столкновения интересов глобального масштаба. Вошло в обиход выражение «транспортный передел мира». Поэтому активная стратегия России это не только средство извлечения выгод, а императив безопасности.

С нашим мегапроектом конкурируют два проекта:

– «Центральный коридор», соединяющий Китай через Казахстан, Центральную Азию, Иран и Турцию с Европой;

– ТРАСЕКА – коридор Европа – Кавказ – Азия.

*Конкурируют три проекта транспортных коридоров «Азия – Европа»:*

– Евразийская интегральная система: Западная Европа – Россия – Азия; Европа – Россия – США

– «Центральный коридор»: Китай – Казахстан – Центральная Азия – Иран – Турция – Европа

– ТРАСЕКА: Европа – Кавказ – Азия.

Запад поддерживает ТРАСЕКА с целью интеграции Закавказья и Средней Азии в мировой рынок с отрывом их от России. Но пока что Россия в этой сфере сохраняет конкурентоспособность. Построив Евразийскую магистраль, Россия капитализирует свое уникальное географическое положение моста между Европой и Азией.

Мегапроект соединит через евразийские транспортные коридоры европейские, азиатские и американские цивилизации, и это станет стратегическим фактором глобального масштаба. Вдоль этих магистралей возникнут протяженные зоны с комплексной инфраструктурой нового поколения, экологические поселения, научные городки, технопарки. Это «коридоры развития», особым образом структурированное пространство для нового этапа освоения планеты. В интегральной системе совместятся информационные сети стратегических партнеров России.

Здесь, в центрах спутникового сопровождения грузопотоков, будут проектироваться новые рынки Европы, Азии и Америки, новые конфигурации многостороннего сотрудничества. Здесь возникнут и новые международные научно-учебные центры. В целом, на этот стратегический каркас могут быть нанизаны самые разнообразные проекты развития.

**Мегапроект - ответ на вызовы России.** Сейчас главное для России - укрепиться внутри себя. Что дает мегапроект?

Очень схематично и кратко прямые эффекты от мегапроекта можно резюмировать таким перечнем:

*Главные эффекты мегапроекта:*

- геополитическая стабилизация;
- укрепление связности России;
- ввод в оборот природных богатств Сибири и Дальнего Востока;
- поворот потоков миграции населения на Восток;
- выгода от экспорта транспортных услуг;
- превращение Зауралья в плацдарм инновационного развития и модернизации.

**Главный вывод** состоит в том, что строительство магистрали укрепит безопасность России и станет мотором, который оживит поврежденные кризисом или дремлющие силы всех сфер страны и народа.

#### *Список литературы*

1. Кузиев Н.А. Политические аспекты концепции «Экономического пояса Шелкового Пути» / Статья в журнале – научная статья.-Казань.: Издательство «Молодой ученый», 2015.
2. Чеклина Т. Н. Перспективы сотрудничества стран ШОС в рамках проекта «Экономический пояс на Великом Шелковом Пути» / Статья в журнале – научная статья.-Москва.: Издательство Всероссийской академии внешней торговли МЭР РФ, 2015.
3. Кузиев Н.А. Концепция нового Шелкового Пути: суть, специфика, перспективы./ Статья в журнале – научная статья. Казань.: Издательство «Молодой ученый». 2015.
4. Мосичева Т.Н. Развитие российской транспортной сети в свете интеграции Евразии./Статья в журнале – материалы конференции. Москва.: Издательство Академии МНЭПУ. 2014.
5. Шаталова Н.В., Пространственное развитие России. Транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы междунар. науч.-практ. конф. – СПб. 2016. С. 354–360.
6. Сафранчук И.А. Концепция «Новый Шелковый путь» и политика США в «Большой Центральной Азии»./Статья в журнале – научная статья.-Москва.: Издательство редакции журнала «Международная жизнь». 2013.

УДК: 338.47:656

## **КОГНИТИВНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ**

*Парфенов Александр Сергеевич – младший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. д. 10А, geosanchez@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются текущие проблемы и возможные пути развития когнитивной транспортной безопасности Северной Евразии. Приведен анализ международного опыта по решению данной проблемы. Показана актуальность и рациональность решения данной проблемы.

## COGNITIVE TRANSPORT SECURITY OF NORTH EURASIA

*Parfenov Alexander S. – postgraduate student, MNS (researcher)*

*Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Abstract.* The paper considers the current problems and possible ways of prospects cognitive transport security of North Eurasia. The analysis of the international experience on deciding this problem. It shows the relevance and rationality of the deciding of this transport and economic problem.

*Keywords:* cognitive system, transport security, North Eurasia.

Для России обладание транспортной системой геополитического уровня становится критически важным. Строительство такой интегральной (мультиmodalной) транспортной системы - одна из гарантий геополитической безопасности России.

Отказ России от создания такой системы означал бы не сохранение статус-кво, а усиление зависимости от транспортной геополитики сопредельных держав. Транзитный характер центра Евразии является источником геополитических угроз и ареной столкновения интересов глобального масштаба. Вошло в обиход выражение «транспортный передел мира». Поэтому активная стратегия России это не только средство извлечения выгод, а императив безопасности [1-6].

В условиях ускоренного осуществления подобных мегапроектов другими Державами, реализация ТЕПР остается адекватной альтернативой сохранения безопасного развития страны в будущем.

Совет Федерации России работает над Транс-Евразийским транспортным проектом совместно с учеными, с разработчиками, с представителями федеральных ведомств уже более пяти лет. Вопрос заслушивался на Научно-экспертном совете. Он был темой парламентских слушаний в Совете Федерации. В течение только последнего года эта тематика дважды выносилась на крупные экспертные мероприятия Совета Федерации. То есть это не просто проект, это то, что должно стать элементом стратегического планирования и проектирования развития страны.

Следует отметить, что в разработку этого проекта очень большой вклад внесли и Российская академия наук, и МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством академиков Виктора Антоновича Садовниченко и Геннадия Васильевича Осипова. Эта тема, как международная, может в ближайшее время стать темой заседания Интеграционного клуба при Председателе Совета Федерации.

Сам проект, факторы и условия, которые привели к его рассмотрению, очень многогранны. Но, самое главное, проект, по нашему мнению, уникален тем, что он имеет и синергетический эффект, как в рамках развития нашей страны, так и в международном масштабе.

Такие проекты нужны. Этот проект, по нашему мнению, по мнению наших коллег-ученых, именно то, что стоит рассматривать, продвигать и реализовывать в определенное время, когда он может дать именно наибольший эффект.

Работа над фундаментальным проектом строительства «Интегральной евразийской транспортной системы» (ИЕТС), имеющим научно-практическое значение, была начата еще в середине 2000-х годов. Его разработчиками были ученые из Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Института социально-политических исследований РАН, Центрального экономикоматематического института РАН, Института транспорта РАН. Впервые результаты научно-исследовательских работ были представлены научному совету программы фундаментальных исследований президиума РАН «Экономика и социология знаний» в ноябре 2007 года. После обсуждения проект получил хорошие отзывы и был одобрен.

Разработчики проекта много сделали, чтобы концепция Евразийской транспортной системы стала достоянием не только российской научной общественности, но и властных структур. Были подготовлены аналитические записки в органы государственной власти: Президенту Российской Федерации В.В. Путину, в Совет Федерации, в Совет Безопасности Российской Федерации, в Администрацию Президента Российской Федерации. Мегапроект обсуждался на российских и западных интеллектуальных площадках и имел положительную оценку у научного и бизнес сообщества.

Позднее другая группа ученых РАН и специалистов, объединенная в рамках Валдайского клуба, подготовила доклад «К Великому океану, или новая глобализация России», в котором был выделен геополитический императив, связанный транспортной инфраструктурой.

Есть еще одна группа специалистов, которая тоже начала работать в это время. Это российские специалисты, связанные с «РЖД», их итальянские коллеги. Они разработали концепцию проекта «Трансевразийский пояс «RAZVITIE»», в котором была предпринята попытка связать проблематику трансконтинентальной инфраструктуры с новыми инструментами долгосрочных инвестиций, разработанными Клубом долгосрочных инвесторов Западной Европы. В ноябре 2012 года в университете в Милане была представлена эта концепция. Она называлась «Транс-Евразийский пояс «RAZVITIE». Миланский этап». По итогам конференции был принят меморандум, а затем были изданы основные идеи этого проекта.

Суть проекта ИЕТС заключается в создании скоростной комплексной магистрали, соединяющей морские и сухопутные терминалы на восточной и западной границах России, включающей в себя скоростной железнодорожный комплекс, скоростную автотрассу и линии оптоволоконной связи.



Рисунок – Интегральной евразийской транспортной системы

Основу транзитного потенциала Транс-Евразийского пояса «RAZVITIE» составляет модернизированная Транссибирская магистраль. Интегральная евразийская транспортная система - это новая инфраструктурная матрица России. Она объединяет все регионы страны в единое хозяйство, дает мощный импульс развитию и заселению Сибири и Дальнего Востока.

Учеными была обоснована геополитическая, экономическая, культурно-духовная значимость проекта, был предложен анализ препятствий, выявлены риски, прорабатывались вопросы финансового обеспечения.

Макет «Интегральной евразийской транспортной системы», который создан в Институте социально-политических исследований, символизирует собой этапы реализации этой



системы и дает представление об основных ее характеристиках: 40 тысяч километров скоростных железнодорожных магистралей, 120 тысяч километров скоростных автомобильных дорог, 23 тысяч километров телекоммуникационных магистралей.

Разработчики к основным результатам реализации этого проекта относят обеспечение геополитической безопасности России, территориальную связанность страны, создание 20 миллионов рабочих мест, заселение малонаселенных регионов Сибири и Дальнего Востока и освоение природных ресурсов этих регионов.

Сегодня после подведения итогов первого года становления Евразийского экономического союза, в ходе которого прозвучало немало критики, ведется поиск путей повышения эффективности его дальнейшего развития.

Мы полагаем, что решение проблемы, поставленной на семинаре – это шанс для Союза. Интегральная Евразийская транспортная система (ИЕТС – ТЕПР) отвечает интересам Евразийского экономического союза, каждого государства – члена ЕАЭС. Она может стать фактором его развития, успешным решением главной задачи – построение конкурентоспособного экономического союза в интересах повышения стабильности и уровня жизни населения всех участников и обеспечение гарантий свободы движения товаров, услуг, капитала, рабочей силы.

Это как раз те инструменты, которые и обеспечивают формирование единого экономического, социального пространства нового интеграционного объединения.

Реализация проекта будет способствовать обеспечению коллективной безопасности Евразийского союза, повышению мобильности населения, достижению продуктивной занятости в условиях функционирования общего рынка труда ЕАЭС, социальной сплоченности (солидарности), в том числе перед лицом внешних угроз каждой из стран-членов ЕАЭС, формированию общего образовательного и культурного пространства, поддержанию благоприятной среды национального взаимодействия стран - членов ЕАЭС. И в итоге станет стимулом социально-экономического развития ЕАЭС.

В экономической географии существует так называемая «транспортная теорема»: сохранение единства государственно-организма возможно тогда и только тогда, когда развитие общегосударственной инфраструктуры (информационной, транспортной, энергетической и т.п.) опережает экономическое развитие регионов. Недостаточность развития транспортной инфраструктуры затрудняет товарный обмен между регионами страны, сдерживает их экономическое развитие, не позволяет реализовать их конкурентные преимущества, принуждает регионы к автаркическому развитию, или, что особенно опасно для единого государства, к переориентации их развития на внешние рынки с последующими очевидными угрозами для целостности государства.

Реализация проектов подобных ИЕТС - большая и сложная работа. Новизна всегда сопряжена с неопределенностью, а масштаб требует большого внимания и методологической проработки, реалистического взвешивания усилий и затрат, имеющихся ресурсов и сроков окупаемости. С нашей точки зрения, очень важно, чтобы проект был принят населением как «общее дело», чтобы он объединил население стран Евразийского союза. В противном случае, успеха не будет - никакие правительственные рычаги и пиар не помогут.

В случае принятия решения о реализации проекта «Интегральной евразийской транспортной системы», перед фундаментальной российской наукой встанет очень много важных и сложных задач. Прежде всего, они связаны с разработкой перспективных и прорывных технологий для транспорта, энергетики, связи с использованием тех заделов, которые уже сегодня есть. Это, конечно же, интеграция знаний о потоках информации, грузов, людей и энергии в интегральной инфраструктуре. Это исследование природного, научно-технического, социального, культурного потенциала территорий, который может быть раскрыт и активирован за счет включения государств – членов ЕАЭС и регионов России в мегапроект ИЕТС. Это, безусловно, анализ социально-политических изменений, которые постоянно происходят в мире, в новом интеграционном объединении. Очень важно обосновать и условия, и выгоды, и риски. Необходимо изучить новый опыт инфраструктурной инициа-

тивы Китая, который сегодня уже активно реализуется. Я имею в виду «Шелковый путь» и «Шелковые сети».

Учитывая изложенное, участники Научно-методического семинара считают целесообразным: продолжение разработки Мегапроекта, в том числе в части определения маршрута железнодорожных и автомобильных магистралей, а также схем расположения логистических узлов; учет перспектив реализации Мегапроекта при формировании стратегических документов на федеральном, региональном и местном уровнях управления; продвижение Мегапроекта в рамках обсуждений на дискуссионных площадках всех уровней, включая парламентские слушания, «круглые столы», крупные международные форумы, а также консультативные органы, в том числе Научно-экспертный совет и Интеграционный клуб при Председателе Совета Федерации; обсуждение вопросов разработки и реализации Мегапроекта при межпарламентских контактах с партнерами из государств-членов Евразийского экономического союза и других государств – потенциальных участников реализации Мегапроекта.

#### *Список литературы*

1. Кузиев Н.А. Политические аспекты концепции «Экономического пояса Шелкового Пути»./ Статья в журнале – научная статья. Казань: Издательство «Молодой ученый». 2015.
2. Чеклина Т. Н. Перспективы сотрудничества стран ШОС в рамках проекта «Экономический пояс на Великом Шелковом Пути» / Статья в журнале – научная статья.-Москва.: Издательство Всероссийской академии внешней торговли МЭР РФ. 2015.
3. Кузиев Н.А. Концепция нового Шелкового Пути: суть, специфика, перспективы./ Статья в журнале – научная статья. Казань: Издательство «Молодой ученый». 2015.
4. Мосичева Т.Н. Развитие российской транспортной сети в свете интеграции Евразии /Статья в журнале – материалы конференции. Москва: Издательство Академии МНЭПУ. 2014.
5. Шаталова Н.В., Пространственное развитие России. Транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы междунар. науч.-практ. конф. – СПб. 2016. С. 354–360.
6. Сафранчук И.А. Концепция «Новый Шелковый путь» и политика США в «Большой Центральной Азии»./Статья в журнале – научная статья. Москва: Издательство редакции журнала «Международная жизнь». 2013.

УДК 623.437.3.093; 629.03; 629.36

## **О ПЕРСПЕКТИВАХ УЧАСТИЯ ВУЗОВ В СОЗДАНИИ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

*Добрецов Роман Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Института энергетики и транспортных систем транспортных систем*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, dr-idpo@yandex.ru*

*Увакина Дарья Владимировна – студент четвертого курса специалитета кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Института энергетики и транспортных систем транспортных систем*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, dashenka-uvakina@yandex.ru*

*Аннотация. Производится анализ достигнутых результатов и существующих тенденций в области создания автономно-управляемых транспортных и транспортно-*

технологических машин. Внимание уделено специфике условий развития этого направления в России, выявлены негативные факторы и наиболее эффективные направления развития, позволяющие ликвидировать отставание отечественного производства и науки в данном секторе машиностроения. Приведены примеры конкретных технических предложений в области проектирования шасси перспективных автономных транспортно-технологических платформ. Рассмотрен вопрос о необходимости трансформации учебного процесса, реализуемого в подразделении, занятом подготовкой специалистов в области проектирования, исследования, производства и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин, в условиях перспективы внедрения автономных транспортных средств и комплексов на их основе.

Ключевые слова: беспилотные транспортные средства, автономные машины, стратегии группового управления, мультиагентные системы, транспортные роботы, дистанционное управление, планетоходы.

## ON THE PROSPECTS OF UNIVERSITIES PARTICIPATION IN THE CREATION OF AUTONOMOUS VEHICLES AND TRANSPORT-TECHNOLOGICAL MACHINES

*Dobretsov Roman Yu. – Ph. D in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering of engines and transport vehicles*

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

*Polytechnicheskaya, 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, dr-idpo@yandex.ru*

*Uvakina Daria V. – fourth year student of the Department of Engineering of engines and transport vehicles*

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

*Polytechnicheskaya, 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, dashenka-uvakina@yandex.ru*

Abstract. *The achieved results analysis and current trends in the field of Autonomous-controlled transport and transport-technological machines are made. Attention is paid to the specifics of the development condition of this direction in Russia, the negative factors and the most effective tendency of development, which allow to eliminate the lag of domestic production and science in this sector of mechanical engineering, are identified. Examples of specific technical suggestions in the chassis designing of the advanced Autonomous vehicle technology platforms are given. The matter of the required academic activity transformation, which realize in the subdivision is prepared of experts in the field of design, research, production and operation of transport and transport-technological cars, in the advanced introduction conditions of Autonomous vehicles and complexes on their foundational, is considered.*

Keywords: *unmanned vehicles, autonomous vehicles, group control strategies, multi-agent systems, transport robots, remote control, planetary rovers.*

В настоящее время практическое использование беспилотных транспортных средств и автономных транспортно-технологических платформ является актуальным вопросом, который уже нашел ряд конкретных решений (от автономных транспортных систем для складов, роботов для патрулирования и мониторинга, автономно управляемых железнодорожных составов, до беспилотных автомобилей и маршрутных такси – в сети Интернет доступно достаточное количество иллюстративного материала). Отечественные технологии не имеют должного развития в данном секторе и отстают в некоторой степени от мировых (за исключением специфического направления роботизации боевых и разведывательных машин).

Практическим успехам предшествовали этапы, которые нетрудно проследить:

– создание прототипов автономных машин преимущественно на базе серийных легковых автомобилей в Европейских и Американских университетах, а также небольшими частными компаниями;

– неявная (в виде призового фонда соревнований) и явная (в виде грантов) поддержка проектов государственными структурами (например, *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)* – Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США);

– подключение к разработкам крупных компаний, специализирующихся на разработке программного обеспечения и эксплуатации сетевых технологий (например, «Google»).

Таким образом, внедрение автономных транспортных машин в том числе и для России – уже вопрос времени [1]. Важно, насколько значительной при этом окажется роль отечественных разработчиков и производителей, поскольку уровень владения технологиями производства в данном случае определяет уровень возможностей контроля над автономными машинами. А эту проблему прямо следует отнести к проблемам национальной безопасности.

Целью представляемой работы является определение стратегии развития подразделений ВУЗов, занятых подготовкой специалистов в области проектирования и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин. Основой для формирования стратегии служат результаты анализа развития проблемы создания автономных машин за рубежом и в России, специфики производственных технологий отечественного транспортного машиностроения и смежных областей. Практическим следствием является адаптация учебного процесса под специфику проектирования и эксплуатации автономных машин. В рамках доклада проблема излагается преимущественно в виде тезисов.

На пути внедрения технологий автономного транспорта в России стоят следующие очевидные препятствия: юридические (нет законодательной базы для использования таких машин на дорогах общего назначения; законотворческие процессы протекают медленно и нет оснований для ускорения – массовый приход беспилотных машин иностранного производства опасен для отечественных автопроизводителей); социальные (транспортное хозяйство в крупных городах – серьезный работодатель, сокращение в разы рабочих мест водителей неизбежно будет иметь социальные последствия); технические и технологические (в России исключительно проблемны вопросы производства собственной компьютерной техники и высокотехнологичных шасси транспортных машин, пригодных для работы в автономном режиме).

В целом можно выделить следующие группы машин, на базе которых возможно создание автономных транспортных и транспортно-технологических средств: специальный внутризаводской транспорт (работает преимущественно в искусственной среде [2,3]); общественный рельсовый и безрельсовый транспорт (работа в организованной среде [2,3]); индивидуальный и грузовой транспорт (работа в естественной и организованной среде [2,3]); военно-транспортные и боевые машины (работа в неорганизованной среде в особо тяжелых условиях [2,3]); транспортно-технологические шасси (работа в специальных условиях).

Мировой рынок внутризаводских транспортных систем уже сформировался. Задача управления такими системами является относительно простой и решена одной из первых [2,3]. Работы в области общественного и индивидуального транспорта в ближайшее время будут ограничены технологическим отставанием отечественных производителей техники. Ограничения в области грузового транспорта и военных машин связаны со спецификой военно-промышленного комплекса (исключительная закрытость разработок и их жестко плановый характер, обычно не предусматривающий участие гражданских ВУЗов). Последняя группа машин – специализированные платформы, приспособленные для выполнения отдельных видов работ. Например, роботы для мониторинга (работают преимущественно в искусственной среде [4-6]); тракторы; планетоходы и конструктивно близкие к ним шасси [7]. При работе с этими аппаратами главной проблемой становится финансирование.

Проектирование автономного транспортного средства до известной степени условно может быть разделено на проблему построения аппаратно-программного комплекса (созда-

ние системы управления) и создание собственно шасси, работающего под контролем системы управления.

Зарубежные университеты и малые компании преимущественно выбирали серийный автомобиль и занимались адаптацией его шасси под работу в автономном режиме. Система управления разрабатывалась на базе серийно выпускаемых персональных компьютеров и комплектующих для них.

Опыт этих разработок показал, что для успеха предприятия необходимо обеспечить достаточную энерговооруженность шасси (мощности стандартной бортовой сети автомобиля недостаточно), рациональное размещение оборудования (проблему представляет вопрос поддержания теплового режима для электроники), наличие достаточных объемов для размещения собственно системы управления и дополнительных накопителей электроэнергии.

Крупные компании смогли пойти по более рациональному пути – создание автомобиля-прототипа специально для работы в автономном режиме. На основе таких прототипов можно произвести достаточно радикальную переработку, например, серийного легкового автомобиля.

В условиях России очевидно, что система управления будет базироваться на комплектующих иностранного производства, а разработке подлежат собственно алгоритмы управления. Однако важно, что комплектующие иностранного происхождения могут иметь встроенные компоненты, ограничивающие область применения. Следствие – массовое безопасное внедрение автономных транспортных машин возможно только после появления собственной материальной базы для создания системы управления.

Также очевидно, что в России не освоен серийный выпуск легковых автомобилей, шасси которых было бы пригодно для рациональной адаптации для работы в автономном режиме. Больше перспектив у грузовых автомобилей и военной гусеничной техники (благодаря высокой энерговооруженности, уровню автоматизации, компоновочным решениям). Еще больше перспектив у специальных шасси (мобильные роботы, планетоходы) в области проектирования которых в России имеется уже существенный опыт.

На основе исследований [8-10 и др.], выполненных на кафедре «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» СПбПУ, можно сформировать облик перспективной транспортной платформы, адаптированной для работы в автономном режиме: это колесное или гусеничное шасси с гибридной силовой установкой параллельно-последовательного типа и двухпоточной трансмиссией. Основной поток мощности в такой трансмиссии связан с тепловым двигателем [8,9]. Тяговый электродвигатель подключается к ведущим колесам через параллельный поток, в который входит механизм распределения мощности (в случае гусеничной машины в этой роли выступает механизм передачи и поворота) [8,9]. Подробный анализ подобных решений проведен в статье [8]. В рамках данного доклада важно, что предложенные решения [8,9] могут быть реализованы на базе серийных колесных и гусеничных шасси транспортных машин, повышают ряд их важных эксплуатационных свойств и направлены на адаптацию шасси к работе в режиме дистанционного и автономного управления. Существенной проблемой на пути внедрения предлагаемых решений является отсутствие интереса к ним у отечественных производителей военно-транспортной техники.

Таким образом, относительно быстрое достижение практических результатов представляется возможным за счет выбора шасси-прототипа. Таким прототипом сейчас могут быть трактор, грузовой автомобиль, военно-транспортная гусеничная машина. Наиболее перспективным оказывается трактор: вопрос о производстве автономного трактора назрел, выпуск тракторов датируется государством (что позволяет разработчикам больше средств вкладывать в развитие производства), тракторы выпускаются в относительно малых объемах.

На основании изложенного представляется возможным сформулировать задачи, которые может и должна решать кафедра, специализирующаяся на подготовке специалистов в области проектирования и эксплуатации транспортных машин.

1. Ввести специализацию (профиль подготовки), ориентированную на подготовку инженерно-технических и научно-педагогических работников, обладающих компетенциями

в вопросах проектирования, производства, эксплуатации автономных машин и транспортно-технологических роботов.

2. Реализовывать потенциал кафедры (возможности преподавателей, аспирантов, студентов) при решении реальных проблем создания беспилотных транспортных средств.

3. Использовать кафедру, как научно-консультационный центр для развития кросс-платформенных технологий проектирования современных автономных транспортных средств и комплексов на их основе.

В рамках решения первой задачи в 2018 году в СПбПУ открыт набор в магистратуру по программе «Компьютерные технологии проектирования беспилотных автомобилей и электромобилей» (направление 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»), реализуемой на кафедре ИСУТС Института энергетики и транспортных систем.

Решение второй задачи базируется как на инициативных работах, так и выполнении проектов, финансируемых государством и промышленными партнерами (см, например, публикации [4-10]). Наиболее крупным актуальным проектам сейчас является работа «Разработка конструкции нового модельного ряда автоматизированных коробок передач для сельскохозяйственной и дорожно-строительной техники в диапазоне 140-440 кВт, адаптированных для применения в комплексе систем беспилотного трактора», выполняемая в рамках Федеральной целевой программы в партнерстве с ОАО «Петербургский тракторный завод».

Для решения третьей задачи требуется, как минимум, выраженная потребность рынка (производителей техники) и устойчивый источник финансирования. На данном этапе ведутся подготовительные работы, но развитие ситуации будет существенно зависеть от внешних факторов и при сохранении существующих тенденции ее позитивное решение маловероятно.

**Выводы**

1. Проблема создания и использования автономных машин на дорогах РФ в ближайшее время будет решена, важный вопрос – какую роль отечественных технологий удастся при этом реализовать.

2. Проблема имеет междисциплинарный характер. Зарубежный и отечественный опыт показывают, что решаться она должна на базе крупных многопрофильных ВУЗов с использованием финансовой поддержки государства.

3. Важнейшим препятствием для развития отечественных автономных транспортных и транспортно-технологических машин является фактически отсутствие отечественных объектов с высоким уровнем автоматизации управления основными системами.

4. Особую важность для формирующегося направления эксплуатации беспилотных транспортных средств в РФ сейчас имеет подготовка инженерных и научных кадров, способных решать специфические задачи создания автономных машин и их интеграцию в дорожные сети.

#### *Список литературы*

1. Электронный ресурс: <https://ccsummit.ru/ru> (дата обращения 16.05.2018).
2. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов / Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. М.: Физматлит. 2009. 278 с.
3. Автоматическое управление транспортными средствами : учебное пособие для вузов по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / Е. В. Авотин, Р. Ю. Добрецов ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та. 2013. 92 с.
4. Сферический робот как платформа для ведения экологического мониторинга / Добрецов Р.Ю., Борисов Е.Г. и др. // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2015. № 3. С. 35–50.
5. R. Dobretsov, E. Borisov ect. Energy Expenditure Forecasting at Path Generation of Spherical Robots within Multi-Agent System. Indian Journal of Science and Technology, Vol. 9(44), 2016. PP. 1–9.
6. E. Borisov, R. Dobretsov ect. A two air – ground multi-agent robotic system . Proceedings of Astra 2017. ESA, 20-22 June 2017. Leiden. Netherlands.

7. Адаптивные шасси подвижных роботов / Е.В. Авотин, Р.Ю. Добрецов, С.И.Матросов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. : Наука и образование / Министерство образования и науки РФ; Санкт–Петербургский гос. политехн. ун-т. СПб. 2013. № 3 (178) . С. 230–237.

8. Галышев Ю.В. Исследования и разработки ученых СПбГПУ в области оборонной техники (по материалам IX-й международной выставки вооружения, военной техники и боеприпасов) / Ю.В. Галышев [и др.] // «Научно-технические ведомости СПбГПУ», серия «Наука и образование». 2014. №1. С. 26–32.

9. Выбор схемного варианта построения трансмиссий военных машин с гибридной силовой установкой / Р.Ю. Добрецов и др. // Сборник статей научно-практической конференции «Разработка и использование электрических трансмиссий для образцов вооружения и военной техники (ОАО «ВНИИТрансмаш»), 20 октября 2016 г.». Санкт–Петербург, Издание ОАО «ВНИИТрансмаш». 2016. С. 87–100.

10. Дидиков Р.А., Добрецов Р.Ю. К вопросу о выборе кинематических схем шестеренчатых МРМ // Автомобильная промышленность: ежемесячный научно-технический журнал / Министерство образования и науки РФ; ОАО "Автосельхозмаш-холдинг". М. 2014. № 9. С. 12–14.

УДК 656, 007; 004.81, 614.8; 007; 51-7, 351; 351.81; 351.78

## **ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СОЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В КОГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ**

**Селиверстов Ярослав Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, seliverstov-yr@mail.ru

**Гергель Глеб Юрьевич** – бакалавриат, студент 4-го курса, факультет менеджмента и экономики транспортных систем, кафедра математическое программное обеспечение систем управления,

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38, e-mail: Glebgergel@yandex.ru

**Селиверстов Святослав Александрович** – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем,

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, seliverstov\_s\_a@mail.ru

Аннотация. Разрешается проблема мониторинга социальной активности городского населения. Работоспособность модели продемонстрирована на примере мобильного приложения. Приложение разработано в среде Xcode 9 на языке Swift3, система анализа данных - на Python 3.X. Приложение служит источником информации для прокладки маршрутов предпочтительного следования и позволяет проводить оценку качества объектов городской системы, учитывать инфраструктурную, транспортную, потребительскую, локационную, медиа-событийную (фото-регистрация) и рекомендательно-новостную (комментарии) активность пользователей, а также строить GPS-треки пользователей в привязке к Российским классификаторам.

*Ключевые слова:* интеллектуальные транспортные системы, мобильные приложения для транспорта, цепочки транспортной активности, умный город, транспортное поведение, транспортный мониторинг, когнитивные транспортные системы.

## APPLICATION OF MOBILE SYSTEMS OF MONITORING SOCIAL ACTIVITY OF POPULATION IN COGNITIVE TRANSPORT SYSTEMS

*Seliverstov Yaroslav A. – Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov-yr@mail.ru*

*Gergel Gleb Yu. – Bachelor, 4th year student, Faculty of Management and Economics of Transport Systems, Department of Mathematical Control Systems Software*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*196210, St. Petersburg, Pilotov street, 38, Glebgergel@yandex.ru*

*Seliverstov Svyatoslav A. – Ph.D., researcher, laboratory of intelligent transport systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov\_s\_a@mail.ru*

*Abstract.* The problem of monitoring the social activity of the urban population is solved. The working capacity of the model is demonstrated by the example of a mobile application. The application is developed in the Xcode 9 environment in Swift3, the data analysis system is in Python 3.X. The application serves as a source of information for the route of the preferred route and allows to assess the quality of the urban system objects, take into account the infrastructure, transport, consumer, location, media-event (photo-registration) and recommendation-news (comments) user tracks in reference to the Russian classifiers.

*Keywords:* intelligent transport systems, mobile applications for transport, chains of transport activity, smart city, transport behavior, transport monitoring, cognitive transport systems.

С ростом населения мегаполисов, усложнением социальных процессов, стремительным развитием мобильных и интернет технологий подходы к организации и управлению городскими транспортными системами претерпевают значительные изменения. Традиционное городское и региональное управление транспортом требует ускоренного перехода к интеллектуальным [1] и когнитивным транспортным системам [2], способным качественно преобразовать городскую среду [3], расширить перечень критериев оценки транспортных процессов [4] и улучшить транспортную активность населения [5].

Особую важность представляет информация о социальной активности городского населения. Именно эта информация способна развивать интеллектуальные транспортные системы в границах технологических решений [6], направленных на максимизацию функции субъективной транспортной полезности каждого пользователя.

**Постановка проблемы.** Постановка проблемы. Таким образом, для оперативного анализа социальной активности населения требуется: 1) информация в режиме реального времени о транспортных перемещениях населения в виде GPS-треков; 2) классификация социальной структуры населения; мест, являющихся целями поездок; и причин, обуславливающих транспортную активность жителей; 3) информация о том, каким видом транспорта перемещается городской житель; 4) информация о социальной деятельности и наименовании места нахождения городского жителя в реальный момент времени; 5) оперативная оценка качества транспортного обслуживания населения и мест-локаций, в которых находится городской житель. На основе полученной информации станет возможным произвести восстановление матриц транспортных корреспонденций и дневных цепочек социальной активности населения.



**Основная часть.** Программно-алгоритмическая реализация мобильного приложения для учета социальной активности пользователей разрабатывается в среде Xcode 9 на языке Swift 3, а система анализа данных - на Python 3.X. Разработка приложения осуществлялась в несколько этапов.

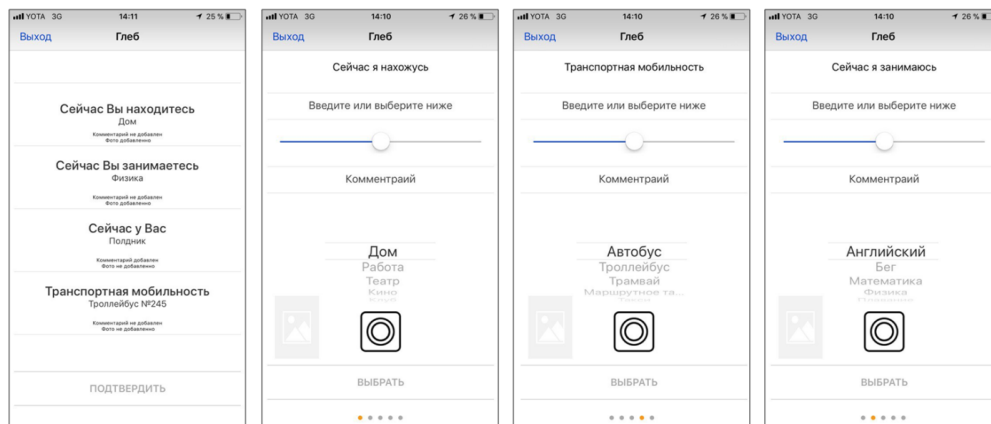


Рисунок 1 – Интерфейс мобильного приложения

На первом этапе в соответствии с поставленными задачами разрабатывалась концептуальная схема приложения, определялись ее основные компоненты, а именно:

- firebase – база данных в формате .json;
- imagesArray[] – база данных изображений (фото);
- commentsArray[] - база данных комментариев пользователя;
- ratingArray[] – оценка качества события пользователем;
- allUsersData[] – все данные о пользователе;
- time – время регистрации события в формате Число.Месяц.Год, Часы.Минуты
- coordinate- координаты долготы и широты в GPS-формате.

На втором этапе разрабатывался Интерфейс мобильного приложения-он состоит из 6 «экранов-вкладок». Внешний вид «экранов-вкладок» представлен на рисунке 1.

Каждая вкладка содержит шаблоны ответов и поля для заполнения, которые отражают определенный набор характеристик, присущий определенному виду деятельности или состоянию пользователя. Пользователь самостоятельно заполняет необходимую информацию о себе. Также пользователь имеет возможность оставить комментарий и произвести фоторегистрацию события, которое относится к информации, отраженной в данной вкладке.

На третьем этапе разрабатывается программное обеспечение приложения: программируются кнопки, задается логика и прописывается обработчики событий.

Структура базы данных мобильного приложения представлена на рисунке 2, а база данных в соответствии с данной структурой представлена в таблице 1.

Социальная активность пользователя определяется посредством мобильного приложения как совокупность регистрируемых элементарных актов различного вида деятельности, сгруппированных в базе данных (рис.2). Блоки «Оценки», «Комментариев» и «Фото» в отношении каждой «Локации», «Транспорта», «Занятие», «Приема пищи» позволяют произвести оценку на предмет привлекательности того или иного объекта или вида деятельности.

GPS-треки в мобильном приложении строятся в привязке к классификаторам ОК-ПДТР, ОКИН (Пол, Семейное положение), ОКСО из ЕСККТЭСИ и МКБ-10. Рассмотрим сравнение результатов построения GPS-треков в разработанном мобильном приложении по контролю социальной активности и в навигаторе Яндекс (Таблица 2).

Таким образом, разработанное мобильное приложение превосходит по уровню информативности существующие пешеходные навигаторы. Интеграция в мобильное приложение классификаторов из ЕСККТЭСИ и МКБ-10 позволяет использовать его в составе мобильной компоненты когнитивной транспортной системы, увязанной с системами государственной региональной оперативной транспортной статистики.

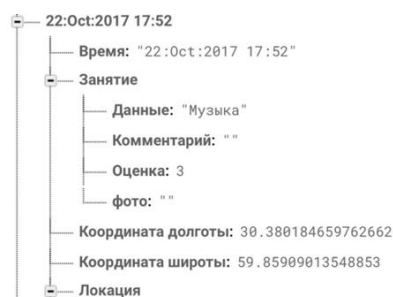


Рисунок. 2 – Структура базы данных мобильного приложения

Таблица 1 - База данных мобильного приложения

| Дата и время |            | 22: Oct:2017 17:52 |   |
|--------------|------------|--------------------|---|
| 1            | Занятие    | Данные             | Музыка  |
|              |            | Комментарии        | –   |
|              |            | Оценка             | 3   |
|              |            | фото               | –   |
| 2            | Локация    | Данные             | Клуб  |
|              |            | Комментарии        | Комментарии   |
|              |            | Оценка             | 2   |
|              |            | фото               | <a href="https://firebasestorage.googleapis.com/vo/b/tim">https://firebasestorage.googleapis.com/vo/b/tim</a> |
| 3            | Прием пищи | Данные             | Полдник   |
|              |            | Комментарии        | --  |
|              |            | Оценка             | -1  |
|              |            | фото               | <a href="https://firebasestorage.googleapis.com/vo/b/tim">https://firebasestorage.googleapis.com/vo/b/tim</a> |
| 4            | Транспорт  | Данные             | Автобус 123   |
|              |            | Комментарии        | Комментарии   |
|              |            | Оценка             | 0   |
|              |            | фото               | –   |
| 5            | Долгота    | 30.380184659762662 |   |
|              | Широта     | 59.85909013548853  |   |

Таблица 2 – GPS-трекеры Yandex.Навигатора и разработанного мобильного приложения

| Функциональные особенности GPS-трекера   | Yandex. Навигатор | Новое приложение |
|--|-------------------|------------------|
| Возможность определения GPS-трека пользователя   | Да                | Да               |
| Возможность определения потенциально опасных (инфицированных) GPS-треков пользователей.                                | Нет               | Да               |
| Возможность определения GPS-треков пользователей в зависимости от гендерного признака.                                 | Нет               | Да               |
| Возможность определения GPS-треков пользователей в зависимости от вида трудовой деятельности и должностного положения. | Нет               | Да               |
| Возможность определения GPS-треков пользователей в зависимости от специальности по образованию.                        | Нет               | Да               |
| Возможность определения GPS-треков пользователей в зависимости от семейного положения.                                 | Нет               | Да               |
| Возможность персональной оценки объектов и мест на маршруте  | Нет               | Да               |
| Возможность персонального комментирования объектов и мест на маршруте  | Нет               | Да               |
| Возможность фото-регистрации событий, объектов и мест на маршруте  | Нет               | Да               |

Предложенная технология с единых позиций позволит реализовать процесс структурного и функционального анализов транспортной мобильности городского населения в границах принятых систем классификации, расширить существующий базис транспортных индикаторов и показателей [7], лечь в основу информационной базы знаний [8] для построения систем анализа [9] управления и развития мегаполиса [10, 11].

### Список литературы

1. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности. Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 1–13.
2. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и космос. 2016. № 3. С. 8–17.
3. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. О разработке показателей анализа оценки транспортной составляющей в структуре городского квартала // Вестник транспорта Поволжья. 2015. № 4 (52). С. 55–69.
4. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Разработка показателей интегрального развития транспортной системы мегаполиса // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 5 (30). С. 156.
5. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Формальное построение цепочек транспортной активности городского населения // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 4 (224). С. 91–104.
6. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Использование систем класса ГАТЛОСЭМИ для предупреждения причин возникновения ДТП и неблагоприятных социальных исходов в "умном городе" // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2016. № 1 (236). С. 65–81.
7. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Метод построения пути субъективного предпочтительного следования // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2016. Т. 4. С. 31–37.
8. Filippo Benvenuti, Claudia Diamantini, Domenico Potena, Emanuele Storti. An ontology-based framework to support performance monitoring in public transport systems //Transportation Research Part C: Emerging Technologies Volume 81, August 2017. pp 188-208
9. Anne-Sarah Briand, Etienne Côme, Martin Trépanier, Latifa Oukhellou. Analyzing year-to-year changes in public transport passenger behaviour using smart card data //Transportation Research Part C: Emerging Technologies. Volume 79, June 2017. pp. 274-289.
10. Селиверстов С.А. Разработка показателей транспортной обеспеченности // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 4 (45). С. 48–63.
11. Simon Elias Bibri. A foundational framework for smart sustainable city development: Theoretical, disciplinary, and discursive dimensions and their synergies // Sustainable Cities and Society Volume 38, April 2018. pp. 758-794

УДК 338

## **АНАЛИЗ РОЛИ ОБУЧЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА КАК ФАКТОРА РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Лавская Кристина Константиновна* – аспирант кафедры экономики, ассистент кафедры истории и управления персоналом

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, ул.Пилотов, д.38, kristinalavskaya@yandex.ru*

*Аннотация.* Автором статьи исследована тема обучения авиационного персонала, представляющая собой один из основных факторов развития предприятий. Целью данной статьи является анализ текущего состояния системы обучения авиационного персонала как фактора экономического механизма реализации стратегии развития авиационных

предприятий и приведение рекомендаций по совершенствованию методов подготовки авиационного персонала на всех уровнях образования.

*Ключевые слова:* персонал предприятия, образование, стратегия развития, экономика предприятия, фактор развития, роль обучения, экономический механизм, авиационный персонал.

## ANALYSIS OF THE ROLE OF TRAINING OF AVIATION PERSONNEL AS A FACTOR IN THE IMPLEMENTATION OF THE STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF AVIATION ENTERPRISES

*Lavskaya Kristina K. – Postgraduate at the Department of Economics, assistant of the Department of History and Management of Personnel*

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation*

*38, street of Pilots, Saint-Petersburg, 196210, Russian Federation, kristinalavskaya@yandex.ru*

*Abstract.* The author of the article studied the topic of training aviation personnel, which is one of the main factors in the development of enterprises. The purpose of this article is to analyze the current state of the aviation personnel training system as a factor in the economic mechanism for implementing the strategy for the development of aviation enterprises and to make recommendations for improving the methods of training aviation personnel at all levels of education.

*Keywords:* company personnel, education, development strategy, enterprise economy, factor of development, role of learning, economic mechanism, aviation personnel.

Успешная деятельность организации зависит от многих факторов. Существует не мало инструментов, способных помочь разработать эффективную стратегию развития предприятия [1]. В целях настоящей статьи интерес представляют экономические механизмы реализации стратегии развития авиационных предприятий. Автор данной статьи придерживается следующего перечня факторов, составляющих основу экономического механизма:

- экономического планирования и прогнозирования;
- маркетинговой деятельности;
- экономической диагностики;
- финансово-кредитной политики предприятия;
- экономического стимулирования.

Экономический механизм затрагивает многие стороны деятельности организации, но особую роль играет фактор стимулирования персонала. На данный момент, всё больше предприятий осознают всю стратегическую важность инвестиций в развитие собственного персонала, что благоприятно сказывается на экономическом механизме реализации стратегии развития авиационных предприятий. С точки зрения экономики предприятия, качественное обучение персонала позволит снизить затраты, связанные с подготовкой сотрудников.

Количество транспортных предприятий на территории РФ увеличивается с каждым годом, что приводит к увеличивающемуся спросу на квалифицированный персонал. Система подготовки авиационного персонала в РФ состоит из трех вертикально-интегрированных комплексов, в которые входят следующие учебные заведения:

1) Московский государственный технический университет:

Иркутский филиал МГТУ ГА

Ростовский филиал МГТУ ГА

Егорьевский авиационный технический колледж гражданской авиации

Кирсановский авиационный технический колледж гражданской авиации

Рыльский авиационный технический колледж гражданской авиации

Иркутский авиационный технический колледж гражданской авиации

Троицкий авиационный технический колледж гражданской авиации.

- 2) Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации:  
Выборгский филиал СПбГУ ГА  
Красноярский филиал СПбГУ ГА  
Хабаровский филиал СПбГУ ГА  
Бугурусланское летное училище гражданской авиации  
Якутское авиационное техническое училище гражданской авиации.
- 3) Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации:  
Омский летно-технический колледж гражданской авиации  
Сасовское летное училище гражданской авиации  
Краснокутское летное училище гражданской авиации [2].

Для наилучшего обеспечения максимально выгодного соотношения потраченного времени на обучение к полученным знаниям, существует система стандартов ФГОС – Федеральные Государственные образовательные стандарты, которые обеспечивают единство образовательного пространства Российской Федерации, преемственность основных образовательных программ, духовно-нравственное развитие и воспитание. Данная система позволяет анализировать и контролировать параметры обучения. Без этого не получится достичь качества. Сам стандарт основан на типовых программах, которые содержат минимальные критерии – по качеству, продолжительности, содержанию обучения. Такая программа, как принято, рассчитана на обучаемого со средними способностями. В общем виде стандарт представляет собой законодательный минимум подготовки обучающихся, который устанавливается уполномоченным органом.

Для совершенствования процесса подготовки авиационного персонала необходимо наладить более тесное взаимодействие учебных заведений с предприятиями. На данный момент при получении первой степени высшего образования «бакалавриат», реализуется организованная система получения знаний, умений и навыков, путем прохождения обязательных практик:

- учебная практика (получение первичных профессиональных умений и навыков) проводится на базе учебного заведения;
- производственная практика (получение профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) на базе предприятий, с которыми заключен договор от учебного заведения;
- преддипломная практика (получение профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности и сбор материала для написания выпускной квалификационной работы) на базе предприятий, с которыми заключен договор от учебного заведения.

Однако выделение нескольких недель в учебном году на прохождение практик недостаточно для качественной подготовки будущих выпускников. По мнению автора данной статьи, необходимо дальнейшее совершенствование системы подготовки персонала. Необходимо наладить взаимодействие учебных заведений и предприятий, разработать логически правильные стандарты обучений с учетом новых методов и технологий, доступных на данный момент [3].

#### *Список литературы*

1. Лавская К.К. Анализ инструментов стратегического менеджмента, применяемых в российских транспортных организациях / Сборник «Новая наука: От идеи к результату». 2017. Т.1. № 2. С. 115–117.
2. Иванова М.О., Ячменева А.А. Подготовка авиационного персонала в системе высшего образования / Сборник «Современное образование: плюсы, минусы и перспективы»: материалы VII международной научно-практической конференции. Институт управления и социально-экономического развития; Саратовский государственный технический университет. 2016. С. 30–33.
3. Ксенофонтова Т.Ю. К вопросу о получении необходимых практических навыков на предприятиях студентами старших курсов Российских вузов / журнал «Современные наукоемкие технологии». 2011. №1. С.141–142.

# ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции

**30-31 МАЯ 2018 ГОДА**

*Составитель сборника Шаталова Н.В.*

Научное издание

Печатается в авторской редакции

---

|                               |         |                |
|-------------------------------|---------|----------------|
| Подписано в печать 25.05.2018 | Заказ № | Формат         |
| Печать цифровая               | Объем   | Тираж 150 экз. |

---

Отпечатано в полиграфическом центре типографического комплекса  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.