

УДК 625.7:004.9

ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДОРОЖНОЙ СЕТЬЮ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Т.В. Боброва^{1*}, А.А. Андрюшенков²

¹ФГБОУ ВО «СибАДИ»

Омск, Россия;

² Агентство передовых исследований и разработок (АПИР),

Омск, Россия

*bobrova.tv@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Введение. Анализ наиболее известных моделей управления агломерациями в России и за рубежом показал, что в этой области пока отсутствуют комплексные решения. Проблема информационного моделирования управляющих воздействий на состояние и развитие дорожной сети этих территориальных образований недостаточно изучена и требует дальнейших всесторонних исследований. Цель данной статьи: сформулировать наиболее важные принципы и методические подходы для построения современной информационной системы управления дорожной инфраструктурой городской агломерации.

Методы и модели. Проектируемая система опирается на технологии информационного моделирования процессов транспортного взаимодействия между корреспондирующими пунктами. Структура системы выстроена на принципах проектного многоагентного управления. Определены типы математических моделей для решения ключевых задач в рамках проектных модулей: создание транспортного каркаса агломерации; обеспечение нормативных требований транспортно-эксплуатационного состояния дорог; создание условий для непрерывного и безопасного движения автомобильного транспорта.

Результаты. Архитектура разработанной системы «Дорожная сеть-6D BIM» отражает связь двух информационных процессов: наполнение системы знаниями и формирование коробочных решений с использованием банка знаний. Применение n-D моделирования базируется на трехмерных проекциях сооружений (3-D) с дополнением технологиями цифрового моделирования: календарных сроков, ресурсов и финансирования объектов в жизненном цикле. Элементы системы были апробированы в ходе эксперимента при реализации проекта комплексного развития транспортной инфраструктуры Омской агломерации.

Заключение. Осуществление проекта «Дорожная сеть-6D BIM» в предлагаемой концепции вносит определенный вклад в решение проблем управления дорожной сетью городской агломерации за счёт повышения уровня интеллектуализации решаемых задач на всех стадиях проектного управления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: городская агломерация; дорожная сеть; информационное n-D моделирование; BIM-технология; математические модели; проектные модули.

© Т.В. Боброва, А.А. Андрюшенков



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

MANAGING THE ROAD NETWORK OF URBAN AGGLOMERATION: FORMATION OF THE INFORMATION MODELING

T.V. Bobrova^{1*}, A.A. Andryushenkov²

¹Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

²Agency of Research and Development,
Omsk, Russia

*bobrova.tv@gmail.com

ABSTRACT

Introduction. An analysis of the most well-known agglomeration management models in Russia and abroad has shown that there are no comprehensive solutions in this area yet. The problem of information modeling of control actions on the state and development of the road network of these territorial entities is not well understood and requires further comprehensive research. The purpose of the paper is to formulate the most important principles and methodological approaches for building a modern information system for managing the road infrastructure of urban agglomerations.

Methods and models. The designed system based on information modeling technologies of transport interaction processes between corresponding points. The structure of the system presented on the principles of multi-agent project management. The authors identified the types of mathematical models for solving key problems in the framework of design modules by creation of an agglomeration transport framework, ensuring the regulatory requirements of the transport and operational condition of roads and by creation of conditions for the continuous and safe movement of road transport.

Results. The architecture of the "Road Network-6D BIM" developed system reflected the relations of two information processes: filling the system with knowledge and forming box solutions using a knowledge bank. The n-D modeling based on three-dimensional projections of structures (3-D) with the addition of digital modeling technologies: calendar terms, resources and financing of objects in the life cycle. The authors tested system elements during the experiment and the implementation of the project for the integrated development of the transport infrastructure of the Omsk agglomeration.

Discussion and conclusions. The implementation of the "Road Network-6D BIM" project in the proposed concept makes a definite contribution to solving the problems of managing the road network of the city agglomeration by increasing the level of intellectualization of the tasks at all stages of project management.

KEYWORDS: urban agglomeration, road network, information n-D modeling, BIM technology, mathematical models, design modules.

© T.V. Bobrova, A.A. Andryushenkov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Термин «агломерация» (*agglomeration*) происходит от латинского *agglomerare* (присоединять, накапливать) и в общенаучном смысле обозначает процесс связывания первичных элементов под влиянием внешних факторов и взаимодействий в иерархическую структуру более высокого порядка [1]. В научной литературе применительно к населённым пунктам этот термин употребляется с середины XX в. В настоящее время территориальные образования в виде городских агломераций являются распространённой формой организации поселений во многих странах и характеризуют углубление процессов урбанизации. В аналитических документах ОАО «Российский институт градостроительства и инвестиционного развития (Гипрогор)»^{1,2,3} городская агломерация рассматривается как «социально-экономическое пространство, формирующееся вокруг одного или нескольких городов-ядер, состоящее из населённых пунктов, объединённых общими элементами инженерной и транспортной инфраструктуры и интенсивными ежедневными/еженедельными связями (трудовыми, экономическими, культурно-бытовыми, рекреационными и прочими).

В соответствии с Указом Президента РФ от 16.01.2017 №13⁴ развитие крупных городских агломераций обозначено как необходимое условие «обеспечения экономического роста, технологического развития и повышения инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности российской экономики на мировых рынках». Министерством регионального развития Российской Федерации поставлена задача формирования институциональной среды и единых подходов развития агломераций, стимулирования межмуниципаль-

ного взаимодействия, совершенствования нормативно-правового, бюджетного, градостроительного обеспечения этого процесса⁵. Проекты развития агломераций реализуются в 14 регионах страны. Увеличение числа таких ареалов, особенно в регионах Сибири и Дальнего Востока, становится важнейшим направлением государственной политики России. Государственные подходы к управлению развитием агломераций на различных этапах изложены в «Дорожной карте»⁶. Анализ наиболее известных моделей управления агломерациями показывает, что в этой сфере пока не найдено универсальных решений⁷ [2, 3]. Схема территориального планирования (СТП) агломерации – один из основных документов, с которого начинается управление развитием агломерации. Выбор методики разработки СТП определяется исходя из конкретных свойств территории, условий проектирования, целей создания агломерационного сообщества. Интересы объединяемых территорий должны быть согласованы между собой, что делает необходимым формирование общей структуры управления агломерацией.

Управление такими сложными структурами невозможно без разработки специальных систем современного информационного обеспечения. Имея общие черты для разных агломерационных композиций, система тем не менее должна отразить особенности взаимодействий составляющих её элементов в конкретных условиях. Проектируемая система является более сложной структурой, чем информационная система одного объекта, построенная по принципам BIM-технологий. В то же время она должна включить эти технологии как применительно к отдельным объектам, так и для общей конструкции системы на принципах про-

¹ Развитие городов: лучшие практики и современные тенденции // Выпуск 1 ОАО «Гипродор». URL: <https://drive.google.com/file/d/0B7GEA-M58qzPd3lxYzcv1g5R1E/view>.

² Развитие городских агломераций: аналитический обзор // Развитие городских агломераций. Выпуск 2. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B7GEA-M58qzPODFYLTdjOFIJNEk/view>.

³ Проекты агломерационного развития // Выпуск 3. URL: <https://drive.google.com/file/d/19VILnXseyQjJpyWDy6dvLa9HE5W4bnnj/view>.

⁴ Основы государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 г. (утв. Указом Президента РФ от 16.01.2017 №130).

⁵ Развитие городских агломераций: аналитический обзор // Развитие городских агломераций. Выпуск 2. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B7GEA-M58qzPODFYLTdjOFIJNEk/view>.

⁶ Дорожная карта для субъекта РФ по реализации проекта «Развитие городской агломерации». URL: https://drive.google.com/file/d/1cfCwpuGG_Xcc_nQYjNxxZW7vL04BfG45/view.

⁷ Развитие городских агломераций: аналитический обзор // Развитие городских агломераций. Выпуск 2. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B7GEA-M58qzPODFYLTdjOFIJNEk/view>.

ектного многоагентного управления. Авторы [4, 5, 6, 7], анализируя проблемы современных конструкций и программного обеспечения BIM, отмечают, что именно эти технологии позволяют координировать и оптимизировать качественные, финансовые, графические, организационные и другие аспекты управления, учитывая социально-культурную среду при внедрении новых технологий. В этой среде развитие транспортных связей является одним из ведущих стратегических направлений. Сбор и обработку большого объема данных о состоянии и изменениях дорожной ситуации в контролируемых районах предполагается выполнять программными агентами с использованием различных автоматических датчиков систем наблюдения. Для выработки управляющих воздействий по результатам мониторинга будут учтены рекомендации авторов [8, 9, 10] о применении методов конвергентного моделирования в рамках интеллектуальных транспортных систем (умная дорога).

Программа управления дорожной инфраструктурой агломерации включает 3 основных направления (подпрограммы), которые реализуются практически одновременно с разной периодичностью и степенью интенсивности:

1. Создание и актуализация транспортного каркаса на основе существующей дорожной сети.

2. Обеспечение транспортно-эксплуатационного состояния сети дорог и их элементов в соответствии с нормативными требованиями.

3. Всесезонное содержание дорожной сети.

При реализации каждого из этих направлений возникает необходимость решения сложных организационных, инженерных и социально-экономических задач, методы и модели, решения которых нашли своё отражение в трудах отечественных и зарубежных ученых. Часть из них реализована на практике и включена в нормативные документы. Цель данной статьи сформулировать наиболее важные принципы и методические подходы к управлению состоянием дорожной сети, позволяющие интегрировать накопленный опыт в области транспортного моделирования для построения концепции современной информационной системы управления городской агломерацией.

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ

Идеальная транспортная система агломерации должна обеспечивать часовую транспортную доступность города-центра для всех населенных пунктов в ее составе. Важно сформировать единую агломерационную транспортно-логистическую сеть грузового и пассажирского транспорта, интегрированную с федеральной и региональной системами. В процессе разработки транспортных схем рассматривают три уровня коммуникаций с учетом всех видов транспорта: железнодорожного, водного, автомобильного, воздушного (рисунок 1) [3].

Градостроительные решения в области транспортной инфраструктуры должны в определенной степени опережать развитие самой агломерации, чтобы не тормозить её рост в жизненном цикле на период не менее 20–25 лет. Это относится прежде всего к созданию транспортного каркаса территории, формируемого, как правило, на основе существующей дорожной сети с применением математического моделирования (первое направление). Для создания транспортного каркаса многие авторы рекомендуют применение методов гравитационного моделирования и их обобщений в виде моделей «конкурирующих центров», энтропийных моделей прогнозирования перемещений и т.д.^{8,9}

Сущность гравитационной модели представлена в виде математической интерпретации второго закона Ньютона. Эта закономерность была установлена на основе эмпирических исследований торговых потоков между городами в США в 20-х годах прошлого века и известна как модель В. Рейли. Сфера применимости этой модели в классическом виде весьма ограничена, но разработаны различные приложения, которые позволяют оценить уровень транспортного взаимодействия между пунктами при разных наборах показателей (численность трудоспособного населения, наличие рабочих мест, величина парка автомобилей и т.д.) В работе¹⁰ установлен экспоненциальный характер функции перемещения населения с трудовыми целями. Исходя из этой предпосылки, формула для определения

⁸ Региональная экономика и пространственное развитие. Т.1. Региональная экономика. Теория, модели и методы: учеб. изд. / Л.Э. Лимонов, А. Р. Батчаев, М.П. Березин [и др.] / под общ. ред. Л.Э. Лимонова. М.: Юрайт. 2014. 397 с.

⁹ Дингес, Э.В. Методы оценки эффективности дорожных проектов: учеб. пособие / Э.В. Дингес, В.А. Гусейналиев. М.: МАДИ, 2016. 148 с.

¹⁰ Гольц Г. А. Транспорт и расселение. М.: Наука, 1981. 248 с.

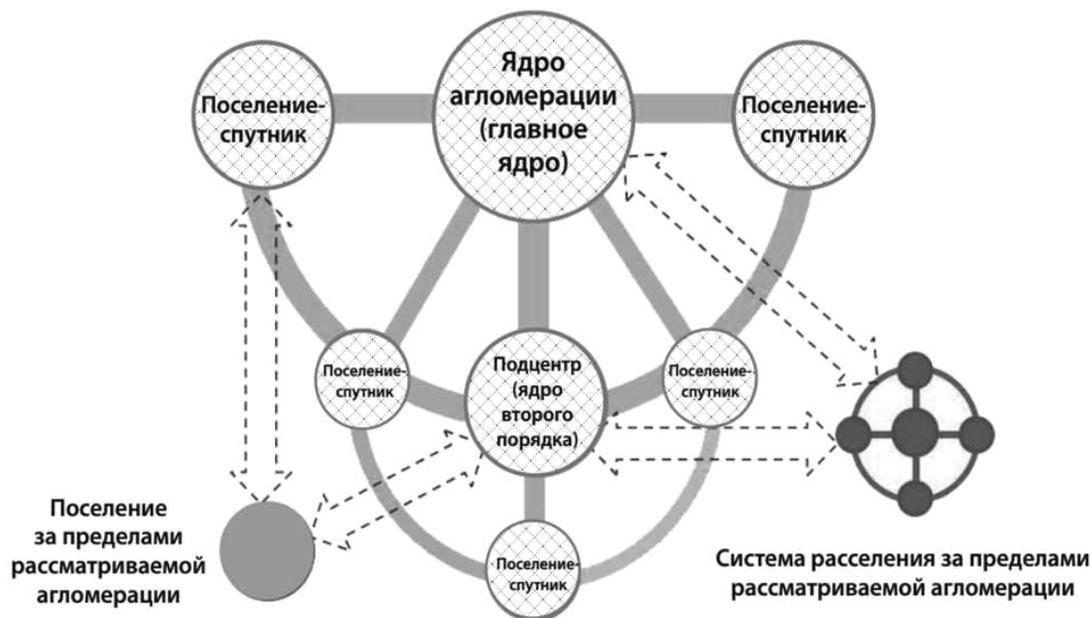
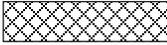
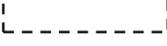


Рисунок 1 – Классификация корреспонденций, рассматриваемых при разработке документов территориально-транспортного планирования. Обозначения:

Figure 1 – Classification of correspondence considered in the development of spatial planning documents. Designations:

-  – Корреспонденции внутри ядер / поселений;
– Correspondences within cores / settlements;
-  – Агломерационные корреспонденции;
– Agglomeration correspondence;
-  – Внешние корреспонденции;
– External correspondence

потока перемещений между корреспондирующими пунктами имеет вид экспоненциальной функции доступности

$$X_{ij} = KA_i B_j e^{-\gamma t_{ij}}, \quad (1)$$

где X_{ij} – количество поездок между корреспондирующими пунктами i и j в сутки; A_i – численность работающего населения в пункте i , чел.; B_j – потребность рабочих в пункте j , чел.; t_{ij} – среднее время перемещения, ч; K – коэффициент приведения; γ – параметр расселения на территории (определяется на основе транспортных социологических обследований и характеризует уровень экономического развития территории).

Подобные модели и компьютерные технологии использованы для разработки транспортных схем ряда регионов России¹¹. К примеру, при определении границ Красноярской агломерации ОАО «Гипрогор» был применен подход, основанный на обследовании пассажиропотоков и анализе всех видов связей между населенными пунктами. Это позволило выделить реальные границы исторически сложившейся агломерации, определяемой как ареал наиболее интенсивных внутриагломерационных социальных и экономических взаимосвязей. Аналогичные подходы использованы при разработке СТП Барнаульской и Читинской агломераций.

При осуществлении программы второго направления основные мероприятия связаны с

¹¹ Развитие городских агломераций: аналитический обзор // Развитие городских агломераций. Выпуск 2. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B7GEA-M58qzPODFYLTdjOFIJNEk/view>.

улучшением транспортно-эксплуатационных показателей дорог, характеризующихся тремя основными параметрами: интенсивностью, составом и средней скоростью движения автомобилей. Прогноз этих показателей при реализации мероприятий может устанавливаться несколькими методами: многофакторным прогнозированием, экстраполяцией, экспертными оценками и т.д.

Большое внимание при реализации данного направления уделяется диагностике состояния дорог, назначению и обоснованию ремонтных мероприятий, инновационным технологиям для обеспечения прочности и ровности дорожного покрытия в условиях ограничения финансовых ресурсов. Для оценки общественной эффективности дорожных проектов в составе программы работ выполняют сравнение народнохозяйственных затрат и результатов, которые проявляются на транспорте и в нетранспортных отраслях народного хозяйства¹² [11]. В качестве критерия отбора приоритетных инвестиционных проектов при формировании портфеля принят чистый дисконтированный доход.

$$\sum_{i=1}^n \text{ЧДД}_i X_i \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n K_i X_i \leq A, \quad (3)$$

$$X_i \in \{0,1\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где ЧДД_{*i*} – чистый дисконтированный доход от реализации *i*-го проекта (X_i); K_i – величина требуемых инвестиций для реализации *i*-го инвестиционного проекта; A – заданный объём финансирования; n – количество рассматриваемых инвестиционных проектов.

Объём финансирования определяют суммированием средств консолидированного бюджета агломерации на всех уровнях: федеральном, региональном и муниципальном. Методы и модели оптимизации при решении задач многоплановой проблемы повышения технического состояния и воспроизводства дорожной сети рассмотрены в работах [12, 13]. Выбор конкретной модели осуществляют исходя из наличия объективной информации и программного обеспечения.

Главной задачей третьего направления является обеспечение сохранности дорог и дорожных сооружений, поддержание их состояния на уровне, допустимом по условиям непрерывного и безопасного движения в любое время года.

В работе [13] показатель эффективности мероприятий этого направления представлен как функция от ряда характеристик состояния дорожной сети

$$E = f(\text{УД}, \text{УС}, Z), \quad (5)$$

где E – результат реализации комплекса мероприятий, тыс. руб.; Z – затраты на реализацию мероприятий; УД – условия движения (результатирующая функция параметров транспортного потока: транспортных расходов, обеспеченной скорости и безопасности движения). УС – уровень содержания дороги (совокупность требований, определяющих необходимое состояние дорожных элементов).

Для успешного выполнения целевых показателей программы по всем трем направлениям архитектура информационной системы должна обеспечить взаимодействие участников программы «Управление дорожной сетью городской агломерации» для выработки согласованных и эффективных решений при реализации всех дорожных проектов.

Основными предпосылками для перехода к цифровой трансформации в системе управления транспортной инфраструктурой городской агломерации являются:

- рост требований потребителей к параметрам и доступности объектов капитального строительства;
- превышение запланированных сроков и стоимости строящихся объектов;
- недостаточный уровень квалификации специалистов отрасли по современным технологиям строительства;
- «лоскутная» автоматизация предприятий отрасли, высокая доля импортного программного обеспечения;
- недостаточная конкурентоспособность отечественных компаний на зарубежных рынках;
- высокий уровень потерь вследствие неэффективных процессов;

¹² Солодкий А.И. Методические подходы к сравнению вариантов развития автомобильной дороги при разработке обоснования инвестиций // Сб. трудов II Международной научной конференции «Производственная инфраструктура в стационарной и нестационарной экономике», 12–15 сентября 2003, СПб, 2003. С. 90–95.

- неоптимальная загрузка мощностей и кадровых ресурсов на предприятиях отрасли;
- отсутствие механизмов перехода отрасли на новые стандарты.

При проектировании системы «Дорожная сеть-6D BIM» на первом этапе предусмотрено решение следующих локальных задач:

- структурирование и объединение разрозненной информации;
- автоматическое формирование пакета конкурсной документации;
- анализ мест концентрации дорожно-транспортных происшествий;
- разработка системы реагирования на обращения жителей региона о состоянии автомобильных дорог (портал «Мобильный гражданин»);
- контроль гарантийных обязательств подрядчиков;
- осуществление безбумажного документооборота;
- реализации календарно-сетевого планирования стадий жизненного цикла проектов;
- организации системы контроля поручений «Светофор».

На рисунке 2 представлена общая архитектура системы проекта «Дорожная сеть-6D BIM», отражающая связь двух информационных процессов: наполнение системы знаниями и формирование коробочных решений с использованием банка знаний. Применение n-D моделирования базируется на трехмерных проекциях сооружений (3-D) с дополнением технологиями цифрового моделирования календарных сроков, ресурсов и финансирования объектов в жизненном цикле.

Модуль «Эксплуатация» связан с ремонтом и содержанием объектов дорожной сети и обеспечивает подготовку решений по следующим вопросам:

1. Эффективное расходование бюджетных средств на ремонт и содержание объектов сети.
2. Контроль хода эксплуатации объектов в режиме 24/7 по технологии «Умного города».
3. Формирование базы знаний процессов ремонта и содержания объектов сети на основе национальных стандартов с последующей актуализацией.
4. Обеспечение поддержки принятия решений при выявлении проблемных ситуаций.

5. Решение вопросов планирования и координирования дорожных проектов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Элементы разрабатываемой информационной системы «Дорожная сеть-6D BIM» были апробированы в ходе реализации проекта комплексного развития транспортной инфраструктуры Омской агломерации. Создание и развитие этой агломерации осуществляется в рамках национальной государственной программы «Безопасные и качественные дороги РФ»¹³. В состав Омской городской агломерации (ОГА) с ядром в г. Омске включено дополнительно 9 муниципальных районов в радиусе около 50 км. Численность населения ОГА, по состоянию на декабрь 2018 года, составляла – 1 млн 490 тыс. человек или 75% населения Омской области, в том числе:

город Омск – 1 млн 178,4 тыс. чел.;
девять муниципальных районов – 311,7 тыс. чел.

Состояние дорожной сети и целевые показатели проекта приведены в таблице. Министерством промышленности, транспорта и инновационных технологий Омской области в период с 2017 по 2018 гг. с привлечением научных организаций составлена комплексная схема развития транспортной инфраструктуры и организации дорожного движения ОГА на период 2019–2041 гг. Определен прогнозный спрос пассажиропотоков для всех видов транспорта.

Полномасштабная реализация программы ремонта дорог Омской городской агломерации началась в 2016 г. с программы «Платон». Проанализированы возможности использования программных продуктов отечественного и зарубежного производства. В то же время технология BIM представляет собой прежде всего процесс, связанный с изменением способа взаимодействия участников программы на основе современных способов обработки информации. На уровне 6D BIM моделирования, в информацию об объектах дорожной сети вносятся данные обо всех отклонениях в ходе производства работ.

¹³ Безопасные и качественные дороги. Приоритетный проект Министерства транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bkd.rosdornii.ru/about/> (дата обращения: 04.04.2019).

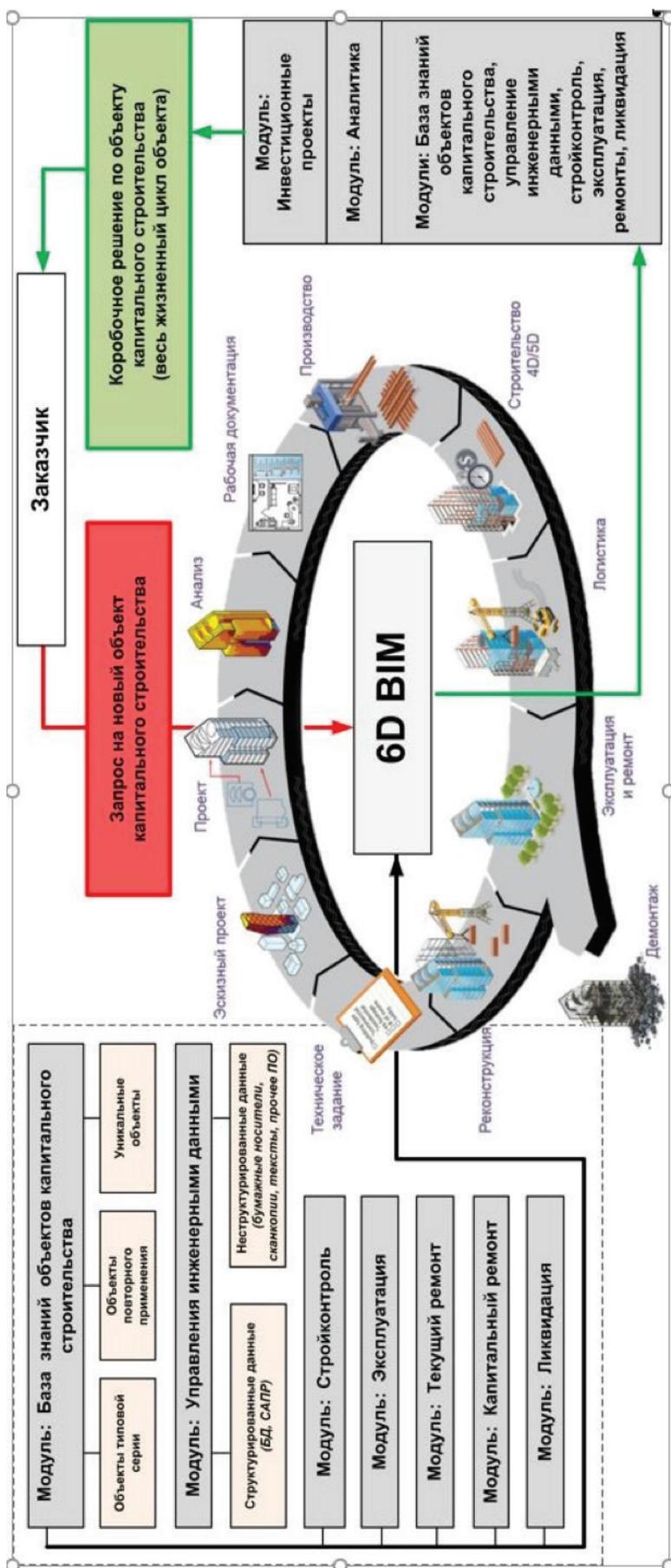


Рисунок 2 – Архитектура проектируемой системы «Дорожная сеть-6D BIM» Омской городской агломерации (схема разработана авторами)

Figure 2 – Architecture of the “Road network-6D BIM” designed system of the Omsk agglomeration (designed by the authors)

Таблица
Протяженность и показатели состояния автомобильных дорог ОГА за период 2016–2019 гг.

Table
Length and indicators of the roads' state of the Omsk agglomeration for the 2016-2019 period

Наименование показателя	Единица измерения	Базовое значение 2016 г.	Значение показателей по годам		
			2017	2018	2019 (проект)
Протяженность дорог общего пользования, всего	км	1257,2	1257,2	1257,2	1257,2
В т.ч.:	км				
федерального значения	км	198,0	198,0	198,0	198,0
регионального и межмуниципального значения	км	509,4	509,4	509,4	509,4
Улично-дорожная сеть	км	594,8	594,8	594,8	594,8
Доля дорожной сети, соответствующая нормативным требованиям	%	34	44	56	61
Количество мест концентрации ДТП	шт.	70	50	35	31
Доля протяженности автомобильных дорог, работающих в режиме перегрузки в час пик	%	11,5	11,3	11,1	10,9
Доля граждан, удовлетворенных состоянием дорожной сети и уровнем безопасности дорожного движения	%	-	20	40	50

Проектируемая информационная модель системы регионального проекта «Дорожная сеть-6D BIM» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» предназначена для обеспечения органов исполнительной власти, органов местного самоуправления, должностных и юридических лиц актуальными и достоверными сведениями о состоянии дорожной сети и ходе реализации регионального проекта. Повышение качества управленческих решений будет достигнуто за счёт формирования единого информационного пространства и применения информационных и телекоммуникационных технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществление проекта «Дорожная сеть - 6D BIM» в предлагаемой концепции позволит решить ряд проблем управления транспортной инфраструктурой городской агломерации:

- повысить вклад транспортной инфраструктуры в модернизацию национальной экономики за счет ускорения инвестиционных процессов;
- повысить конкурентоспособность дорожной отрасли за счет более эффективных проектных решений, улучшения потребительских свойств, эффективного использования машин, ресурсов и технологий в рамках всей производительной цепочки;

- использовать цифровые технологии для увеличения контроля качества выполнения работ;
- обеспечить оперативность и достоверность информации о выполнении проекта;
- уменьшить время отклика на запрос, увеличивая скорость принятия управленческого решения;
- использовать в строительстве роботизированные комплексы, повышая достоверность информации и уменьшить факторы субъективного характера.

Предполагается дальнейшее развитие системы с целью повышения интеллектуального уровня решаемых задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сирина Д.А. Подходы к исследованию структуры городских агломераций // Интернет-журнал «Науковедение» Том 9. №1 (2017). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/12TVN117.pdf>.
2. Островская О.Л., Миронов Д.Е. Проектный подход к решению проблем агломерационного развития субъектов Российской Федерации // Известия СПбГЭУ. 2014. №3 (87). С. 24–30.

3. Истомина Л.Ю., Баранов А.С. Методические особенности проектирования транспортных систем городских агломераций // *Архитектурный Петербург*. 2018. №3 (53). С.70–71.

4. L. Ustinovičius, A. Puzinas, J. Starynina, M. Vaišnoras, O. Černiavskaja, R. Kontrimovičius. Challenges of BIM technology application in project planning/ *Engineering Management in Production and Services*. V. 10, issue 2, 2018. P. 15-28. URL: <https://DOI.org/10.2478/emj-2018-0008>.

5. Premm, Kirn (2017): Autonomous Agents in Multiagent Organizations, Proceedings of the 9th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2017), P. 121–128. URL: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006094901210128>.

6. Arayici Y., Coates P., Koskela L., Kagioglou M., Usher C., O'Reilly K. Technology adoption in the bim implementation for lean architectural practice// *Automation in Construction*. 2011. T.20. №2. P.189-195. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016> // <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580510001457?via%3Dihub>.

7. Бекмагамбетов М.М., Кочетков А.В. Анализ современных программных средств транспортного моделирования // *Журнал Автомобильных Инженеров* №6 (77) 2012. С. 25–34.

8. Finogeev A., Finogeev A., Fionova L., Lyapin A., Lychagin K.A. Intelligent monitoring system for smart road environment. // *Journal of Industrial Information Integration*. 2019. T. 13. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.05.003> // <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452414X18300542?via%3Dihub>.

9. Kuenzel R., Mueller M., Teizer J., Blickle A. Smartsite: intelligent and autonomous environments, machinery, and processes to realize smart road construction projects// *Automation in Construction*. 2016. T. 71. № Part 2. P. 21-33. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.012> // <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516300528?via%3Dihub>.

10. Дмитриев И.И., Кириллов А.М. Умные дороги и Интеллектуальная транспортная система // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. №2 (53). С. 7–28.

11. Вожик К.А., Гарманов Е.Н. Системный подход к некоторым задачам экономики дорожного хозяйства // *Повышение экономической эффективности дорожного хозяйства в*

условиях рыночных отношений: Труды МАДИ. М., 2002. С. 5–11.

12. Красиков О.А. Мониторинг и стратегии ремонта автомобильных дорог. Алматы: КазгосИНТИ, 2004. 263 с.

13. Боброва Т.В. Проектно-ориентированное управление производством работ на региональной сети автомобильных дорог: монография. Омск. СибАДИ, 2006. 334 с.

REFERENCES

1. Sirina D.A. Podhody k issledovaniyu struktury gorodskih aglomeracij [Approaches to research on the structure of urban agglomerations]. *Internet-zhurnal Naukovedenie* Tom 9, №1 (2017). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/12TVN117.pdf>.

2. Ostrovskaya O.L., Mironov D.E. Proektnyj podhod k resheniyu problem aglomeracionnogo razvitiya sub"ektov Rossijskoj Federacii [Design approach to solving problems of agglomeration development of the constituent entities of the Russian Federation]. *Izvestiya SPbGEU*. 2014; 3 (87):. 24-30.

3. Istomina L.YU., Baranov A.S. Metodicheskie osobennosti proektirovaniya transportnyh sistem gorodskih aglomeracij [Methodological features of urban agglomeration transport systems design]. *Arhitekturnyj Peterburg*. 2018; 3 (53):70-71.

4. L. Ustinovičius, A. Puzinas, J. Starynina, M. Vaišnoras, O. Černiavskaja, R. Kontrimovičius. Challenges of BIM technology application in project planning/ *Engineering Management in Production and Services*. 2018; V. 10, issue 2: 15-28. URL: <https://DOI.org/10.2478/emj-2018-0008>.

5. Premm, Kirn (2017): Autonomous Agents in Multiagent Organizations, Proceedings of the 9th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2017): 121-128. URL: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006094901210128>.

6. Arayici Y., Coates P., Koskela L., Kagioglou M., Usher C., O'Reilly K. Technology adoption in the bim implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*. 2011; T.20. №2: 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016> // <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580510001457?via%3Dihub>

7. Bekmagambetov M.M., Kochetkov A.V. Analiz sovremennyh programmyh sredstv transportnogo modelirovaniya [Analysis of modern

transport modeling software]. *Zhurnal avtomobil'nyh inzhenerov*. 2012; 6 (77): 25-34.

8. Finogeev A., Finogeev A., Fionova L., Lyarin A., Lychagin K.A. Intelligent monitoring system for smart road environment. *Journal of Industrial Information Integration*. 2019; 13. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.05.003>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452414X18300542?via%3Dihub>.

9. Kuenzel R., Mueller M., Teizer J., Blickle A. Smartsite: intelligent and autonomous environments, machinery, and processes to realize smart road construction projects. *Automation in Construction*. 2016; T. 71. № Part 2: 21-33. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.012>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516300528?via%3Dihub>.

10. Dmitriev I.I., Kirillov A.M., Umnye dorogi i intellektual'naya transportnaya sistema [Smart roads and intelligent transportation]. *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij*. 2017; (53): 7-28.

11. Vozhik K.A., Garmanov E.N. Sistemnyj podhod k nekotorym zadacham ekonomiki dorozhnogo hozyajstva [Systematic approach to some tasks of road economy]. *Povyshenie ekonomicheskoy effektivnosti dorozhnogo hozyajstva v usloviyah rynochnyh otnoshenij: Trudy MADi*. Moscow, 2002: 5-11.

12. Krasikov O.A. *Monitoring i strategii remonta avtomobil'nyh dorog*. [Road repair monitoring and strategies]. Almaty: KazgosINTI, 2004: 263.

13. Bobrova T.V. Proektno-orientirovannoe upravlenie proizvodstvom robot na regional'noj seti avtomobil'nyh dorog: Monografiya. [Project-oriented management of works on the regional road network: Monograph]. Omsk. SibADI, 2006: 334.

Поступила 16.09.2019, принята к публикации 25.10.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Боброва Татьяна Викторовна – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве», Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ) ORCID 0000-0002-0292-4421, Researcher ID Y-3916-2018, Author

ID (SCOPUS) 57201362187 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Андрюшенков Александр Александрович – магистр по направлению «Строительство», ООО «Агентство передовых исследований и разработок (АПИР)», эксперт (головной офис: Москва, пер. Б. Саввинский, 12, стр. 3, e-mail: andryushenkov_aa@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tatyana V. Bobrova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Economics and Project Management in Transport Construction, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), ORCID 0000-0002-0292-4421, Researcher ID Y-3916-2018, Author ID (SCOPUS) 57201362187 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Alexander A. Andryushenkov – Master, Agency of Advanced Research and Development, Expert in Remote Access Mode (Moscow, 12, building 3, B. Savvinsky St., e-mail: andryushenkov_aa@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Боброва Т.В. Анализ моделей и методов управления агломерациями в России и за рубежом. Обоснование актуальности, формулирование цели и задач исследования. Обоснование принципов многоагентного проектного управления. Определение типов математических моделей для решения ключевых задач в рамках проектных модулей. Структурирование программы управления дорожной сетью агломерации.

Андрюшенков А.А. Разработка архитектуры системы «Дорожная сеть – 6D BIM». Анализ первого этапа экспериментальной проверки работоспособности моделей при решении локальных задач. Включение в структуру системы модуля «Эксплуатация», обеспечивающего оперативный контроль работ. Разработка портала «Мобильный гражданин» для реагирования на обращения жителей региона о состоянии автомобильных дорог.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Tatyana V. Bobrova – analysis of management models and methods of urban agglomerations in Russia and abroad; rationale for the relevance, formulation of goals and objectives of the research;

justification of the principles of multi-agent project management; identifying of mathematical models to address key challenges in the project modules; structuring of the program for managing the agglomeration road network.

Alexander A. Andryushenkov – development of the “Road network – 6D BIM” system architecture;

analysis of the first phase of experimental models’ testing for solving local problems; inclusion in system structure of the module “Operation, providing on-line control works”; development of the portal “Mobile citizen” to respond the complaints of residents about the roads’ state.