

# СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

УДК 658.785.4, 004.89

М. Б. Петров, В. С. Тарасян, М. А. Журавская

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА

*Зависимость логистики от минерального топлива является устойчивой тенденцией развития регионов, однако при составлении стратегических планов необходимо наряду с плотностью населения, особенностями транспортной инфраструктуры и прогнозом демографических изменений, также учитывать альтернативные возможности смены источников энергоресурсов. На примере лесопромышленного комплекса Свердловской области предложен алгоритм решения задачи оптимального размещения логистической инфраструктуры.*

*В статье рассмотрена проблема формирования сети железных дорог региона на этапе медленного перехода от затянувшейся стагнации к возобновлению развития. Проанализированы конфигурации транспортных сетей стран Азиатско-Тихоокеанского региона, которые успешно развиваются в настоящее время.*

*В статье представлены некоторые результаты моделирования транспортной сети региона на основе методов искусственного интеллекта. Эти методы позволили решать поставленную задачу в условиях неполной информации. Высказаны предложения по совершенствованию железнодорожной сети на территории Свердловской области.*

**Ключевые слова:** транспортная сеть, региональная логистическая система, лесопромышленный комплекс, моделирование, искусственный интеллект

### **Актуальность формирования региональной логистической системы и необходимость опережающего развития транспортной сети**

Проектирование транспортно-логистической системы как страны, так и региона опирается, с одной стороны, на прогноз транспортных потоков, с другой стороны, на существующую топологию транспортной сети, как совокупность линейных и узловых элементов. Однако развитие сети в течение длительного периода времени постсоветской России выражено крайне слабо. Строятся автомобильные дороги, но железнодорожная сеть в зоне Большого Урала развития не получает.

В загрузке существующей железнодорожной сети явно выражена тенденция к концентрации движения на главных ходах широтного и меридионального направлений в зонах наиболее активной экономической деятельности, связанной с производством и переработкой сырья и энергоносителей. То есть развивается картина транспортных потоков, характерная для экспортно-сырьевого сценария. При

этом по многим линиям, проходящим по депрессивным, особенно лесным территориям, транспортная работа сокращается (Алапаевск — Серов, Кузино — Чусовская и др.). А между тем, для альтернативного модернизационного сценария будет формироваться принципиально иная картина потоков [11], а значит, необходимо корректировать конфигурацию дорожной сети, ориентируясь на опережающее развитие инфраструктуры.

Однако транспортной инфраструктуре присущи все проблемы, с которыми сталкивается большинство отраслей материального производства: недостаточность ресурсов для развития, старение фондов, резкое замедление процессов обновления техники на фоне усиления структурной диспропорциональности по видам транспорта и по территориям.

Сегодня транспортная система во многом дезорганизована с утратой системного эффекта для народного хозяйства. Возросла нагрузка на экономику в виде завышенных транспортных издержек (как следствия низкой эффективности использования транспорт-

ных ресурсов, в частности, вагонного парка). Но при всех издержках транспортная система обладает системообразующим потенциалом в отношении сопряженных с ней производственных систем. В этом качестве она выступает как фактор социально-экономического развития. Спросом на конечный продукт порождаются грузопотребление и грузопредъявление предприятий, являющиеся ключевыми факторами спроса на перевозки. Встраивая транспортные услуги в экономико-технологические потоки «первичные ресурсы — переработка — производство продукта — потребление», транспортная система способна воздействовать на уровень системной сопряженности в таких межотраслевых системах, оптимизируя их результативность и транспортные затраты и управляя платежеспособным спросом на перевозки. Такая возможность сегодня может быть реализована через развитие инфраструктуры и построение интегрированной транспортно-логистической системы региона с сильными внутренними связями.

#### **Мировой опыт создания сети железных дорог**

Интересным представляется изучение опыта формирования железнодорожной сети в странах Азии, где высокими темпами развивается сеть железных дорог и вся транспортная инфраструктура — Китае и Южной Корее.

Транспорт Кореи развивается согласно второму плану национальной сети железных дорог, действующему с 2011 г. по 2020 г. (опубликован в апреле 2011 г. Министерством транспорта Кореи). Планируемые инвестиции составят 80 млрд долл., намечается расширение сети железных дорог в 1,5 раза, в том числе увеличение протяженности высокоскоростных магистралей (ВСМ) до 5000 км, включая линии со скоростями до 700 км/ч. Глобальная цель железных дорог Южной Кореи — организация сообщения между двумя любыми точками страны не более чем за 1,5 часа. Развитие по такому сценарию позволит увеличить объемы перевозок на железнодорожном транспорте с 15,9% (2008 г.) до 27,3% (2020 г.)

В Китае для снижения неравномерности в развитии экономик разных районов правительством страны было принято решение об опережающем развитии транспортной инфраструктуры. Сегодня комплексное развитие железнодорожной сети Китая — это решетка, состоящая из трех вертикальных и четырех поперечных железнодорожных линий, в т. ч. высокоскоростных магистралей (ВСМ). Уже сегодня

треть мировых ВСМ проходит по территории этой страны, а в систему ВСМ интегрировано 30 крупнейших городов Китая, в которых концентрируется экономика всего государства. Высокоскоростной транспорт страны явился залогом успеха бурного развития экономики Китая, ставшего страной с целостной технологической системой и высокой способностью к интеграции, с самой длинной протяженностью введенных в эксплуатацию магистралей. В настоящий момент Китай — это страна с наибольшими масштабами железнодорожного строительства [3].

Таким образом, опыт вышеназванных стран показал успешность опережающего развития транспортной сети для экономики как отдельного региона, так и целого государства. А решетчатая конфигурация сети способствует хорошему уровню освоения территории и более благоприятным условиям размещения производства на периферии.

#### **Состояние вопроса транспортной сети на полигоне обслуживания Свердловской железной дороги**

Говоря о конфигурации железнодорожной сети на территории Свердловской области, необходимо выделить наиболее напряженное практически в масштабах всей сети сечение региона — это выходы с Урала на Запад. Большая часть потокообразования страны происходит на Урале и в Сибири. Более 70% грузовой базы страны формируется восточней Волги. Транзит через Урал — в основном с востока на запад, грузы — в основном уголь, металл, нефтяные и химические. Темпы роста промышленности и погрузки на самом Урале наивысшие по Российской Федерации. На этапе 2013 г. суммарная погрузка Свердловской и Южно-Уральской железных дорог может превысить погрузку Западно-Сибирской, лидирующей по погрузке дороге. Однако по Уралу нет резервного маневра в направлении Европейской части, а значит — и в направлении портов и сухопутных переходов в Европу. В близкой перспективе будут исчерпаны пропускные способности всех трех выходов Транссиба с Урала на Запад (Пермский, Дружининский, Кропачёвский), а также линии Магнитогорск — Уфа.

На Свердловской железной дороге наиболее исчерпанным по пропускным способностям является Пермский узел и участок Екатеринбург — Богданович. В отношении лимитирующих участков и узлов есть предложения локальных решений, часть из них вошли в «Стратегию-2030». По линии Богданович —

Свердловск есть ряд локальных решений. А в более отдаленной перспективе необходимо радикальное решение по разгрузке Транссиба и формированию новых направлений и связей. Радикальное долговременное решение — система больших транспортных проектов. Они заложены в Генеральной схеме развития железных дорог РФ на период до 2030 г.

Цели инициирования больших транспортных проектов в нашей зоне связаны со стремлением полнее задействовать геоэкономический потенциал срединных регионов страны, которые должны со временем получить развитый веер транспортных коммуникаций для реализации своей интеграционной и транзитной роли. Совокупность первоочередных транспортных проектов различного масштаба и уровня направлена на решение следующих транспортно-экономических задач:

— Транспортное обустройство территорий нового освоения и территорий локализации экономических приоритетов, таких как Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс, Северный Урал, Зауралье и др.

— Освоение новых источников промышленного сырья и топлива на Севере — вдоль Уральского хребта, на Тимане, в Печорском регионе, а в последующем и на севере Сибирского региона для его переработки на предприятиях промышленного пояса страны.

— Постепенный переход от транспортной сети с преимущественно древовидной конфигурации (односвязной сети) к большой транспортной решетке (многосвязной сети). Проект, способствующий формированию большой решетки к востоку от Урала — Северо-Сибирский транспортный ход, снимающий в перспективе избыточную нагрузку с Транссиба, сокращающий транспортное плечо по потокам, зарождающимся в регионах нового освоения. В конечном счете, новый широтный ход станет мощнейшим фактором размещения производства и пространственного развития России. При обосновании отдельных проектов эта системная задача должна всегда учитываться, поскольку большие проекты без учета их взаимодействия и вписания в существующую сеть неизбежно становятся конкурирующими как друг с другом, так и с основной сетью за ресурсы на развитие.

Связующим звеном между локальными проектами усиления сети и большими транспортными проектами должны стать проекты формирования транспортных связей относительно небольшой протяженности, но эффективно сопрягающих локальные территориаль-

ные транспортные системы и транспортные узлы, расположенные на сопредельных территориях. В первую очередь, речь идет об инициировании железнодорожных линий макрорегионального значения, таких как Тобольск — Тавда, Пермь — Чернушка, Сибай — Оренбург и некоторых других. Особенность таких проектов в том, что они позволяют спрямить существенные грузопотоки, движущиеся между сопредельными регионами, разгрузить лимитирующие узлы и перегоны, а также в том, что такие линии пройдут по депрессивным территориям, не выступающим в настоящее время в качестве грузообразующих. То есть обоснование таких линий может быть выполнено, в первую очередь, по условиям пропуска транзита. Поэтому даже при небольшой их протяженности они могут быть адекватно обоснованы лишь относительно надрегиональной системы отчета затрат и результатов в приростной методологии проектного анализа, предполагающей сравнение динамической ситуации при реализации названных проектов с ситуацией отказа от них. Кроме того, такие проекты будут порождать позитивные внутранспортные эффекты на территориях непосредственного прохождения.

Таким образом, по подобным проектам видны интересы развития транспортной системы в лице как перевозчиков и операторов, так и владельцев инфраструктуры (самой сети), интересы конкретных грузообразующих предприятий и их групп, интересы регионов. Оценка эффектов каждого из них могла бы стать основой формирования проектных пулов для инвестирования на принципах государственно-частного партнерства и партнерства сопряженных регионов.

Результатом реализации даже одного из таких проектов сооружения линий второго уровня станут ячейки макрорегиональной транспортной решетки, то есть конфигурация сети как на общенациональном, так и на региональном уровне имеет тенденцию к решетчатости. При этом любой элемент сети, любая дуга графа сети адекватно оценивается в составе региональной транспортной системы, выходящей далеко за рамки отдельного региона — субъекта РФ [10].

Итак, полигон обслуживания Свердловской железной дороги в основном имеет древовидную структуру сети с радиально-кольцевыми элементами в направлении Екатеринбург — Нижний Тагил, Екатеринбург — Алапаевск. А решетчатая конфигурация транспортной сети является эталоном развития региона.

Авторами статьи проведена работа по рационализации транспортной сети на основе применения искусственного интеллекта, в частности, теории нечетких множеств и генетических алгоритмов. Эти методы хорошо позволяют решать поставленную задачу в условиях неопределенности информации.

### **Построение имитационной модели реальной транспортно-логистической сети региона на примере лесопромышленного комплекса**

В качестве предмета исследования авторами статьи выбраны отходы предприятий лесопромышленного комплекса, которые могут играть существенную роль в экономике Уральского региона России и в частности — Свердловской области.

Россия — крупная энергетическая держава. Две трети ее экспорта приходится на нефть и газ. Однако на мировых рынках спрос на первичные энергоносители и сырье падает, а спрос на альтернативные виды энергии, в частности, на биотопливо растет. Ожидается, что к 2020 г. в Европейском Союзе уровень использования возобновляемых источников энергии, в частности биомассы, достигнет 20% [13].

Россия обладает богатейшими ресурсами древесной биомассы. Средняя площадь лесов и лесных земель на одного жителя Европы — 1,4 га. Для Российской Федерации этот показатель составляет 5,8 га.

В России выделяются три ведущих района по лесозаготовке:

- Северный (Архангельская область);
- Восточно-Сибирский (Иркутская область, Красноярский край);
- Уральский (Свердловская область и Пермский край).

Значительным объемом лесных ресурсов и древесной биомассой обладает Свердловская область.

По статистике в традиционном производственно-технологическом цикле только 28% от срубленного дерева становится пиломатериалами и другой продукцией, остальное составляют отходы. Они являются идеальным сырьем для переработки и в последние годы начинают привлекать все большее внимание производителей твердого биотоплива. Однако в Свердловской области эти отходы пока не нашли широкого применения по технологическим и экономическим причинам. Задача региона — создать благоприятные условия для развития этого направления, и роль транспортной сети здесь огромна.

Анализ земель лесного фонда Свердловской области выявил, что по состоянию на 1 января 2013 г. их общая площадь составила 15247,565 тыс. га. Выявлено, что в соответствии с приказом Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз), приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 16.10.2008 г. №313 «Об определении количества лесничеств на территории Свердловской области и установлении их границ» в границах административных районов организовано 31 лесничество [7].

При росте оборота биомассы регионы хотят использовать свой потенциал в цепи поставок биомассы [1]. Однако существуют проблемы:

- из-за низкой плотности энергии биомассу не выгодно транспортировать на большие расстояния, и значит, должны быть обоснованы расстояния до места производства;
- при обработке биомасс не могут быть использованы те же исходные данные, процессы и оборудование, что и для первичных источников энергии, например — угля;
- адаптация к постоянно растущему рынку требует новой логистической инфраструктуры, включающей многофункциональные склады с контролируемыми условиями хранения биомассы, дробильное оборудование, специальный подвижной состав и др.

Для решения перечисленных проблем необходима комплексная логистическая поддержка бизнес-процессов в экономике региона, включающая необходимый состав логистических услуг. Она должна обеспечить адекватное рыночной ситуации размещение логистических платформ с логистическими центрами, где имеется необходимый уровень запасов (по объему и ассортименту) в них, рационализацию маршрутов и способов транспортировки в условиях перехода на альтернативные источники энергии.

### **Применение методов искусственного интеллекта к задачам развития транспортно-логистической сети**

Алгоритм решения задачи оптимального размещения логистической сети включает несколько этапов:

- 1) прогноз транспортных потоков на основе анализа объемов производства и анализа клиентской среды;
- 2) определение необходимого количества логистических платформ на территории исследуемого региона;
- 3) разделение региона на зоны (кластеры) с использованием методов искусственного интеллекта;

- 4) построение модели транспортной сети;
- 5) верификация математической модели к реальной транспортно-логистической сети региона;
- 6) выработка конкретных предложений по совершенствованию транспортной сети.

Вопрос оптимального размещения производительных сил всегда играл важную роль в региональной логистике, и к проблеме определения места размещения логистического центра обращались многие ученые [4, 8, 12, 14].

Для решения задачи оптимального разбиения территории на логистические зоны был использован подход авторов [5, 6]. Задача определения оптимального количества зон логистического обслуживания и их расположения фактически является задачей сегментации рынка. С точки зрения математики такая задача сводится к задаче кластеризации заданного множества, то есть его разбиения на некоторое количество непересекающихся подмножеств. При таком подходе широко используется кластерный анализ, основанный на оптимизации некоторой целевой функции, определяющей оптимальное в некотором смысле разбиение множества объектов на кластеры.

Использование методов искусственного интеллекта, в частности теории нечетких множеств применительно к кластерному анализу, основано на том свойстве, что при решении задач структуризации сложных систем большинство создаваемых классов объектов по своей природе имеют высокую степень неопределенности. Требование же нахождения однозначной кластеризации элементов исследуемой проблемной области является грубым и жестким. Задачей нечеткой кластеризации является нахождение нечеткого разбиения множества элементов исследуемой совокупности, которые образуют структуру нечетких кластеров, присутствующих в рассматриваемых данных. Эта задача решается нахождением степеней принадлежности элементов множества искомым нечетким кластерам, которые в совокупности и определяют нечеткое разбиение исходного множества рассматриваемых элементов. В общем случае задача нечеткой кластеризации ставится следующим образом.

Пусть исследуемая совокупность данных представляет собой конечное множество элементов  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , которое называется множеством объектов кластеризации. При этом натуральное  $n$  определяет общее количество объектов данных.

Предполагается, что искомые нечеткие кластеры представляют собой нечеткие множе-

ства  $A_k$ , образующие нечеткое покрытие исходного множества объектов кластеризации  $A = \cup A_k = A$ , для которого выполняется условие

$$\forall a_i \in A: \sum_{k=1}^c \mu_{A_k}(a_i) = 1, \quad (1)$$

где  $c$  — предварительно заданное количество нечетких кластеров  $A_k, k = 2, \dots, c$ .

Для каждого кластера существуют так называемые типичные представители или центры  $v_k$  искомым нечетких кластеров  $A_k, k = 2, \dots, c$ , которые рассчитывается для каждого кластера по формуле

$$v_k = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{A_k}(a_i))^m \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n (\mu_{A_k}(a_i))^m}, \quad (2)$$

где  $m \geq 1$  — некоторый действительный параметр, называемый экспоненциальным весом.

В качестве целевой функции рассматриваем сумму квадратов расстояний от объектов кластеризации до центров кластеров:

$$f(A_k, v_k) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c (\mu_{A_k}(a_i))^m (x_i - v_k)^2. \quad (3)$$

В общем случае в такой постановке задача нечеткой кластеризации относится к задачам нелинейного программирования.

Самостоятельным вопросом, решение которого предшествует определению границ логистических зон, является определение количества таких зон на полигоне обслуживания. Число зон и их географическое размещение определяются местоположением потребителей и производителей. Главными критериями организации зоны обслуживания являются

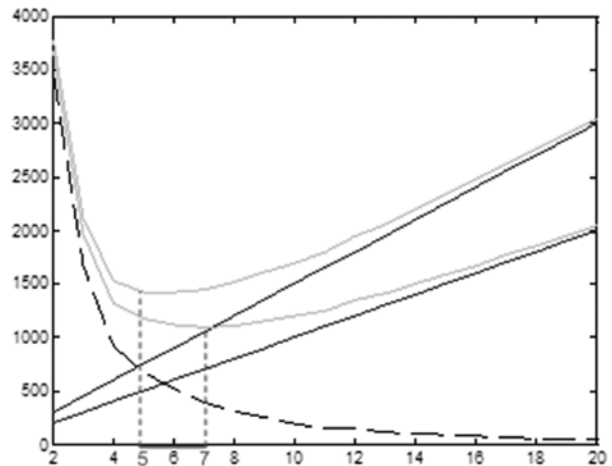


Рис. 1. Определение оптимального количества логистических платформ

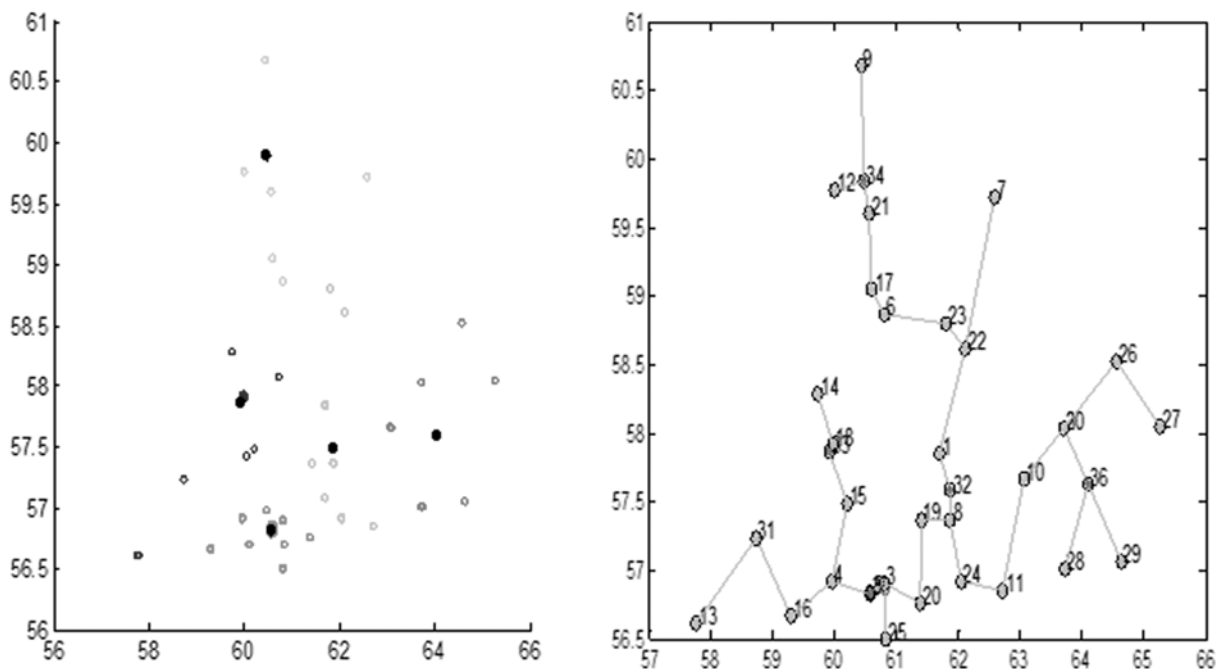


Рис. 2. Модель для 5 логистических платформ

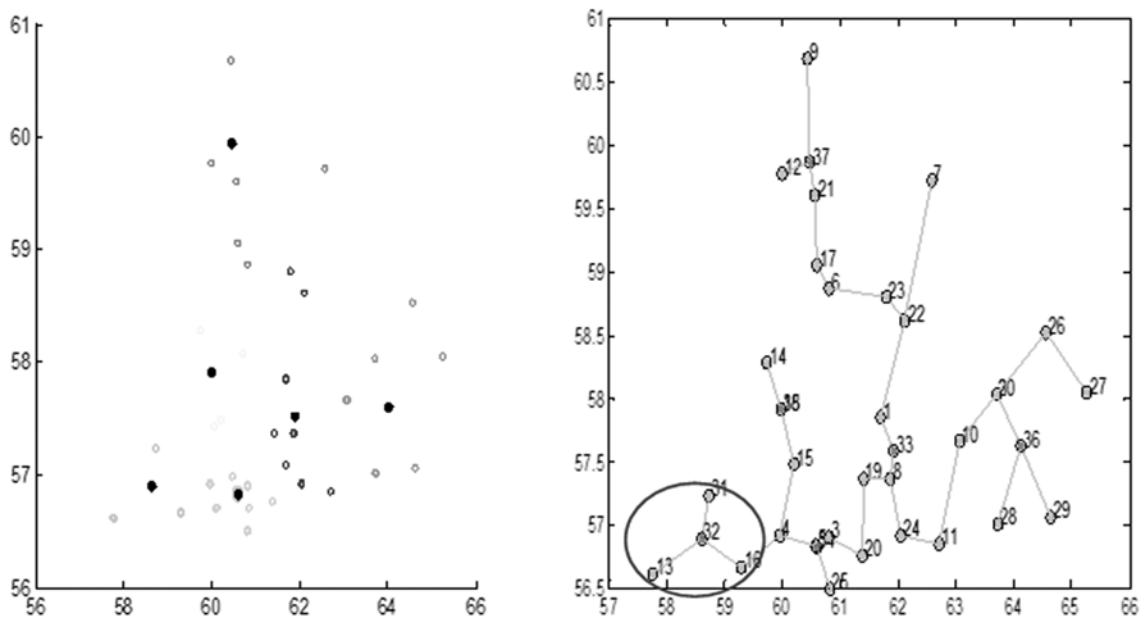


Рис. 3. Модель для 6 логистических платформ

обеспечение должного качества обслуживания или минимизация логистических затрат. Если в расчетную модель заложены минимальные и максимальные цены на складирование и транспортировку, то полученный результат имеет не точечное значение, а некоторый набор допустимых значений.

На рис. 1 пунктирной линией построен график стоимости транспортировки древесных пеллет по полученным кластерам, в предположении, что склад готовой продукции находится в центре кластера. Прямыми линиями пока-

заны расходы на складирование с минимальными и максимальными ценами на склады. Таким образом, две верхние кривые показывают суммарные расходы на транспортировку и складирование продукта при минимальных и максимальных ценах на склады. По оси абсцисс откладывается количество кластеров, а по оси ординат – стоимость, в тыс. руб.

При данной постановке задачи оптимальное количество логистических платформ Свердловской области находится в диапазоне от 5 до 7.

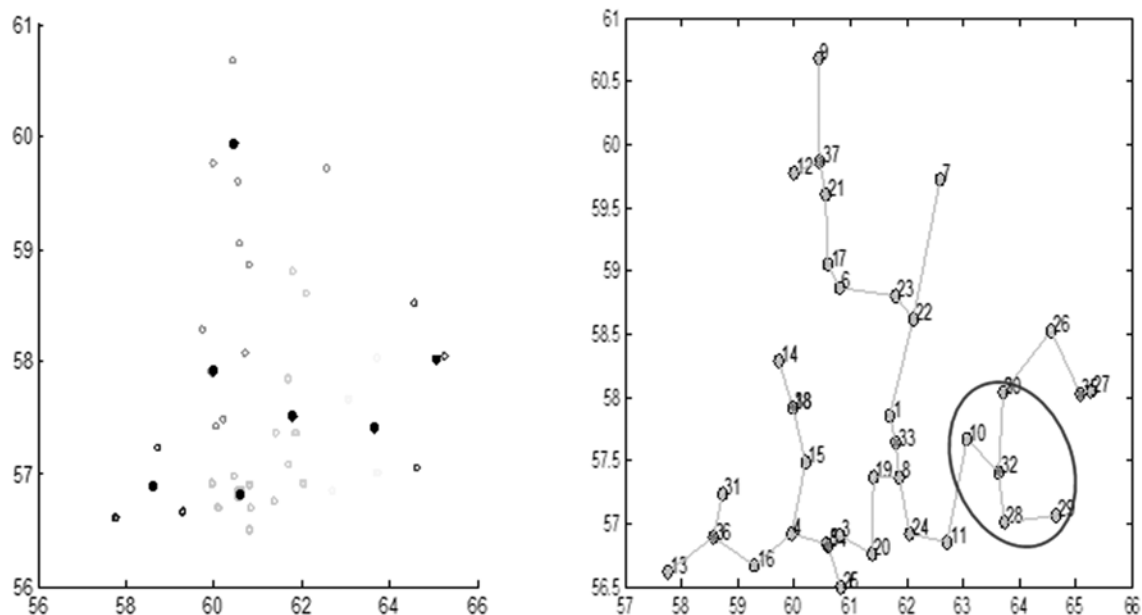


Рис. 4. Модель для 7 логистических платформ

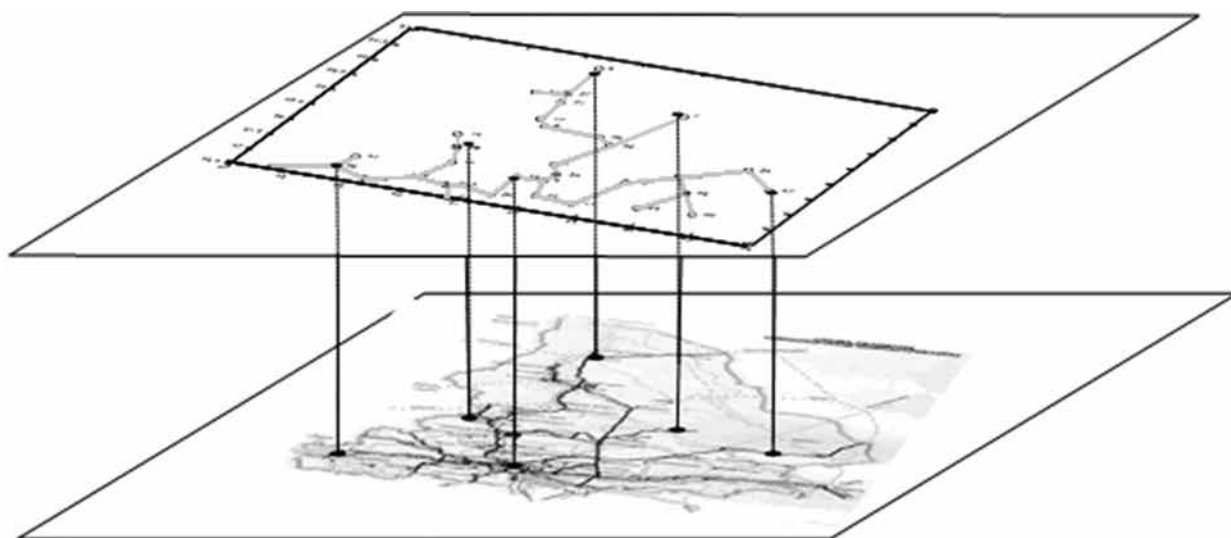


Рис. 5. Верификация математической модели к реальной транспортной сети региона

На рис. 2–4 для каждого значения из полученного диапазона проведено оптимальное разбиение Свердловской области на кластеры и смоделирована транспортная сеть.

Анализ полученных результатов показал, что независимо от количества логистических платформ в регионе существует инвариантный остов (или ствол) транспортной сети, он устойчив. Вариации же конфигурации сети — ветви, или линии второго уровня, должны отражать специализацию области, например переход от горно-рудной специализации к лесной. Для Большого Урала линии второго уровня (ветви) играют не менее значимую роль, чем ствол.

Важным выводом является также приоритетность выбора того варианта размещения логистических платформ, который ближе к ре-

альной топологии (рис. 5), так как сеть — это накопленный результат, она не исчезает.

### Заключение

Авторами статьи предпринята попытка разработать модель рациональной железнодорожной транспортно-логистической сети, ориентированной на развитие территорий, обладающих ценными запасами и потенциально грузообразующих, но в настоящее время депрессивных. С этой целью в работе проанализированы возможные варианты размещения логистических центров на основе объемов лесных запасов и прогнозируемых объемов биомассы, а также центров распределения продукции на основе анализа размещения потенциальных потребителей. Такими ресурсами

обладают обширные территории преимущественно на севере страны. Особенностью подхода, предлагаемого в статье, является применение методов искусственного интеллекта. Авторами используется теория нечетких множеств, в частности, метод нечеткой кластеризации, который позволил смоделировать оп-

тимальную для данной задачи транспортную сеть региона и в перспективе выработать рекомендации для региональных схем развития и размещения производительных сил и целевых программ развития транспортно-логистической сети.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты № 11-07-00245; 12-07-13116\_офи\_м\_РЖД, а также программы Президиума РАН №31, проект №12-П-47-2013.*

### Список источников

1. Андрианова Е. Логистическая поддержка ресурсосберегающей деятельности промышленных структур // РИСК: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. — 2012. — №1 [электронный ресурс]. URL: <http://www.beintrend.ru/2012-10-03-15-03-12> (дата обращения 11.03.2013.)
2. Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок: 2-е изд. / [Пер. с англ. Н. Н. Барышниковой, Б. С. Пинскера]. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. — 640 с.
3. Журавская М. А. IV Международный симпозиум Ассоциации железнодорожных университетов и организаций Европы и Азии // Инновационный транспорт. — 2011. — №1. — С. 43-47.
4. Журавская М. А. Вопросы формирования мезологистической системы на примере оптимизации структуры сети // Транспорт Урала. — 2007. — № 1(12). — С. 2-6.
5. Журавская М. А., Тарасян В. С. Идентификация и сегментация логистических зон утилизации старых автомобилей на основе теории нечетких множеств // Транспорт Урала. — 2010. — № 3 (26). — С. 29-33.
6. Журавская М. А., Тарасян В. С. Искусственный интеллект в некоторых задачах моделирования и планирования логистических систем // Вестник науки Кустанайского социально-технического университета им. Академика Зулхарнай Алдамжар. — 2012. — № 3. — С. 84-91.
7. Инвестиционный портал Свердловской области [электронный ресурс]. URL: <http://invest.midural.ru/ru/proekty/> (дата обращения 21.01.2013.)
8. Кайгородцев А. А., Рахмангулов А. Н. Система методов выбора места размещения логистического распределительного центра // Современные проблемы транспортного комплекса России. — Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2012. — Т. 2. — С. 23-37.
9. Лесные ресурсы России [электронный ресурс]. URL: <http://www/r-les.ru/lesa-rossii/lesnye-resursy.html> (дата обращения 11.03.2013.)
10. Петров М. Б. Геополитический аспект ресурсной специализации и ресурсной обеспеченности региона // Вестник УГТУ-УПИ. — 2010. — №2. — С. 113-124. (Экономика и управление).
11. Петров М. Б. Обновление экономической парадигмы как предпосылка успешной модернизации российской экономики // Вестник УрГУПС. — 2011. — №2. — С. 23-31.
12. Burak Erkaýtan, Emin Gundogar, Gokay Akkaya, Mumtaz Ipek. A fuzzy topsis approach for logistics center location selection. // Journal of Business Case Studies. The Clute Institute, Littleton, Colorado. — 2011. — V.7. — No 3 (May/June). — P. 49-55.
13. Communication from the commission to the council and the European Parliament. Renewable Energy Road Map // [COM(2006) 848] [electronic resource]. URL: [ec.europa.eu/energy/energy...doc...renewable...roadmap](http://ec.europa.eu/energy/energy...doc...renewable...roadmap) (time access 11.03.2013.)
14. Kayikci Y. A conceptual model for intermodal freight logistics center location decisions // Procedia Social and Behavioral Sciences. — 2010. — № 2. — P. 6297-6311.

### Информация об авторах

**Петров Михаил Борисович** (Екатеринбург, Россия) — доктор технических наук, профессор, руководитель центра развития и размещения производительных сил, Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, e-mail: [michpetrov@mail.ru](mailto:michpetrov@mail.ru)).

**Тарасян Владимир Сергеевич** (Екатеринбург, Россия) — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Мехатроника», Уральский государственный университет путей сообщения (620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, e-mail: [vtarasyan@gmail.com](mailto:vtarasyan@gmail.com)).

**Журавская Марина Аркадьевна** (Екатеринбург, Россия) — кандидат технических наук, доцент, директор департамента международных связей, Уральский государственный университет путей сообщения (620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, Б2-44, e-mail: [MZhuravskaya@usurt.ru](mailto:MZhuravskaya@usurt.ru)).

**M. B. Petrov, V. S. Tarasyan, M. A. Zhuravskaya**

### Railway optimal network simulation for the development of regional transport-logistics system

*The dependence of logistics on mineral fuel is a stable tendency of regions development, though when making strategic plans of logistics in the regions, it is necessary to provide the alternative possibilities of power-supply sources change together with population*



density, transport infrastructure peculiarities, and demographic changes forecast. On the example of timber processing complex of the Sverdlovsk region, the authors suggest the algorithm of decision of the optimal logistics infrastructure allocation.

The problem of regional railway network organization at the stage of slow transition from the prolonged stagnation to the new development is carried out. The transport networks' configurations of countries on the Pacific Rim, which successfully developed nowadays, are analyzed.

The authors offer some results of regional transport network simulation on the basis of artificial intelligence method. These methods let to solve the task with incomplete data. The ways of the transport network improvement in the Sverdlovsk region are offered.

**Keywords:** transport network, regional logistics system, timber processing complex, simulation, artificial intelligence

This article is partly supported by Russian Fund for Basic Research, projects No. 11-07-00245; 12-07-13116\_ofi\_m\_RzhD, and also by programs of Presidium of the Russian Academy of Sciences No. 31, project No. 12-P-47-2013.

## References

1. Andrianova Ye. (2012). Logicheskaya podderzhka resursosberegayushchey deyatelnosti promyshlennykh struktur [Logistic support of resource-saving activity of industrial structures]. RISK: resursy, informatsiya, snabzhenie, konkurentsia [Risk: resources, information, supply, competition], 1. Available at: <http://www.beintrend.ru/2012-10-03-15-03-12> (date of access: 11.03.2013.)
2. Bowersox Donald J., Kloss David J. (2008). Logistika: integrirovannaya tsep postavok: 2-e izd. [Logistics: the integrated chain of deliveries: 2-d ed.] Translation from English: Baryshnikova N.N., Pinsker B.S. Moscow, ZAO Olympus-business, 640.
3. Zhuravskaya M. A. (2011). IV Mezhdunarodnyy simpozium Assotsiatsii zheleznodorozhnykh universitetov i organizatsiy Yevropy i Azii [4 International Symposium of an Association of Railway Universities and Organizations of Europe and Asia]. Innovatsionnyy transport [Innovative Transport], 1, 43-47.
4. Zhuravskaya M. A. (2007). Voprosy formirovaniya mezologicheskoy sistemy na primere optimizatsii struktury seti [Questions of the mesological system development on the example of network structure optimization]. Transport Urala [Transport of Ural], 1(12), 2-6.
5. Zhuravskaya M. A., Tarasyan V. S. (2010). Identifikatsiya i segmentatsiya logicheskikh zon utilizatsii starykh avtomobiley na osnove teorii nehotnykh mnozhestv [Identification and segmentation of logistic zones of utilization of old cars on the basis of the fuzzy sets theory]. Transport Urala [Transport of Ural], 3 (26), 29-33.
6. Zhuravskaya M. A., Tarasyan V. S. (2012). Iskusstvennyy intellekt v nekotorykh zadachakh modelirovaniya i planirovaniya logicheskikh sistem [Identification and segmentation of logistic zones of old cars' utilization on the basis of fuzzy sets theory]. Vestnik nauki Kustanayskogo sotsialno-tekhnicheskogo universiteta im. Akademika Zulkharnay Aldamzhar [The Messenger of Science of the Kustanay Social and Technical University named after the Academician Zulkharnay Aldamzhar], 3, 84-91.
7. Investitsionnyy portal Sverdlovskoy oblasti [Investment web page of Sverdlovsk region]. Available at: <http://invest.midural.ru/ru/proekty/> (date of access: 21.01.2013.)
8. Kaygorodtsev A. A., Rakhmangulov A. N. (2012). Sistema metodov vybora mesta razmeshcheniya logicheskogo raspredelitel'nogo tsentra [System of methods of choice of a place for logistic distribution center]. Sovremennyye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern problems of transport system of Russia]. Publ. of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Vol. 2, 23-37.
9. Lesnyye resursy Rossii [Forest resources of Russia]. Available at: <http://www/r-les.ru/lesa-rossii/lesnye-resursy.html> (date of access: 11.03.2013).
10. Petrov M. B. (2010). Geopoliticheskiy aspekt resursnoy spetsializatsii i resursnoy obespechonnosti regiona [Forest resources of Russia]. Vestnik UGTU-UPi [Messenger of Ural State Technical University], 2, 113-124. (Economics and Management).
11. Petrov M. B. (2011). Obnovleniye ekonomicheskoy paradigmy kak predposylka uspekhnoy modernizatsii rossiyskoy ekonomiki [The economic paradigm updating as a precondition of successful modernization of the Russian economy]. Vestnik UrGUPS [Messenger of USURT], 2, 23-31.
12. Burak Erkayman, Emin Gundogar, Gokay Akkaya, Mumtaz Ipek (2011). A fuzzy topsis approach for logistics center location selection. Journal of Business Case Studies. The Clute Institute, Littleton, Colorado. V.7, 3, 49-55.
13. Communication from the commission to the council and the European Parliament. Renewable Energy Road Map. Available at: [ec.europa.eu/energy/energy...doc...renewable...roadmap](http://ec.europa.eu/energy/energy...doc...renewable...roadmap) (date of access: 11.03.2013).
14. Kayikci Y. (2010). A conceptual model for intermodal freight logistics center location decisions. Precede Social and Behavioral Sciences, 2, 6297-6311.

## Information about the authors

**Petrov Mikhail Borisovich** (Yekaterinburg, Russia) — Doctor of Economics, Professor, Head of the Center for Development and Economics of Location, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (29, Moskovskaya st., Yekaterinburg, 620014, Russia) e-mail: [michpetrov@mail.ru](mailto:michpetrov@mail.ru).

**Tarasyan Vladimir Sergeevich** (Yekaterinburg, Russia) — PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at the Chair for Mechatronics, the Ural State University of Means of Communication (66, Kolmogorova st., Yekaterinburg, 620034, Russia, e-mail: [vtarasyan@gmail.com](mailto:vtarasyan@gmail.com)).

**Zhuravskaya Marina Arkadyevna** (Yekaterinburg, Russia) — PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Department of International Relations, the Ural State University of Means of Communication (66, Kolmogorova st., Yekaterinburg, 620034, Russia, e-mail: [MZhuravskaya@usurt.ru](mailto:MZhuravskaya@usurt.ru)).