

# ОРГАНИЗАЦИЯ И ЛОГИСТИКА

УДК 658.014

В. М. Сай, С. В. Сизый

## О моделировании взаимодействия автомобильного, авиационного (малая авиация) и железнодорожного транспорта в области пассажирских перевозок

UDC 658.014

V. M. Say, S. V. Sizi

## On modelling the interaction of automotive, aviation (light aircraft) and railway transport in field of passenger transportation

### Аннотация

Взаимодействие хозяйствующих субъектов автомобильного, авиационного (малая авиация), железнодорожного транспорта и региональных властных структур представлено как элементы некоторой объемной сети. Слои многослойной сетевой модели представлены в виде транспортных сетей на территории области, сети населенных пунктов, размещения производств, перспективы экономического развития и др. При этом каждая плоскость интерпретируется как самостоятельная сетевая под-модель. Графически модель взаимодействия видов транспорта и региональных властных структур будет представлена как многослойная сетевая модель (сэндвич-модель).

Преимущества предлагаемой модели заключаются в возможности выполнения над моделью различных гомоморфных преобразований; детализации модели за счет дальнейшего «расслоения» рассматриваемых плоскостей, разделение их на несколько уровней и др. Сетевая диаграмма модели соответствует географическому расположению моделируемой сети автомобильных и железных дорог, сети воздушных сообщений, административно-территориальным образованиям.

Сетевая модель является наиболее подходящим аппаратом представления и моделирования системы организации взаимодействия видов транспорта, правительства субъекта Российской Федерации и хозяйствующими субъектами, расположенными на их территории.

### Ключевые слова:

взаимодействие видов транспорта, объемные сетевые модели, сэндвич-модель, транспортные сети.

### Abstract

Interaction of economic entities of automotive, aviation (light aircraft), railway transport and regional authorities is represented as elements of some volumetric network. The layers of a multilayer network model are represented as transport networks in the region, populated settlement network, production location, prospects of economic development etc. Theoret, each plane is interpreted as in independents network submodel. Graphically, the model of interaction between transport kinds and regional authorities will be represented as a multilayer network model (sandwich model).

Advantages of the suggested model are the possibility of subjecting the model to various homomorphic transformations; model detailing due to further layering of the planes under consideration, their separation into several layers etc. The model network diagram corresponds to the geographic location of the modelled network of highways and railroads, airline system, and political subdivisions.

The network model is the most suitable apparatus for representing and modelling the system of organizing the interaction between transport kinds, government of a Russian Federation constituent entity and economic entities located in them.

### Key words:

interaction between transport kinds, volumetric network models, sandwich model, transport networks.

**Сергей Викторович Сизый**, д-р техн. наук, доцент; кафедра алгебры и дискретной математики Уральского федерального университета; Екатеринбург, Россия. E-mail: sergey.siziy@usu.ru.

**Василий Михайлович Сай**, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: vsay@usurt.ru.

**Sergey Viktorovich Sizi**, DSc in Engineering, Assistant Professor; Algebra and Discrete Mathematics Chair of Ural Federal University; Ekaterinburg, Russia. E-mail: sergey.siziy@usu.ru.

**Vasily Mikhailovitch Say**, DSc in Engineering, Professor; Railway Construction and Railway Track Chair of Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: vsay@usurt.ru.

**И**зменение в стране производственных отношений изменило целеполагание деятельности транспортных компаний — основной их задачей стало получение прибыли. Одновременно они выполняют государственный социальный заказ: перевозят население. Однако сама суть коммерческой организации противоречит безвозмездному или частично финансируемому предоставлению услуг.

Сегодня важно обосновать выстроенные взаимоотношения между компаниями и территориально-административными образованиями области, несущими ответственность за социальное положение проживающего на данной территории населения, реализацию социальных программ, развитие производственной и транспортной инфраструктуры и др. [1].

Главная цель Свердловской области как субъекта Российской Федерации в области транспорта состоит не только и не столько в получении сиюминутных доходов транспортными хозяйствующими субъектами, функционирующими на ее территории, сколько в планомерном развитии транспортных услуг, эффективном развитии транспортной инфраструктуры, создании благоприятной для компаний конъюнктуры рынка и, как следствие, в достижении больших бюджетных поступлений.

Для достижения этой цели необходимы научное обоснование, разработка и организация долгосрочного взаимодействия транспортных компаний с территориально-административными образованиями области в современных условиях рыночной экономики, при оптимальном сочетании интересов транспортных компаний, правительства области и хозяйствующих субъектов на их территории, с учетом социально-экономических особенностей Свердловской области [1, 2].

Система взаимоотношений транспортных компаний с властными

структурами Свердловской области должна учитывать:

а) интересы как правительства Свердловской области, так и хозяйствующих субъектов, функционирующих на ее территории. Она должна быть направлена на увеличение транспортного обслуживания Свердловской области и на увеличение доходности транспортных компаний;

б) комплексный подход, то есть рассматриваются не разрозненные проекты, а оптимизируются программы (комплект проектов). Такой комплект должен быть универсальным, то есть пригодным для использования всеми видами транспорта во взаимоотношениях с правительством области и с муниципальными образованиями;

в) строиться на долгосрочной основе, быть гибкой — адекватно реагировать на изменение внешних воздействий [3, 4].

Для реализации системы взаимоотношений предложена комплексная программа организации взаимодействия, которая включает:

организационную структуру взаимосвязей всех видов транспорта и территориально-административными образованиями области;

обратные связи и учет региональных интересов и особенностей [5, 6];

математическую модель взаимоотношений транспортных компаний, других хозяйствующих субъектов с территориально-административными образованиями области; методики моделирования и расчетов, методы оценки взаимодействия [7, 8];

компьютерные программы, позволяющие формировать и анализировать различные хозяйственные ситуации, проигрывать возможные производственные ситуации и выдавать практические рекомендации по принятию решений.

При моделировании взаимодействия между компаниями и субъектами Российской Федерации применялись сетевые модели, аппарат дис-

кретного сетевого анализа, теории вероятностей, графов и дискретной оптимизации [4–6, 11].

Представим взаимодействие хозяйствующих субъектов автомобильного, авиационного (малая авиация), железнодорожного транспорта и региональных властных структуры как элементы некоторой объемной сети [3, 9]. Тогда процессы взаимодействия между ними будут интерпретированы некоторыми связями.

Такую объемную сложную систему (сеть) будем строить как совокупность простых подсистем, размещенных на плоскости. Таким образом, графически модель взаимодействия всех видов транспорта и региональных властных структур будет представлена как многослойная сетевая модель — сэндвич-модель [4].

Содержательная интерпретация составляющих элементов сэндвич-модели (как составляющие общей сэндвич-модели): правительство Свердловской области; инфраструктура автомобильного транспорта; инфраструктура железнодорожного транспорта; инфраструктура малой авиации; пассажирские перевозки; перевозки грузов и почты; авиационной работы в интересах МЧС России на территории Свердловской области; лесоавиационной работы, авиационно-химической работы в сельском хозяйстве, воздушные съемки, строительные-монтажные и погрузо-разгрузочные работы; полеты спортивной авиации; социально-территориальная (сети населенных пунктов, муниципальных образований и т. п.); региональные хозяйства и промышленные предприятия; административно-управленческая плоскость.

При этом каждая плоскость интерпретируется как самостоятельная сетевая модель (рис. 1).

На рис. 2 показано, как из этих четырех сетевых структур Свердловской области образуется (путем наложения отдельных самостоятельных сетевых слоев) единая комплек-

сная сэндвич-модель транспортной структуры.

Применение таких сэндвич-моделей обусловлено необходимостью отражать в используемых моделях наличие, наложение и взаимодействие на одной территории различных видов транспорта со своими развитыми организационными сетями.

Сэндвич-модель представляет из себя раскрашенную сеть  $G = (N, A)$  с помеченными узлами и ребрами, состоящую из  $k$  штук слоев (или плоскостей). Здесь  $N = N_1 \cup N_2 \cup \dots \cup N_k$  — множество узлов (или вершин), разбитое на  $k$  подмножеств (слоев, плоскостей);  $A$  — множество дуг (или ребер), соединяющих узлы из множества  $N$ . Узлы сети  $G = (N, A)$  будем обозначать буквами  $p_{ij}$ , где  $i$  — номер плоскости, содержащей данный узел,  $j$  — номер узла.

Таким образом,  $p_{ij} \in N_i$ . Ребро, соединяющее узлы  $p_{ij}$  и  $p_{kl}$ , договоримся обозначать символами  $r_{(ij)(kl)}$  или  $(ij) \rightarrow (kl)$  [4].

На рис. 3 приведена диаграмма трехслойной сэндвич-модели. Представление модели в компьютерном виде осуществляется традиционным способом — в виде матриц смежности и меток. Метками узлов и ребер служат векторы, то есть кортежи из числовых данных, характеристик и параметров помечаемого объекта. В дальнейшем будем называть такие кортежи вектор-метками, или векторами параметров. Вектор-метки узлов  $p_{ij}$  и ребер  $r_{(ij)(kl)}$  договоримся обозначать теми же самыми буквами со стрелочками:  $\vec{p}_{(ij)}$  и  $\vec{r}_{(ij)(kl)}$  соответственно.

Приведем краткое описание различных элементов сэндвич-моделей и смысловые интерпретации этих элементов.

Узлы сэндвич-модели  $p_{ij}$  на диаграмме — это населенные пункты, административные единицы, транспортные узлы (автовокзалы, аэродромы, железнодорожные станции), хозяйствующие субъекты, управленческие структуры, банки, дру-



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Примеры слоев многослойной сетевой модели

а — населенные пункты; б — сеть автомобильных дорог; в — сеть территориально-административных образований; г — сеть железных дорог

гие организации и т.п. Вектор-метка  $\vec{p}_{(ij)}$  узла  $p_{ij}$  представляет собой набор параметров  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots)$ , характеризующих данный узел. Это различные числовые характеристики рассматриваемого узла (тип, географическое расположение, мощность, приоритет, финансовые активы, устойчивость, коэффициенты выполнения обязательств и т.п.). Конкретный

выбор таких параметров обусловлен решаемыми задачами.

Ребра рассматриваемой сэндвич-модели могут быть нескольких типов — автомобильная или железная дорога, воздушные коридоры между узлами, информационные связи (в том числе директивное подчинение), контрактные (договорные) связи, иные производственные, фи-

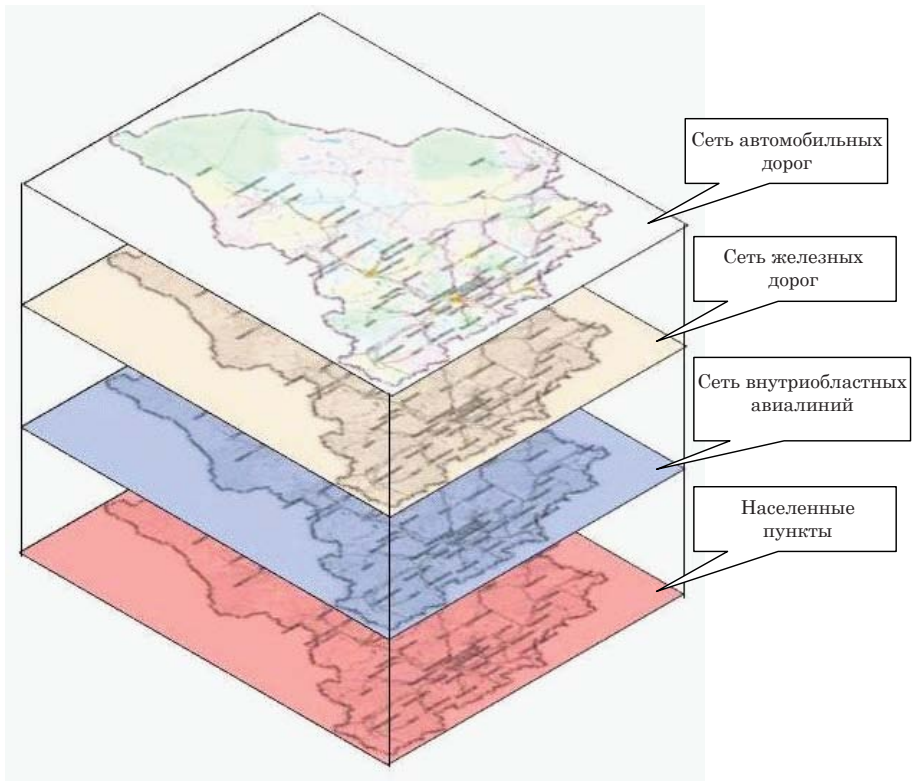


Рис. 2. Фрагмент общей сэндвич-модели транспортной системы Свердловской области

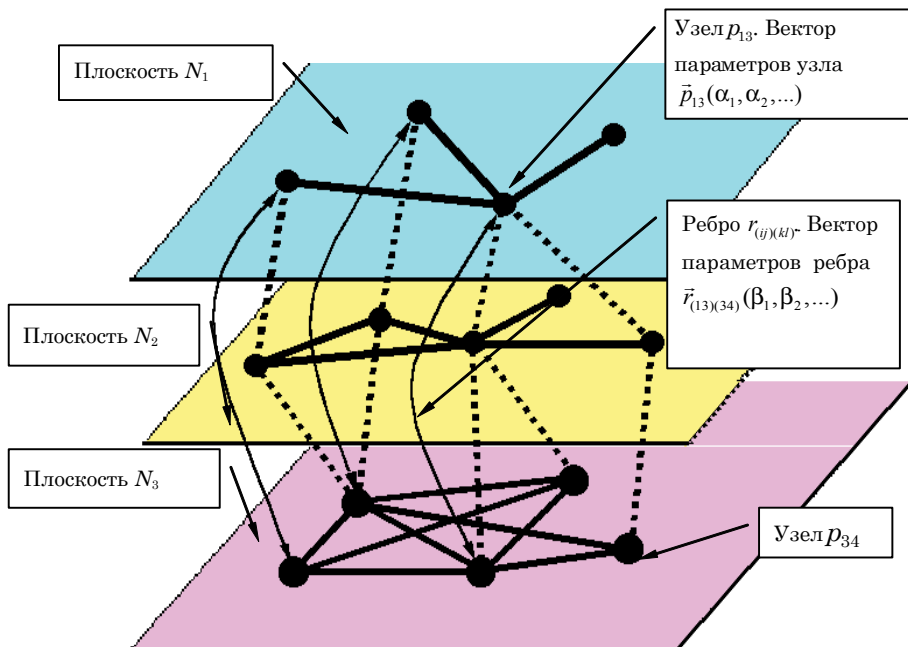


Рис. 3. Пример диаграммы трехслойной сэндвич-модели [4]

нансовые и административные связи между рассматриваемыми субъектами.

Так, например, ребрами сэндвич-модели для малой авиации могут быть: социально значимые перевозки; бизнес-перевозки; оказание помощи пострадавшим в ДТП, проведение противопаводковых работ, тушение природных пожаров; обеспечение оперативного круглосуточного использования малой авиации в режиме скорой медицинской помощи; туризм; спортивное направление.

Таким образом, представленная сэндвич-модель может отражает все необходимое многообразие связей и все необходимые аспекты взаимодействия между видами транспорта, хозяйствующими субъектами и административными структурами.

Ребра  $r_{(kj)(kl)}$  между узлами, лежащими на одной плоскости  $N_k$  — внутрисетевые связи одной из рассматриваемых сетей (автомобильный, воздушный, железнодорожный транспорт, хозяйствующие субъекты, населенные пункты и т. д.; см. рис. 1). Это могут быть директивно-распорядительные связи, договорные отношения, финансовые и ресурсные потоки, информационные связи и т. д. Вектор-метки  $\vec{r}_{(kj)(kl)}(\beta_1, \beta_2, \dots)$  указанных ребер содержат численные характеристики и показатели ( $\beta_1, \beta_2, \dots$ ) такого сорта связей: их тип, стоимость перевозок, длину путей между узлами, величины ресурсных или финансовых потоков, количественные показатели контрактов и договорных обязательств между узлами, сроки и объемы поставок и т. п.

Ребра  $r_{(ij)(kl)}$  между узлами  $p_{ij}$  и  $p_{kl}$ , лежащими в разных плоскостях  $N_i$  и  $N_k$ , — связи между узлами различных сетей, отражающие и формализующие взаимодействие различных рассматриваемых структур. Ребра между узлами различных плоскостей могут символизировать законодательные и нормативные отношения между рассматриваемыми субъектами, информационные связи меж-

ду ними, договорные отношения, финансовые и ресурсные потоки и т. д., словом, все те аспекты взаимодействия между различными плоскостями экономики регионов и структур железнодорожного транспорта, которые подлежат моделированию и изучению. Вектор-метки  $\vec{r}_{(ij)(kl)}(\beta_1, \beta_2, \dots)$  таких ребер содержат численные характеристики ( $\beta_1, \beta_2, \dots$ ) и показатели взаимодействия между элементами различных плоскостей: величины финансовых и ресурсных потоков, суммы кредитов и задолженностей, претензии сторон, параметры договорных связей, информационных связей и т. п.

На основе предлагаемой модели можно разработать интегральные характеристики взаимодействия между различными видами транспорта (плоскостями), которые складываются из показателей отдельных вектор-меток связей между рассматриваемыми плоскостями.

Преимущества предлагаемой модели заключаются в возможности ее детализации за счет дальнейшего «расслоения» рассматриваемых плоскостей — разделения их на несколько уровней. Такая процедура соответствует формализации и выделению в отдельное рассмотрение различных подструктур конкретного вида транспорта или различных функциональных направлений отдельного вида транспорта.

Предусмотрена возможность внесения в модель (в метки узлов и ребер) любого количества интересующих параметров, могущих влиять на исследуемые процессы взаимодействия. Это обстоятельство весьма существенно, так как на начальном этапе исследований еще не ясно, какие из характеристик и параметров существенны, а какие второстепенны.

Имеется возможность выполнения над моделью различных гомоморфных преобразований (детализация или укрупнение масштаба, внесение дополнительных узлов или их

удаление, объединение узлов в группы и т. д.).

Модель легко может быть реализована на компьютере, а в силу своего сетевого (графического) характера она очень наглядна — в ней хорошо просматриваются организация и хранение числовых данных.

Сетевая диаграмма модели соответствует географическому расположению моделируемой сети автомобильных и железных дорог, сети воздушных сообщений, административно-территориальным образованиям.

Предлагаемая сетевая модель обозрима и вполне доступна в исследовании (в частности, с применением традиционных методов сетевого анализа, теории графов и теории вероятностей).

Итак, в рассматриваемой транспортной сэндвич-модели всегда присутствуют связи двух типов:

— горизонтальные (внутрисетевые, между узлами, находящимися внутри одной функциональной плоскости (одного вида транспорта), не выходящие за ее пределы, не идущие к узлам других видов транспорта (плоскостей));

— вертикальные (между элементами различных функциональных плоскостей (видами транспорта, административно-территориальными образованиями и др.).

Каждый слой сэндвич-модели представляет собой сетевую модель функциональных структур со своими узлами и связями между ними.

Вертикальные связи между плоскостями сэндвич-модели (узлами видов транспорта и административно-управленческими узлами), а также их численные характеристики отражают процессы взаимодействия рассматриваемых плоскостей между собой, а в итоге формализуют различные аспекты взаимоотношений транспортного комплекса с экономическими и административно-управленческими структурами (плоскостями) региона.

При решении прикладных задач может потребоваться более детальное рассмотрение какого-то фрагмента общей сэндвич-модели. Такие подмодели при небольшом количестве элементов и связей должны сохранять все моменты, необходимые для решения поставленных задач. Графически это можно представить как вертикальное сечение общей сэндвич-модели.

Под вертикальным сечением, трубкой или вертикальным цилиндром называют произвольную подмодель  $V = (M, A|_M)$  сэндвич-модели  $G = (N, A)$ , которая сама является сэндвич-моделью со всеми соответствующими связями как в выделенных фрагментах каждой из плоскостей, так и между фрагментами различных плоскостей. Здесь  $M \subseteq N$ ;  $M = M_1 \cup M_2 \cup \dots \cup M_k$  — соответствующее исходной модели  $G = (N, A)$  разбиение узлов сечения по плоскостям, то есть  $M_i \subseteq N_i$  для всех  $1 \leq i \leq k$ ;  $A|_M$  означает ограничение множества связей  $A$  исходной модели лишь на узлы подмножества  $M$  [5].

В зависимости от поставленной задачи исследований вполне допустимо рассмотрение более простых образований — частичных подмоделей (обедненных подмоделей), получающихся из различных вертикальных сечений общей сэндвич-модели.

Частичной вертикальной трубкой, или обедненной подмоделью, будем называть произвольную подмодель  $V = (M, B)$  сэндвич-модели  $G = (N, A)$ , также являющуюся сэндвич-моделью; при этом  $M \subseteq N$ , а  $B \subseteq A|_M$  — некоторое подмножество из общего числа связей между элементами соответствующей.

Пример диаграммы вертикального сечения некоторой общей сэндвич-модели представлен на рис. 4.

При формировании вертикального сечения общей сэндвич-модели сначала выбирается некоторая базовая плоскость, на которой выделяется соответствующая плоскостная подструктура (например, административное

образование, территория и т. д.). Затем в данную вертикальную трубку заносятся все хозяйствующие субъекты, взаимодействующие с выделенным фрагментом базовой плоскости.

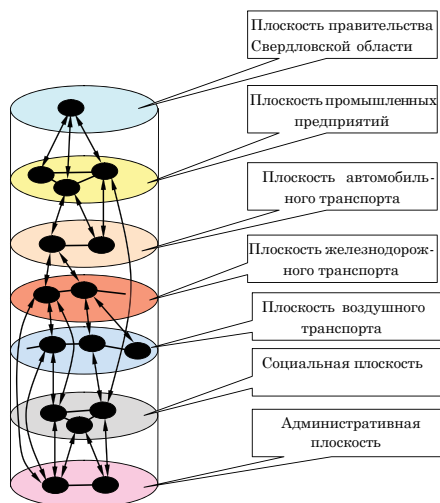


Рис. 4. Пример диаграммы вертикального сечения общей сэндвич-модели

Для обоснования транспортной системы Свердловской области рассмотренная графоаналитическая сэндвич-модель позволяет рассчитывать транспортную сеть, оценивать ее, формировать методики количественных оценок взаимодействия видов транспорта, сравнивать деятельность транспортных компаний в различных районах области, проигрывать на компьютере различные производственные сценарии и оценивать их, то есть формировать транспортную политику в регионе.

Предлагаемое модельное представление [10, 14] позволяет исследовать транспортную систему Свердловской области на прочность, устойчивость транспортных связей [12, 13], достаточность транспортных связей между территориями [11, 12], определять степень транспортной безопасности предприятий и регионов [15].

Еще одним важнейшим преимуществом предлагаемой модели является возможность вычисления и сведения баланса потоков — грузопо-

токов, пассажиропотоков, иных возможных перевозок и коммуникаций [11,13]. Это крайне необходимо для определения достаточной обеспеченности транспортных связей транспортными средствами и выявления узких мест в транспортной системе Свердловской области.

Для обоснования организации работы по взаимодействиям всех видов транспорта и оценки такого взаимодействия необходимо разработать ряд экономико-математических моделей процессов взаимодействия видов транспорта между собой и с правительством субъекта Российской Федерации.

Таким образом, необходимо:

выполнить анализ внутриотраслевого взаимодействия видов транспорта и их взаимоотношения с правительством субъекта Российской Федерации,

выявить интересы взаимодействия каждого вида транспорта с другими видами и с правительством субъекта Российской Федерации,

исследовать на территории субъекта Российской Федерации варианты мультимодальных перевозок,

выполнить прогноз развития процессов взаимодействия между видами транспорта,

определить роль правительства субъекта Российской Федерации в развитии процессов взаимодействия,

обосновать несколько пионерных схем развития процессов взаимодействия, организовать их внедрение,

разработать параметры оценки сотрудничества и сравнительные характеристики взаимодействия,

оценить существующие схемы взаимодействия видов транспорта, их эффективность и качество,

выработать основные приемы и подходы организационного воздействия правительства субъекта Российской Федерации на транспортные хозяйствующие субъекты с целью внедрения ими схем взаимодействия,



предложить механизм самонастраивания взаимодействия видов транспорта, правительства субъекта Российской Федерации, территориально-административных образований.

Решение поставленных задач возможно при разработке экономико-математических моделей и на их основе формирования пакетов программ, что позволит многократное проигрывание производственных сценариев развития транспортной системы субъекта РФ.

К экономико-математическим моделям процессов взаимодействия видов транспорта, правительства субъекта Российской Федерации и территориально-административных образований предъявляются следующие требования: адекватность модели описываемому процессу, учет всех интересующих факторов, наглядность модели и простота ее восприятия, возможность компьютерной реализации, проведения численных экспериментов, проигрывание производственных ситуаций, модель должна обладать возможностью расширения и детализации во всех аспектах взаимодействия, комплексный подход, учет как внутрикорпоративных связей, так и связей с внешним окружением, модель должна являться основным рабочим объектом (рабочей средой) и одновременно базой данных по вопросам взаимодействия компании с регионами.

Итак, с точки зрения поставленных исследовательских задач, сандвич-модели являются наиболее под-

ходящим аппаратом представления и моделирования системы организации взаимодействия видов транспорта, правительства субъекта Российской Федерации и хозяйствующими субъектами, расположенными на их территории.

В результате анализа отечественного опыта установлено следующее. К настоящему моменту отсутствует комплексный подход к моделированию и анализу процессов взаимодействия между собой видов транспорта в области пассажирских перевозок. Отсутствуют универсальные модели и методы, позволяющие изучать разнообразные производственные ситуации взаимодействия с единой точки зрения.

Разработки отечественных ученых дают возможность провести необходимые теоретические исследования и осуществить разработку комплексной системы взаимоотношений видов транспорта.

Предварительный анализ показывает возможность выработки достаточно универсальной системы критериев оценки эффективности взаимодействия видов транспорта.

До настоящего времени не проводились исследования и не выявлялись управляемые и независимые параметры, определяющие сами процессы взаимодействия видов транспорта. Не было проведено структурирование таковых параметров и не изучались механизмы их влияния на конечный результат. Вместе с тем актуальность и выполнимость таких исследований не вызывает сомнений.

### Литература

1. Сай В.М., Сизый С.В., Шутюк С.В. Анализ выразительных возможностей методики формирования коэффициентов состоятельности регионов//Транспорт: наука, техника, управление. 2006. № 11. С. 7–12. ISSN 0236-1914.
2. Сай В.М., Шутюк С.В. Методика формирования коэффициентов и способ оценки априорной состоятельности региона//Транспорт Урала. 2008. № 3. С. 2–12. ISSN 1815-9400.
3. Сай В.М., Шутюк С.В. Моделирование оценки взаимодействия компании «Российские железные дороги» с субъектами Российской Федерации. Монография. М. : ВИНТИ РАН, 2005. С. 140. ISBN 5-902928-06-0.
4. Сай В.М., Шутюк С.В. Моделирование комплексной системы взаимоотношений компании «Российские железные дороги» с регионами//Транспорт Урала. 2004. № 1. С. 11–16. ISSN 1815-9400.

5. Сай В. М., Шутюк С. В., Афанасьева Н. А. Методологические подходы моделирования взаимоотношений компании «Российские железные дороги» с регионами//Транспорт: наука, техника, управление. 2004. № 12. С. 12–15. ISSN 0236-1914.
6. Сай В. М., Шутюк С. В. Интегрированный коэффициент эффективности серии проектов при одновременном взаимодействии ОАО «РЖД» с рядом региональных хозяйствующих субъектов//Транспорт Урала. 2005. № 1. С. 11–6. ISSN 1815-9400.
7. Сай В. М., Сизый С. В., Афанасьева Н. А. Согласование программ развития ОАО «РЖД» с региональными программами развития транспортной инфраструктуры//Транспорт Урала. 2010. № 1. С. 13–16. ISSN 1815-9400.
8. Шутюк С. В., Сай В. М., Афанасьева Н. А. Математическая модель согласования программ развития ОАО «РЖД» в регионе и субъекта РФ//Экономика железных дорог, 2005. № 12. С. 18. ISSN 1727-6500.
9. Сай В. М. Организация содержания транспортной инфраструктуры в сетях с разделенными интересами с применением математической теории автоматов/Сай В. М., Сизый С. В., Вихарев С. В., Варанкина К. А.//Вестник Уральского государственного университета путей сообщения, 2011. № 3. С. 42–53. ISSN 2079-0392.
10. Сай В. М., Сизый С. В. Математическая модель региональной планетарной структуры управления железнодорожным транспортом/Организационно-экономические проблемы транспорта в условиях реформирования: сб. тр. «Фундаментальные и прикладные исследования транспорту»; Вып. 20 (102). — Екатеринбург : УрГУПС, 2002. — С. 372–391.
11. Филлипс Д. Методы анализа сетей/Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. — М. : Мир, 1984. — 496 с.
12. Сай В. М., Сизый С. В. Геометрические характеристики организационных сетей//Мир транспорта, 2010. № 4 (32). — С. 10–17. ISSN 1992-3252.
13. Сизый С. В., Маевский В. В. Геометрическая прочность сетей. Признаки и показатели надежности сетевых структур//Транспорт, наука, техника, управление, 2010. — № 11. — С. 13–20.
14. Сай В. М., Сизый С. В. Организационные структуры как мультиоператорные сети. Задачи прочности и устойчивости//Транспорт Урала, 2009. № 2 (21). С. 5–9. ISSN 1815-9400.
15. Сизый С. В. Устойчивость и стабильность предприятий в организационных сетях//Вестник УГУПС, 2010. № 3. — С. 122–127. ISSN 0201-7272.

### References

1. Shutyuk S. V., Say V. M. Modelirovaniye otsenki vzaimodeystviya kompanii «Rossiyskiye zheleznye dorogi» s subyektami Rossiyskoy Federatsii/Monografiya [Modelling the assessment of interaction between Russian Railways and Russian Federation constituent entities. Monograph]. Ekaterinburg : URGUPS, 2005. S. 140. ISSN 0236-1914.
2. Say V. M., Shutyuk S. V. Modelirovaniye kompleksnoy sistemy vzaimootnosheniy kompanii «Rossiyskiye Zheleznye dorogi» s regionami [Modelling the complex system of interrelations between Russian Railways and regions]//Transport Urala, 2004. № 1. S. 11–16. ISSN 1815-9400.
3. Say V. M., Shutyuk S. V., Afanasyeva N. A. Metodologicheskiye podkhody modelirovaniya vzaimootnoscheniy kompanii «Rossiyskiye zheleznye dorogi» s regionami [Methodological approaches to modelling interrelations between Russian Railways and regions]//Transport, nauka, tekhnika, upravleniye. M. : VINITI RAN, 2004. № 12. S. 12–15. ISBN 5-902928-06-0.
4. Say V. M., Shutyuk S. V. Integrirovanny koeffitsient effektivnosti serii proyektov pri odnovernennom vzaimodeystvii ОАО «RZhD» s ryadom regionalnykh khozyastvuyuschikh subyektov [Integrated efficiency coefficient of a series of designs in case of simultaneous interaction between JSC RZD and a number of regional economic entities]//Transport Urala, 2005. № 1 (5). S. 11–6. ISSN 1815-9400.
5. Say V. M., Sizi S. V., Shutyuk S. V. Analiz vyrazitelnykh vozmozhnostey metodiki formirovaniya koeffitsientov sostoyatelnosti regionov [Analyzing expression possibilities of the method for generating regions' coefficients of consistence]//Transport: nauka, tekhnika, upravleniye. 2006. № 11. S. 7–12. ISSN 0236-1914.
6. Shutyuk S. V., Say V. M., Afanasyeva N. A. Matematicheskaya model soglasovaniya program razvitiya ОАО «RZhD» v regione i subyektah RF [Mathematical model for coordination of development programs of JSC RZD in the region and RF constituent entities] Ekonomika zheleznykh dorog. 2005. № 12. S. 18.

7. Say V.M., Sیزی S.V., Afanasyeva N.A. Soglasovaniye programm razvitiya OAO «RZhD» s regionalnymi programmami razvitiya transportnoy infrastruktury [Coordinating development programs of JSC RZD with regional development programs of transport infrastructure] *Transport Urala*. 2010. № 1. S. 13–16.
8. Say V.M., Shutyuk S.V. Metodika formirovaniya koeffitsientov i sposob otsenki aprior-noy sostoyatelnosti regiona [Method for generating coefficients and assessing the region's a priori consistence] *Transport Urala*. 2008. № 3. S. 2–12.
9. Say V.M., Shutyuk S.V. Metodika formirovaniya koeffitsientov i sposob otsenki aprior-noy sostoyatelnosti regiona [Method for generating coefficients and assessing the region's a priori consistence] *Transport Urala*. 2005. № 3. S. 2–12.
10. Say V.M., Sیزی S.V. Matematicheskaya model regionalnoj planetarnoj struktury upravleni-ja zheleznodorozhnym transportom [Mathematical model of regional planetary structure of railway transport management]/*Organizatsionno-ekonomicheskie problemy transporta v usloviyakh reformirovaniya: sb. tr. Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya transportu: — Vyp. 20 (102). — Ekaterinburg : UrGUPS. — 2002. — S. 372–391.*
11. Fillips D. Metody analiza setej [Methods of networks' analysis]/D. Fillips, A. Garsia-Di-as. — M. : Mir, 1984. — 496 s.
12. Say V.M., Sیزی S.V. Geometricheskie kharakteristiki organizatsionnykh setej. [Geometrical characteristics of organizational networks]/*Mir transporta*. 2010, № 4 (32). — S. 10–17. ISSN 1992-3252.
13. Sیزی S.V., Maevskij V.V. Geometricheskaya prochnost setej. Priznaki i pokazateli nadezhnosti setevykh struktur. [Networks' geometrical durability]/*Transport, nauka, tekhnika, upravlenie*. — 2010. — № 11. — S.13–20.
14. Say V.M., Sیزی S.V. Organizatsionnyye struktury kak multioperatornyye seti. Zadachi prochnosti i ustojchivosti. [Organizational structures as multioperational network. Durability and sustainability tasks]/*Transport Urala*. 2009. № 2 (21). S. 5–9. ISSN 1815-9400.
15. Sیزی S.V. Ustojchivost i stabilnost predpriyatij v organizatsionnykh setjakh [Steadiness and stability of enterprises in organizational networks]/*Vestnik RGUPS*, — 2010, — № 3, — S.122–127. ISSN 0201-7272.

*Статья сдана в редакцию 19 августа 2012 года*