НОВЫЙ ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ: ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОНТЕЙНЕРНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Исмаилов Ж.И.,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
ktzrf2015@yandex.ru
Кононов Д.А.
Российский государственный гуманитарный университет
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
dmitrykon52@gmail.com

Аннотация. Рассмотрено текущее состояние и проблемы формирования контейнерных поездов по маршруту и транспортно-логистических центров для «Нового шелкового пути». Предложены принципы формирования поездов на железнодорожном транспорте стран, формирующих грузопотоки. Предложены перспективные модели и методы, позволяющие осуществлять непрерывный поток контейнерных перевозок в международном сообщении в условиях неопределенности в целях повышения эффективности управления.

Ключевые слова: новый шелковый путь, железнодорожный транспорт, контейнерные перевозки, логистика, оптимизация, неопределенность, эффективное управление.

Введение

Предлагаемая работа является продолжением исследований, начатых в [1,2].

В сентябре 2013 года Председатель КНР Си Цзиньпин выдвинул концепцию «Нового шёлкового пути» под лозунгом «Один пояс — один путь», а в мае 2015 года было подписано совместное заявление Президента РФ Владимира Путина и Председателя КНР Си Цзиньпина о сотрудничестве России и Китая в рамках Евразийского Экономического Союза и трансевразийского торгово-инфраструктурного проекта экономического пояса «Шёлковый путь». Уже через месяц Китай запустил самый длинный в мире грузовой железнодорожный маршрут Харбин-Гамбург через территорию России: поезда из Харбина в Германию идут всего 15 дней (рис. 1). Перевозка товаров по этому маршруту занимает вдвое меньше времени, чем традиционные маршруты по автодорогам и морю [3].

Отметим, что основные российские потребители китайских грузов находятся в европейской части страны. В Китае же большая часть товаров производится на востоке и юго-востоке. Возникает вопрос эффективной сухопутной доставки грузов по основным железнодорожным путям. Имеются 3 основные возможности:

1) непосредственно из Китая в Россию (сначала на север Китая, потом по Транссибу в Центральную Россию);
2) через Казахстан;
3) через Монголию.

Каждый из возможных путей имеет свои преимущества и недостатки.

Так, инфраструктура железнодорожного комплекса Казахстана сложилась под влиянием двух факторов:

– во-первых, это рост межрегиональных и межреспубликанских перевозок,

− во-вторых, рост транзитных грузопотоков.

В то же время, в Казахстане до настоящего времени недостаточно развита железнодорожная сеть для грузоперевозок между областями республики. По эксплуатационной длине железных дорог республика занимает 3-е место в СНГ после России и Украины. АО «Национальная компания «Казахстан Темір Жолы» входит в шестерку крупнейших в мире железнодорожных компаний по объемам перевозки грузов после компаний США, Китая, Индии, России и Украины. Однако плотность железных дорог на территории Казахстана низкая и не удовлетворяет потребностям экономического развития Казахстана и транзита зарубежных грузов. Состояние железнодорожных сетей в Казахстане характеризуется высоким физическим износом основных фондов железнодорожного транспорта, который превышает 60 % [4, 5]. Существует тенденция старения погрузочно-разгрузочных машин, нехватка терминальных комплексов по обработке крупнотоннажных контейнеров. Тем не менее, Казахстан наращивает сотрудничество с Россией, Беларусью, Литвой и Китаем в области расширения контейнерных перевозок [6].

Рис. 1. Маршрут Харбин-Гамбург

Уровень контейнеризации грузов в мире составляет в среднем 50-60% от общего объема перевозок сухих грузов (Рис. 2), а в ряде европейских портов контейнеризация превышает 90%. Контейнерные грузы весьма привлекательны для железных дорог, так как они относятся к грузам II тарифного класса наравне с нефтью и зерном, поэтому продолжается дальнейшее контейнеризация грузопотоков – коэффициент контейнеризации 2017 году вырос почти на 17%.

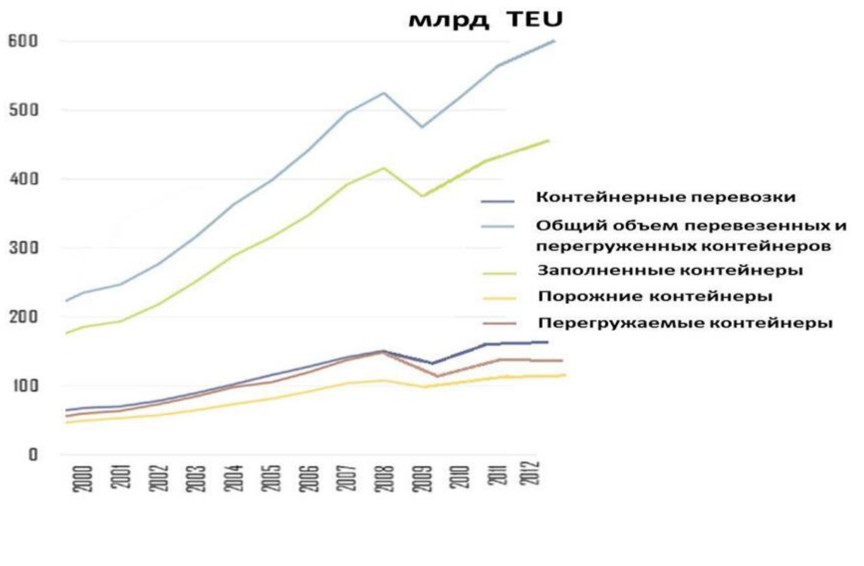

Рис. 2. Динамика развития контейнерных перевозок в мире

Железнодорожный транспорт постоянно увеличивает скорость доставки грузов по «Новому Шелковому Пути», в том числе контейнерных отправок, а также оптимизирует процесс работы станций и контейнерных терминалов так как, определённое отставание динамики объёмов терминальной переработки транспортно-логистических центров от темпов роста рынка контейнерных перевозок не соответствует опережающим темпам роста экспортных и транзитных перевозок. Количество контейнерных поездов, прошедших по сети маршрутов, связывающих Китай и Европу, превысило в прошлом году 3,27 тыс. рейсов. Рост количества рейсов за прошлый год составило 52% от совокупного трафика за весь период с начала запуска сервиса в 2011 году (6,24 тыс. рейсов). В ближайшей перспективе планируется отправить не менее 5 тыс. контейнерных поездов в год между РФ и Китаем.

С появлением множества операторов грузовых вагонов возникла необходимость обеспечить новую технологию перевозочного процесса, которая учитывает особенности транзита контейнерных перевозок. В условиях роста объёмов перевозок можно отметить дальнейшее увеличение порожних пробегов вагонов, оборота вагона, минимизацию сдвоенных операций. Это, как следствие, приводит к тому, что перевозчик, грузоотправители и операторы несут дополнительные расходы.

Нормативное регулирование, а также избыточность парка подвижного состава сегодня создают наибольшие проблемы. Оперативное решение вопросов обеспечило бы повышение эффективности управления вагонным парком в условиях множественности операторов подвижного состава, вариантности контейнеров и ограниченных пропускных способностей инфраструктуры [3].

Основными причинами, вызывающими снижение качества перевозочного процесса, стало изменение внешних факторов и условий работы сети железных дорог, которые не соответствуют ее инфраструктурным возможностям. К таким причинам можно отнести:

- увеличение численности вагонного парка, непропорциональное возможностям станций сети ОАО «РЖД» по размещению вагонов,
- простаивающих в ожидании выполнения грузовых операций, нарушение баланса между вагонным парком и емкостью станционных путей инфраструктуры;
- нарушение технологических принципов планирования и выполнения перевозок, в том числе порожних вагонов с переходом к стихийному предъявлению грузов и порожних вагонов к перевозкам вне зависимости от состояния инфраструктуры и ее заполнению вагонным парком;
- географическое изменение структуры грузопотоков, увеличение их в морские порты, что существенно увеличило уровень загрузки пропускной способности участков и станций, снижение качественных показателей перевозочного процесса.

При этом инфраструктурные условия работы сети, определяющие качество перевозочного процесса, а именно эксплуатационная длина, количество сортировочных станций, число и длина путей изменились незначительно.

1 Расширенная модель транспортной системы в условиях неопределенности

На фоне быстрого развития IT-технологии и цифровизации экономики в последнее время, в целях совершенствования международной логистической деятельности наблюдается резкий рост контейнеризации грузов на железнодорожном транспорте [4]. Основой повышения эффективности управления указанными процессами являются системы поддержки принятия решений, реализуемые в интегрированных интеллектуальных автоматизированных системах управления железнодорожным транспортом. При этом важнейшим компонентом таких систем является их математическое и методическое обеспечение, разработанное на основе системного исследования рассмотренных проблем.

Основу системного исследования комплекса указанных задач составляет расширенная модель транспортной задачи, учитывающая следующие основные компоненты:

- критерий эффективности управления,
- парк грузоподъемности вагонов,
- предельные объемы грузоотправлений,
- предельные объемы грузополучений.

Последние представляют собой объемы договоров, заключенных между поставщиками и потребителями, а также их контрагентом – перевозчиком.

Положим

$$(1)\ \mathrm{F}(\mathrm{C},\mathrm{X},\mathbf{z},\mathrm{A})=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}c_{ij}x_{ij}\,(\mathrm{C},\mathbf{z},\mathrm{A})$$

Формальная задача состоит в поиске

$$(2)\ \min_{\mathrm{X}\in\mathrm{X}(\mathrm{C},\mathrm{z},\mathrm{A})}\mathrm{F}(\mathrm{C},\mathrm{X},\mathbf{z},\mathrm{A})=\mathrm{F}(\mathrm{C},\mathrm{X}^*(\mathrm{C},\mathbf{z},\mathrm{A}),\mathbf{z},\mathrm{A})$$

в условиях

$$(3)\ \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}\, x_{ij} \le a_i,\ i=1,\ldots,m=M,$$

$$(4)\ \sum_{i=1}^{m} \alpha_{ij}\, x_{ij} \ge b_i,\ j=1,\ldots,n=N.$$

Здесь

i – индекс грузоотправителя;

j – индекс грузополучателя;

$C=\{c_{ij}\ i\in M,\ j\in N\}$ – матрица удельных транспортных затрат;

$X=\{x_{ij}\ i\in M,\ j\in N\}$ – матрица объемов перевозок грузов (планов);

$\mathrm{A}=\{\alpha_{ij}\ i\in M,\ j\in N\}$ – матрица размеров контейнеров по направлению ($i\to j$);

$\mathbf{a}=\{a_i\ i\in M\}$ – вектор предельных объемов грузоотправлений;

$\mathbf{b}=\{b_j\ j\in N\}$ – вектор предельных объемов грузополучений;

$\mathbf{z}=(\mathbf{a},\mathbf{b})$ – расширенный вектор предельных объемов грузоперевозок;

$X^*(C,\mathbf{z},\mathrm{A})$ – оптимальный план перевозки при заданных C, $\mathbf{z}$, A;

$F(C,X^*(C,\mathbf{z},\mathrm{A}),\mathbf{z},\mathrm{A})$ – значение задачи.

В работах [1,2] рассмотрены методики оптимального планирования грузооборота при неопределенности в критерии эффективности управления, т. е. при изменении матрицы удельных транспортных затрат C.

В условиях рынка, конкуренции, санкций и т. п. грузоподъемности вагонов (размеров контейнеров) по направлению ($i\to j$) могут меняться в существенных пределах. В настоящей работе рассматриваются задачи поиска эффективного планирования перевозок в условиях неопределенности грузоподъемности вагонного парка (размеров контейнеров).

Отметим, что условия разрешимости расширенной транспортной задачи в постановке (1)–(4) совпадают с условиями разрешимости стандартной транспортной задачи. Действительно, справедливо следующее утверждение.

Утверждение. Расширенная транспортная задача (1)–(4) имеет решение тогда и только тогда, когда выполнено условие:

$$(5)\ \sum_{j=1}^{n} b_j \le \sum_{i=1}^{m} a_i.$$

Действительно, из условия (3) для любого допустимого плана перевозок x_{ij} следует

$$(6)\ \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}\, x_{ij} \le \sum_{i=1}^{m} a_i,\ i\in M.$$

Из условия (4) для любого допустимого плана перевозок x_{ij} следует

$$(7)\ \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} \alpha_{ij}\, x_{ij} \ge \sum_{j=1}^{n} b_j,\ j\in N.$$

Следовательно, из (6), (7) следует (5) как необходимое условие разрешимости задачи (1)–(4).

Для доказательства достаточности условия (5) следует построить допустимый план задачи (1)–(4). Для любых $i\in M,\ j\in N \alpha_{ij}>0$, положим

$$(8)\ x_{ij}=\{\, a_i\, b_j/(\alpha_{ij} \textstyle\sum_{i=1}^{m} a_i),\ i\in M,\ j\in N \text{ при } \alpha_{ij}>0;\ 0 \text{ в остальных случаях}\}.$$

Из (8) следует

$$(9)\ \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}\, x_{ij} \le= a_i\, [\textstyle\sum_{j=1}^{n} b_j/(\sum_{i=1}^{m} a_i)] \le a_i,\ i\in M.$$

Последнее неравенство справедливо в силу (5).

Из (8) также следует

$$\sum_{i=1}^{m} \alpha_{ij}\, x_{ij} \ge b_j,\ j\in N.$$

(9) и 0 гарантируют допустимость плана (8).

Из существования допустимого плана и ограниченности целевой функции следует разрешимость задачи (1)–(4).

2 Учет неопределенности в расширенной транспортной задаче

В условиях рынка, конкуренции, санкций, прерывания нормального технологического процесса обслуживания, нехватки вагонов необходимой грузоподъемности и т.п. основные элементы транспортной задачи модели могут меняться в существенных пределах.

В настоящей работе для расширенной транспортной задачи (1)–(4) рассматривается случай, когда матрицы размеров контейнеров содержатся в множестве допустимых изменений:

$$\mathrm{A}\in\Xi=\{\mathrm{A}_\omega\ \omega\in\Omega=(1,2,\ldots\varpi)\}.$$

Для поиска решения задачи (1)–(4) в условиях неопределённости 0 следует применить методику принятия решений в условиях неопределенности, которая содержит два этапа [10]:

1) Учет неопределенности, т.е. «снятие» неопределенности на основе одной из моделей исследования операций.
2) Определение рационального (оптимального) решения построенной модели принятия решений.

Пусть для задачи (1)–(4) выполнены условия допустимости (5).

Рассмотрим модели учета неопределенности.

2.2 Вероятностная схема учета неопределенности

1) Вероятностная схема учета неопределенности.

В вероятностной схеме учета неопределенности матрицу размеров контейнеров A_ω объявим случайной величиной с заданной функцией $\nu(\Xi)$ распределения на множестве $A\in\Xi$ и математическим ожиданием $M\nu(\Xi)$. Эти исходные данные могут быть получены путем анализа возможностей поставщиков и потребителей путем мониторинга на заданном горизонте исследования.

Тогда решение задачи оптимизации сводится к решению задачи линейного программирования (1)–(4) с целевой функцией F $(C, X, \mathbf{z}, M\nu(\Xi))$. При этом рекомендуемый план перевозок – $X^*(C,\mathbf{z},M\nu(\Xi))$, а наиболее вероятной оценкой суммарного объема эксплуатационных затрат является величина $F(C,X^*((C,\mathbf{z},M\nu(\Xi)),\mathbf{z},M\nu(\Xi))$.

2.2 Схема учета неопределенности «Игра с Природой»

Для каждой матрицы $A_\omega\in\Xi$ определим оптимальный план перевозок $X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)$ $\omega\in\Omega$, так что $X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)$ удовлетворяет условию (2) при $A=A_\omega$, т.е. является решение задачи (1)–(4).

Построение матрицы V $(X^*(C, \mathbf{z},A_\omega), A_\omega)$ игры с Природой.

Стратегии игрока (строки платежной матрицы) – $X^*(C, \mathbf{z},A_\omega)$ $\omega\in\Omega$.

Стратегии Природы (столбцы платежной матрицы) – A_ω $\omega\in\Omega$.

Для каждой матрицы A_ω $\omega\in\Omega$ в силу доказанного утверждения существует оптимальный план $X^*(C, \mathbf{z},A_\omega)$ $\omega\in\Omega$. В то же время план перевозки $X^*(C, \mathbf{z},A_\omega)$ $\omega\in\Omega$ может быть недопустимым для задачи (1)–(4) с состоянием Природы A_ξ $\xi\in\Omega$. В этом случае существует ряд возможностей указать платеж в игре с Природой. Предположим, что в этом случае несет ущерб (штрафы) в размере D $(X^*(C, \mathbf{z},A_\omega),A_\xi)$.

Считаем, что цель 1 игрока (ЛПР) – минимизация удельных расходов, цель у 2-го (в данном случае им является Природа) отсутствует.

Платеж – $v_{\omega\xi}(X^*(C, \mathbf{z},A_\omega), A_\xi)$ равен

$$v_{\omega\xi}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi) =\max[F(C,X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),\mathbf{z},A_\xi), D(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi)]\ \omega, \xi\in\Omega.$$

Величина $v_{\omega\xi}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi)$ дает наихудшую (максимальную) оценку эксплуатационных издержек и штрафов при применении стратегии $X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)$ и состоянии Природы A_ξ.

Таким образом, стратегий ЛПР и Природы конечное число ϖ.

Рассмотрим наиболее существенные для ЛПР оценки результата игры.

Оценка полного оптимизма для ЛПР

$$v^{(o)}= v_{\omega\xi}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi)=\min_{\omega\in\Omega} \min_{\xi\in\Omega}v_{\omega\xi}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi).$$

Максиминная оценка

$$v^{(bot)}= \max_{\omega\in\Omega} \min_{\xi\in\Omega} v_{\omega\xi}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi).$$

Минимаксная оценка

$$v^{(top)}= \min_{\omega\in\Omega} \max_{\xi\in\Omega}v_{\omega\xi}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi).$$

Оценка полного пессимизма

$$v^{(p)}= \max_{\omega\in\Omega} \mathrm{m}_{\mathrm{ax}\,\xi\in\Omega}\, v_{\omega\xi}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi).$$

Основная теорема антагонистических матричных игр гарантирует

$$v^{(p)}\geq v^{(top)}\geq v^{(bot)}\geq v^{(o)}.$$

2.3 Оценка рисков в расширенной транспортной задаче

Риск – это системный параметр, свойство системы управления, в частности ЛПР, принимать к исполнению решения, могущие повлечь за собой нежелательные последствия, либо привести к существенному выигрышу. Пусть величина v – ожидания ЛПР объема затрат.

Риск, как системный параметр имеет ряд характеристик: вероятность наступления нежелательных событий, вероятность наступления желательных событий, ущерб от наступления нежелательных событий, выигрыш при наступлении желательного события, степень риска ожиданий и т. п.

Степень риска ожиданий характеризует удаленность ожиданий от наихудшей ситуации, которая может возникнуть. Пусть при принятии решений ЛПР рассчитывает получить выигрыш v.

Тогда степень риска $\gamma(v^{(p)}, v)$ относительно наихудшей оценки ЛПР $v^{(p)}$, т. е. реализации ожиданий v при реализации оценки $v^{(p)}$

$$\gamma(v^{(p)}, v) = (v - v^{(p)})/(v^{(o)} - v^{(p)}).$$

Степень риска относительно оценки $v^{(bot)}$, т. е. реализации ожиданий v при реализации оценки принципа гарантированного результата при $v \geq v^{(bot)}$

$$\gamma(v^{(bot)}, v) = (v - v^{(bot)})/(v^{(o)} - v^{(bot)}).$$

Поскольку наихудшие ожидания при применении чистой стратегии ЛПР $X^*(C, \mathbf{z}, A_\omega)$ равны

$$v^{(\omega)}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi)) = \max_{\xi\in\Omega} v_{\omega\xi}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi,$$

то оценка степени риска чистой стратегии $X^*(C, \mathbf{z}, A_\omega)$ относительно оценки $v^{(bot)}$

$$\gamma(v^{(bot)}, X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi)) = (v^{(\omega)}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),A_\xi) - v^{(bot)})/(v^{(o)} - v^{(bot)})\ \omega, \xi\in\Omega,$$

а оценка степени риска относительно наихудшей оценки $v^{(p)}$, т. е. реализации ожиданий v при реализации оценки $v^{(p)}$

$$\gamma(v^{(p)}, v) = (v - v^{(p)})/(v^{(o)} - v^{(p)}).$$

Рассмотрим следующую задачу.

Задача 1. (Задача определения стратегий допустимого риска).

Пусть заданы границы возможного для ЛПР степени риска γ_1 и γ_2, так что требование состоит в выполнении условия:

$$\gamma^{(bot)} \leq \gamma_1 \leq \gamma(v^{(p)}, v) \leq \gamma_2 \leq \gamma^{(top)}.$$

Найти стратегию ЛПР, обеспечивающую наилучшие ожидания v, удовлетворяющие ограничениям 0.

Некоторые из оценок риска чистых стратегий могут не удовлетворять ЛПР по заданным условиям риска, в этом случае следует рассмотреть смешенные стратегии.

На множестве $MXC(\mathbf{z})$ зададим смешанную стратегию ЛПР, т.е. вектор $\mathbf{p}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega))$ из множества

$$P = \{\mathbf{p}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)) = \{p_\omega(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega))\ \omega\in\Omega),\ \sum_{\omega\in\Omega} p_\omega(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)) = 1,\ p_\omega(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)) \geq 0\},$$

где $p_\omega(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega))$ – частота применения стратегии $X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)$. Тогда ожидания ЛПР при применении стратегии Природы A_ξ

$$v(\mathbf{p}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega), A_\xi) = \sum_{\omega\in\Omega} \max_{\xi\in\Omega} v_{\omega\xi}(p_s(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)), A_\xi),$$

Формальная задача состоит в поиске вектора $\mathbf{p}$ $(X^*(C, \mathbf{z}, A_\omega)$, который доставляет

$$\min_{p\in P} F\ (C, \mathbf{p}, \mathbf{z})$$

при условиях

$$v(\mathbf{p}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega), A_\xi) = \sum_{\omega\in\Omega} \max_{\xi\in\Omega} v_{\omega\xi}(p_s(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)), A_\xi),$$

$$\gamma_1 \leq \gamma(v^{(p)}, v\ (X^*(C, \mathbf{z}, A_\omega), A_\xi) \leq \gamma_2.$$

При достаточно малом γ_1 и достаточно большом γ_2 (см. решение Задачи 2) поставленная задача допустима и ограничена, а значит, имеет решение.

2.3 Схема учета неопределенности «Игра с активным противником»

В рассматриваемой схеме учета неопределенности матрицу удельных транспортных затрат C объявим величиной, управляемой активным противником. Таким образом, по сравнению с предыдущей ситуацией появляется дополнительная информация, что «Природа» играет против ЛПР. Типичным примером в реальных экономических обстоятельствах являются «санкции» противостоящей стороны.

В этом случае следует найти «компромисс» с противником на основе договора, который устроит обе стороны. Теория игр предлагает в этом случае компромисс искать между двумя оценками $v^{(top)}$ и $v^{(bot)}$.

Задача 2. (Задача определения компромиссных стратегий).

Формальная задача состоит в поиске вектора $\mathbf{p}$ ($X^*(C, \mathbf{z}, A_\omega)$, который доставляет

$$\min_{p\in P} F\ (C, \mathbf{p}, \mathbf{z}, A)$$

при условиях

$$v(\mathbf{p}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega),\ A_\xi) = \sum_{\omega\in\Omega} \max_{\xi\in\Omega} v_{\omega\xi}(p_s(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)),\ A_\xi)\ \omega,\ \xi\in\Omega,$$

$$P=\{\mathbf{p}(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega)) = \{p_\omega(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega))\ \omega\in\Omega),\ \sum_{\omega\in\Omega} p_\omega(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega))=1,\ p_\omega(X^*(C,\mathbf{z},A_\omega))\geq 0\}.$$

Поскольку поставленная задача допустима и ограничена, то она имеет решение.

Заключение

Рассмотренные задачи эффективного управления в условиях неопределенности имеют существенный практический интерес для проектирования коммуникаций Нового шелкового пути. Особенностью транспортной модели является возможность отображения не только технологических процессов, но и имитировать процессы передачи информации с учётом искажений и потерь, а также временные характеристики при иерархическом управлении. Эти модели позволяют также рассматривать смежные задачи проектирования: влияние конкурентов для железнодорожного транспорта, как автомобильные, авиа, речные и морские перевозки. Ряд особенностей совместного взаимодействия, создания их компромиссных планов, угрозы и уязвимости также могут быть рассмотрены на основе расширенной транспортной системы моделей.

Учет времени поставок при моделировании транспортных перевозок позволит находить комплексные оптимальные решения с учетом возможностей всех заинтересованных сторон в процессе формирования контейнерных поездов в транспортно-логистических центрах «Нового Шелкового Пути» [4].

Литература

1. *Исмаилов Ж. И., Кононов Д. А.* Integrated Management System for Rail Transport: Planning of Cargo Turnover in Conditions of Uncertainty / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Denvers: IEEE Catalog Number CFP18GAE-ART, 2018. C. https://ieeexplore.ieee.org/document/8551807.
2. *Исмаилов Ж. И., Кононов Д. А.* Новый шелковый путь: безопасность и оперативность железнодорожных перевозок /Материалы 26-й Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (ПУБСС'2018, Москва). – М.: ИПУ РАН, 2018. С. 300-303.
3. http://www.rbc.ru/rbcfreenews/557ccdf49a79476298666da9
4. *Максименко А. Н., Машков А. С.* Сравнение логистических путей между Европой и Китайской Народной Республикой // Молодой ученый. – 2017. – №10. – С. 255-259. – URL https://moluch.ru/archive/144/40383/.
5. Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года. 2010 г. // www.itcp.kz/.../strategicheskiy-planrazvitiya-respubliki-kazahstan-do-2020-goda.
6. *Мамин А.* Высокая динамика развития // Казахстанская правда, 4 августа 2011 г.
7. *Солоп И.А., Солоп С.А.* Актуальные Вопросы Управления вагонным парком в период реформирования //Modern Problems And Ways Of Their Solution In Science, Transport, Production And Education – 2013.
8. *Гершвальд А. С. Еловиков А.В.* Теория транспортных процессов и систем МГУПС, 2013.

9. *Габбасова В.В., Дробина Е.А.* Контейнеризация перевозок грузов на железнодорожном транспорте // Молодой ученый. – 2016. – №4. – С. 348-351. – URL https://moluch.ru/archive/108/25995/
10. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем. Кн. 1 /Под редакцией чл.-корр. РАН Шульца В.Л., д.т.н., проф. Кульбы В.В. – М.: Наука, 2012. 307 с.