



Методика построения сетевого графа структуры логистического объекта



Олег МАЛИКОВ
Oleg B. MALIKOV

Оксана ПОКРОВСКАЯ
Oksana D. POKROVSKAYA



Маликов Олег Борисович — доктор технических наук, профессор кафедры «Логистика и коммерческая работа» Петербургского государственного университета путей сообщения, Санкт-Петербург, Россия.

Покровская Оксана Дмитриевна — кандидат технических наук, доцент кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» Сибирского государственного университета путей сообщения, Новосибирск, Россия.

Method of Constructing a Network Graph of the Logistic Object Structure

(текст статьи на англ. яз. —

English text of the article — p. 24)

От качества решений при проектировании и эксплуатации отдельных логистических объектов зависит эффективность всей терминально-складской инфраструктуры железных дорог страны. В предлагаемом методе исследования структуры логистического объекта в виде графа его структуры синтезированы положения общей теории систем, теории графов, динамического программирования и поиска кратчайшего расстояния. Отличительной чертой является универсальность метода при использовании показателей различного измерения (стоимостного, временного, относительного выражения). Теоретическая основа методики — совокупность экономико-математических методов и концептуальных положений, позволяющих из множества допустимых решений находить оптимальное. Проведено категорирование и классификация логистических объектов, дано параметрическое описание и формализованное моделирование их структуры.

Ключевые слова: общая теория систем, теория графов, логистический объект, логистический район, логистическая область, математическая модель, сетевой граф структуры, параметры логистических объектов, классификация, железная дорога, транспорт, терминально-складская инфраструктура.

Дальнейшее развитие терминально-складской инфраструктуры железнодорожного транспорта страны предусматривает формирование логистических объектов (ЛО), которые обеспечат эффективную реализацию транспортно-логистического сервиса и инфраструктурную основу транспортных систем доставки грузов потребителям.

Очевидно, что от качества проектирования и эксплуатации ЛО на региональном уровне зависят результаты работы всей терминально-складской инфраструктуры железных дорог. Об актуальности темы также свидетельствует следующее: 1) отсутствие общепринятого, единого иерархического подхода к классификации логистических объектов, что усложняет понимание всеми участниками процесса перевозок роли ЛО; 2) необходимость комплексного планирования развития ЛО по целому ряду параметров с различной размерностью в условиях недостаточной проработки вопроса об универсальной методике многокритериального проектирования оптимальной структуры логистического объекта [2].



Рис. 1. Предлагаемая система иерархии и классификации ЛО.

Целью нашего исследования является разработка методики формирования графа ЛО для формирования его структуры с наилучшими параметрами. При этом решаются следующие задачи: 1) категорирование и классификация ЛО; 2) параметрическое описание и формализованное моделирование структуры логистического объекта; 3) разработка сетевого графа структуры ЛО для выбора наилучших параметров.

1. КАТЕГОРИРОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Под логистическим объектом будем понимать любой объект, включенный в транспортно-складскую инфраструктуру локального масштаба, физически обеспечивающий реализацию транспортно-складского обслуживания различных клиентов и сосредоточенный по совокупности признаков в пространственно определенном районе.

С учетом иерархии его положения в транспортно-логистической системе объект трансформируется в более сложные образования – район и область (см. рис. 1).

Логистический район – совокупность ЛО определенной степени экономического и технологического взаимодействия, расположенных в географической близости для комплексного логистического обеспечения процессов перевозок.

Логистическая область – территориальные логистические образования глобального масштаба, занимающие значительную часть транспортно-логистической инфраструктуры страны и интегрированные в национальные и международные процессы перевозок [3].

В соответствии с этими определениями авторы разработали классификацию ЛО, изображенную на рис. 1.

Так, согласно классификации, к логистическим относятся (в порядке увеличения иерархического значения с учетом количественных показателей и комплексности логистического сервиса, см. стрелку слева) объекты, находящиеся на уровне отдельных предприятий (грузовые районы и специализированные площадки, склады, терминально-складские комплексы и транспортные терминалы) и на уровне городской/узловой агломерации (логистический центр, транспортно-логистический узел, мультимодальный транспортно-логистический центр). Затемненные блоки, соединенные стрелкой, представляют собой последовательность трансформации (эволюции) логистического объекта до логистической области и выхода на глобальный уровень по схеме «Логистический Объект (МТЛЦ)» → «Логистический Район (Гейтвей)» → «Логистическая Область (Терминальная Сеть)». Этому соответствует направление развития транспортного коридора (см. стрелка внизу).





К логистическим районам предлагается относить объекты уровня локальной инфраструктуры: грузовой/логистический хаб, «сухой порт», логистический/дистрибуционный парк и гейтвей.

К логистическим областям — объекты уровня территории (транспортно-логистический кластер, транспортно-логистическая система), региона (логистическая платформа) и страны (терминальная сеть).

Эта классификация может использоваться для: 1) идентификации ЛО с учетом конструкции, вида складирования, размеров, технической оснащенности и др.; 2) выбора ЛО с учетом его функциональных возможностей, дислокации и др.; 3) определения роли и места ЛО в процессах перевозок; 4) систематизации и удобства интегрированного представления сущности и видового многообразия ЛО; 5) унификации, простоты и удобства идентификации типа ЛО [4].

2. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ

Параметрическую структуру ЛО любого формата можно описать математическим выражением ряда значимых характеристик.

Формализованная модель структуры ЛО в общем модульно-блочном виде выглядит следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n S_{ЛО i} = [S_{простр}; S_{тран}; S_{серв}; S_{экон}; S_{тех}], \quad (1)$$

где $S_{ЛО}$ — модульная структура i -го логистического объекта, состоящая из n типовых элементов; $S_{простр}$ — пространственный модуль-блок; $S_{тран}$ — транспортный модуль-блок; $S_{серв}$ — сервисный модуль-блок; $S_{экон}$ — организационно-экономический модуль-блок; $S_{тех}$ — конструктивно-технический модуль-блок.

В поблочном виде:

$$\sum_{i=1}^n S_{ЛО i} = [S_{простр} (S_{тер}; S_{хр}); S_{тран} (Q_{зр}; N_{тр}); S_{серв} (N_{усл}; Q_{VAL}); S_{экон} (T_{хр}; T_{зр}; T_{тр}); S_{тех} (N_{скл}; Q_{прм})], \quad (2)$$

где $S_{ЛО}$ — модульная структура i -го логистического объекта, состоящая из n типовых элементов; $S_{простр}$ — группа параметров пространственного модуль-блока; $S_{тер}$ — общая площадь территории, занимаемой i -ым логистическим объектом, га; $S_{хр}$ — общая площадь хранения i -го логистического объекта, кв. м; $S_{тран}$ — группа параметров транспортного модуль-блока; $Q_{гр}$ — общая перерабатывающая способность всех специализированных складских площадок и помещений для хранения груза в составе i -го логистического объекта, тонн/год; $N_{тр}$ — количество видов транспорта, обслуживаемых i -ым логистическим объектом, ед.; $S_{серв}$ — группа параметров сервисного модуль-блока; $N_{усл}$ — ассортимент логистических услуг, предоставляемых i -тым логистическим объектом, ед.; Q_{VAL} — объем добавленной стоимости оказываемых ЛО транспортно-логистических и складских услуг, Value added logistics — «логистика добавленной стоимости», %; $S_{экон}$ — группа параметров организационно-экономического модуль-блока; $T_{хр}$ — стоимость аренды 1 кв. м складского хранения, руб.; $T_{гр}$ — стоимость переработки 1 тонны груза на складе, руб.; $T_{тр}$ — тарифы стыкуемых в ЛО видов транспорта (включая услугу «последняя миля») и сопутствующих перевозке транспортных услуг (пользование вагонами, инфраструктурой, локомотивами), руб.; $S_{тех}$ — группа параметров конструктивно-технического модуль-блока; $N_{скл}$ — количество специализированных складских площадок и помещений для хранения груза в составе i -го логистического объекта, ед.; $Q_{прм}$ — обеспеченность ЛО погрузочно-разгрузочными механизмами ПРМ соответствующей производительности, %.

В развернутом виде:

$$\sum_{i=1}^n S_{ЛО i} = \left[\begin{matrix} N_{скл}; S_{хр}; S_{тер}; Q_{зр}; N_{тр}; \\ N_{усл}; Q_{VAL}; T_{хр}; T_{зр}; T_{тр}; Q_{прм} \end{matrix} \right], \quad (3)$$

где $S_{ЛО}$ — модульная структура i -го логистического объекта, состоящая из n типовых элементов; $N_{скл}$ — количество специализированных складских площадок и помещений для хранения груза в составе i -го логистического объекта, ед.; $S_{хр}$ — общая площадь объёма хранения i -го

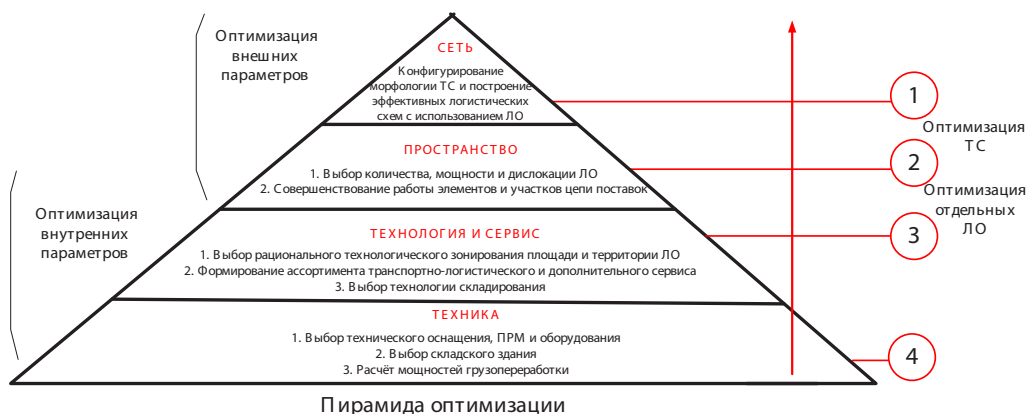


Рис. 2. Пирамида оптимизации ЛО.

логистического объекта, т или м³; $S_{тер}$ – общая площадь территории, занимаемой i -тым логистическим объектом, га; $Q_{гр}$ – общий грузооборот всех специализированных складских площадок и помещений для хранения груза в составе i -го логистического объекта, тонн/год; $N_{тр}$ – количество видов транспорта, обслуживаемых i -ым логистическим объектом, ед.; $N_{усл}$ – ассортимент логистических услуг, предоставляемых i -ым логистическим объектом, ед.; Q_{VAL} – объем добавленной стоимости оказываемых ЛО транспортно-логистических и складских услуг, Value added logistics – «логистика добавленной стоимости», %; $T_{хр}$ – стоимость аренды 1 кв. м складского хранения, руб.; $T_{гр}$ – себестоимость переработки 1 тонны груза на складе, руб.; $T_{тр}$ – тарифы стыкуемых в ЛО видов транспорта (включая услугу «последняя миля») и сопутствующих перевозке транспортных услуг (пользование вагонами, инфраструктурой, локомотивами), руб.; $Q_{прм}$ – обеспеченность ЛО ПРМ соответствующей производительности, %.

Структура ЛО как сложной модульной системы в общем виде:

$$W_{ЛО} = \{W_{технич} | W_{технолог}\} \quad (4)$$

В развернутом виде:

$$W_{ЛО} = \left\{ \begin{array}{l} W_{пог/прием}; W_{разгр/выд}; \\ W_{сорт}; W_{хран}; \\ W_{доп}; W_{тран}; W_{компл}; W_{ПРМ} \end{array} \right\}, \quad (5)$$

где $W_{технолог}$ – модуль технологического блока; $W_{пог/прием}$ – модуль погрузки (приёмки) груза; $W_{разгр/выд}$ – модуль разгрузки

(выдачи) груза; $W_{сорт}$ – модуль сортировки груза; $W_{хран}$ – модуль хранения груза; $W_{доп}$ – модуль дополнительного сервиса, реализуемого ЛО для отдельного груза; $W_{технич}$ – модуль технического блока; $W_{тран}$ – модуль внешнего магистрального транспорта приема и отправления груза; $W_{компл}$ – модуль комплектации груза; $W_{ПРМ}$ – модуль ПРМ приемки-выдачи, размещения и внутрискладской переработки груза.

Состояние ЛО – это совокупность показателей, идентифицирующих его в общей иерархической системе (определяющих его тип) и характеризующих его работу в целом.

Состояние любого ЛО выражается совокупностью показателей (ресурсов): $X_{ЛО i} = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$. (6)

Определяющие состояние ЛО параметры (факторы его эволюции):

$$X_{ЛО}^{эвол} = (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4). \quad (7)$$

Названное позволяет сформировать многофакторную модель эволюции ЛО,

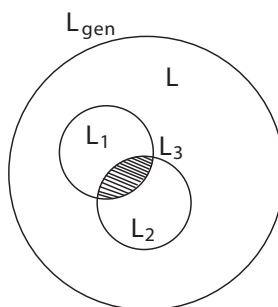


Рис. 3. Диаграмма ядра решений для сетевого графа структуры ЛО.



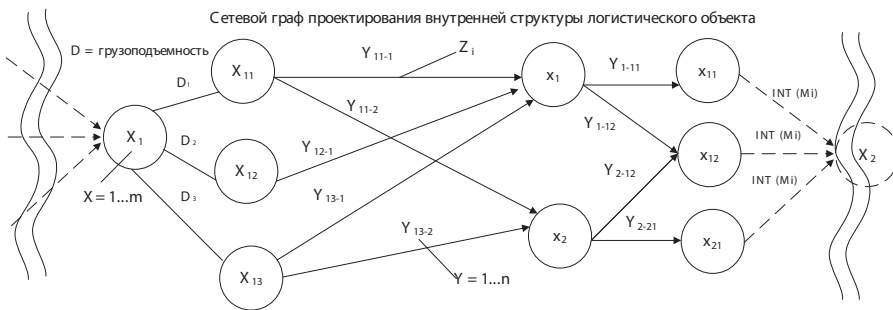


Рис. 4. Общий случай сетевого графа построения структуры ЛО.

состоящую из значащих признаков X_j и влияющих на них факторов Z_i .

$$F = X_1 Z_1 + X_2 Z_2 + \dots + X_n Z_n. \quad (8)$$

Оптимизация параметров ЛО проходит поэтапно в соответствии с пирамидой оптимизации (рис. 2). Так, на низшем уровне принимаются локальные решения, направленные на оптимизацию внутренних параметров. На высшем уровне осуществляется глобальное позиционирование ЛО в составе терминальной сети.

Далее рассмотрим методику построения сетевого графа ЛО для оптимального параметрического формирования его структуры. В качестве примера взят низший уровень оптимизации параметров объекта – техническое решение (выбор наилучшего типа ПРМ – погрузочно-разгрузочных механизмов для внутри-складской обработки груза).

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТЕВОГО ГРАФА

В предлагаемом методе исследования структуры ЛО в виде графа его структуры синтезированы положения общей теории систем, теории графов, сетевого графика, динамического программирования и по-

иска кратчайшего расстояния [5, 6]. Универсальность метода характеризует использование показателей различного измерения (стоимостного, временного, относительного выражения), теоретическую значимость – совокупность экономико-математических методов и концептуальных положений, позволяющих эффективно находить из множества допустимых решений оптимальное.

Диаграмма выделения ядра решений для построения сетевого графа структуры ЛО дана на рис. 3, где: L_{gen} – множество вариантов решений структуры ЛО; L – предметная область поиска решений при построении структуры; L_1 – множество вариантов для параметра 1; L_2 – множество вариантов для параметра 2; L_3 – искомая область принимаемого решения.

Сетевые графы структуры при выборе оптимального решения по техническому оснащению объекта (с учетом стоимостных показателей) задают допустимое множество параметров и позволяют проектировать ЛО с оптимальными параметрами структуры (рис. 4).

Множеством вершин X такого графа является отображение допустимых генеральных вариантов структурных элементов от 1 до m , x – допустимых альтерна-

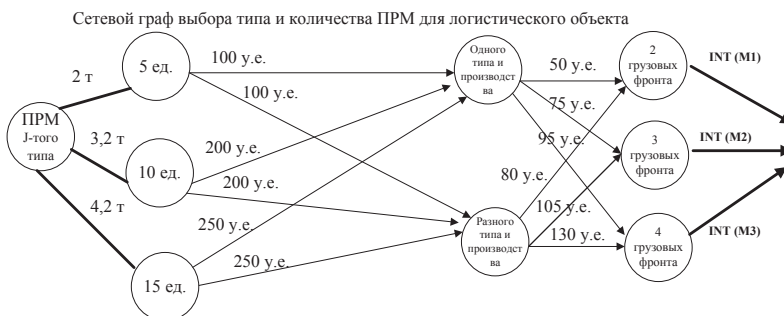


Рис. 5. Частный случай – сетевой граф выбора типа и количества ПРМ для логистического объекта.

тивных генеральных вариантов от 1 до n , а множеством дуг Z — логических связей возможности последовательного объединения этих элементов в оптимизируемую внутреннюю структуру ЛО. Каждой дуге (стрелке) Z соответствует определенное значение (например, это может быть стоимость, время, грузоподъемность, производительность или другой измеритель, в зависимости от специфики решаемой задачи оптимизации) $Y(Y_{(x_m-x_n)}, Y_{(x_m-x_m)}, Y_{(x_n-x_n)})$. Локальное решение M на i -ом участке графа INT принимается в соответствии со следующим условием: $INT(M_i) = \min \sum [Y_i]$. (9)

При этом дуги низшего порядка (идущие от ключевого параметра X , не направленные стрелкой) не имеют стоимости, поскольку указывают на D — направление оптимизации (в примере это грузоподъемность ПРМ), а дуги высшего порядка (результатирующие сумму стоимости по каждому альтернативному варианту прохождения сетевого графа) имеют итоговые стоимости, равные сумме минимальных значений маршрута.

Более сложная структура такого графа может быть получена при одновременном рассмотрении нескольких параметров структуры ЛО. Упрощенный пример — общий вид графа на рис. 4 (разрывом показан переход к рассмотрению нового параметра) и частный случай построения сетевого графа для принятия технического решения (см. рис. 5).

Аналогичным способом можно строить граф для решения любого вопроса касающегося ЛО, начиная от его технической оснащенности и заканчивая внутренним технологическим зонированием, планировкой и т.д.

ВЫВОДЫ

1. Формализация фундаментальных вопросов эффективности проектирования и эксплуатации логистических объектов любого формата в составе терминально-складской инфраструктуры железных дорог позволяет получить целевые функции и параметрические описания

ЛО как сложных систем, ключевых элементов терминальной сети, систем доставки отдельных грузов и транспортной системы страны в целом. Формализованная модель логистического объекта должна выражаться в трех аспектах, группирующих основные параметры ЛО как сложной системы и требующих разных направлений оптимизации.

2. Для ОАО «РЖД» наличие собственной системы классификации и иерархии ЛО решит системную проблему взаимодействия в узлах при организации перевозок грузов, упростит идентификацию объектов транспортно-логистической инфраструктуры с учетом клиентоориентированности и обеспечит рациональное проектирование объектов опорной терминальной сети.

3. Математическое моделирование позволяет при проектировании логистических объектов формализовать ряд значимых параметров. Это поможет выстроить для железных дорог терминальную сеть, работающую в режиме, необходимом и достаточном для грузопереработки соответствующего качества.

4. Предложенная методика может найти применение при решении широкого спектра вопросов в ходе проектирования и эксплуатации объектов терминально-складской инфраструктуры на любом виде транспорта, поскольку отличается универсальностью и комплексностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. — М., 2008. — 183 с.
2. Покровская О. Д., Маликов О. Б. Нелогичная логистика // Гудок. — 2016. — № 122. — С. 4. [Электронный ресурс]: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1344429&archive=2016.07.21>. Доступ 20.08.2016.
3. Покровская О. Д. Терминалистика: общие вопросы: Монография. — Казань: Бук, 2016. — 142 с.
4. Маликов О. Б. Перевозки и складирование товаров в цепях поставок: Монография. — М.: УМЦ по образованию на ж. — д. транспорте, 2014. — 537 с.
5. Микони С. В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив. — СПб.: Лань, 2009. — 156 с.
6. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. — М.: Дрофа, 2004. — 208 с.

Координаты авторов: Маликов О. Б. — stadnitskey@mail.ru, Покровская О. Д. — insight1986@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 06.12.2016, принята к публикации 12.01.2017.

