

УДК 656.624.3

DOI:10.37890/jwt.vi73.318

Методика определения оптимального территориального размещения транспортно-логистических терминалов на речном транспорте

Ничипорук А.О.¹

ORCID 0000-0002-7763-2829

Карташова О.И.²

Ганчеренок И.И.³

ORCID 0000-0003-3537-390X

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

²*Каспийский институт морского и речного транспорта имени генерал-адмирала Ф.М. Апраксина – филиал «Волжского государственного университета водного транспорта», Астрахань, Россия*

³*Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций, Белорусского национального технического университета, Республика Беларусь, Минск*

Аннотация. В статье рассматривается проблема определения оптимального местоположения грузовых терминалов в системе доставки грузов. Рассматриваются методы и подходы, с помощью которых традиционно решается данная задача. На основании анализа научных публикаций сделан вывод о целесообразности использования для решения обозначенной задачи метода центра тяжести грузопотоков. Сделаны предложения по доработке данного подхода с учетом ряда дополнительных критериев, имеющих значение для заинтересованных участников в транспортно-логистической системе доставки. Разработана и представлена методика определения оптимального места территориального размещения терминала в системе перевозок грузов по международному транспортному коридору с участием речного транспорта. Приведены результаты апробации методики на контрольном примере по перевозкам зерна в рамках международного транспортного коридора «Север-Юг». Сделаны выводы о возможности использования предлагаемой методики при формировании опорной сети терминалов в транспортно-логистических системах доставки грузов в международном и региональном сообщении, а также возможных направлениях её развития.

Ключевые слова: метод центра тяжести грузопотоков, речной транспорт, транспортно-логистические терминалы.

Methodology for determining the optimal territorial location of river transport logistics terminals

Andrey O. Nichiporuk¹

ORCID 0000-0002-7763-2829

Olga I. Kartashova²

Igor I. Hancharonak³

ORCID 0000-0003-3537-390X

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Caspian Institute of Sea and River Transport named after General-Admiral F.M. Apraksin – the affiliation of the «Volga State University of Water Transport», Astrakhan, Russia*

³*Belarus-Uzbek Intersectoral Institute of Applied Technical Qualifications, Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The article discusses the problem of determining the optimal location of cargo terminals in the cargo delivery system. The methods and approaches by which this task is traditionally solved are considered. Based on the analysis of scientific publications, it was concluded that it is advisable to use the center of gravity method of cargo flows to solve the indicated problem. Proposals have been made to finalize this approach, taking into account a number of additional criteria that are important for interested participants in the transport and logistics delivery system. The methodology for determining the optimal location of the terminal in the system of cargo transportation along the international transport corridor with the participation of river transport has been developed and presented. The results of testing of the methodology on the reference example on grain transportation within the framework of the international transport corridor "North-South" are given. Conclusions were drawn on the possibility of using the proposed methodology in the formation of a reference network of terminals in transport and logistics systems for the delivery of goods in international and regional traffic, as well as possible directions for its development.

Keywords: method of center of gravity of cargo flows, river transport, transport and logistics terminals.

Введение

При моделировании и последующей оптимизации сети транспортно-логистических терминалов важное значение имеет как выбор подходящего по функционалу программного обеспечения, так и методы, положенные в основу оптимизационных параметров, а также критерии, которые используются при оптимизации и поиске наилучшего варианта построения рассматриваемой сети.

Следует отметить, что зачастую рассматриваемая терминальная сеть обслуживается одним видом транспорта (как правило, автомобильным), из-за чего оптимизационная задача существенно упрощается. С другой стороны, даже в этом конкретном случае мы можем иметь дело с разными типами подвижного состава, широкой номенклатурой перевозимых грузов, множеством привлекаемых компаний-перевозчиков и так далее. То есть, даже в такой постановке задача может быть осложнена.

Если же терминальная сеть представляет собой транспортную инфраструктуру какого-либо региона или транзитную часть международного транспортного коридора, то к перечисленным варьируемым параметрам добавятся различные виды транспорта, типы и оснащённость терминалов. Таким образом, сложность оптимизационной задачи возрастет многократно. И в этих условиях правильно выбранный алгоритм оптимизации транспортно-логистической сети, математическое и другое описание процессов, существующих в рамках рассматриваемой сети, а также простота и степень автоматизации проведения необходимых расчетов (или части из них) могут значительно повысить эффективность моделирования и позволить быстро находить требуемые оптимальные решения.

Обзор существующих подходов и задачи разработки методики

Традиционно для нахождения оптимального места размещения терминала или какого-либо другого объекта транспортно-логистической сети в рамках применения аналитического подхода используется метод центра тяжести грузопотоков [1, 2]. Однако у него имеется множество модификаций в зависимости от нужд исследователей, сложности терминальной сети и функционирующих в ней объектов и контрагентов.

В статье [1] авторами используется упрощенная версия метода, без учета размеров грузопотоков, а только расстояний между пунктами терминальной сети. Данный подход можно использовать в том случае, когда мы не располагаем данными о предполагаемых объемах перевозок либо они равны между собой – тогда условно можно принять все грузопотоки равными единице, перейдя к упрощенной формуле метода. Однако такое упрощение в итоге ведет к получению неоптимальных вариантов решений.

Есть ряд предложений по определению местоположения терминалов или объектов логистической сети без применения метода центра тяжести грузопотоков [3, 4]. Суть их сводится к тому, что оценка и последующий выбор точек терминальной сети производятся на основании экспертных или иных оценок по ряду критериев (факторов). Полученные оценки сводятся к единому значению либо сравниваются в совокупности. В результате сравнения результатов выбирается один или несколько наилучших вариантов размещения опорных терминалов в ряде пунктов. Широкое использование данного подхода связано с относительной простотой его использования (не нужно разрабатывать аналитические выражения, вводить для них значения показателей и создавать соответствующие базы данных). Однако имеются здесь и существенные недостатки, на наш взгляд, делающие подход неприменимым для оптимизации крупной и сложной транспортно-логистической сети. Во-первых, правильность и адекватность оценок и используемых удельных весов во многом зависят от квалификации и опыта привлекаемых экспертов и аналитиков, что уже позволяет подвергнуть сомнению любые полученные результаты. Во-вторых, и это самое главное, в [3, 4] производится оценка существующих пунктов логистической сети, без возможности оценки потенциального размещения терминалов в новых местах. Следовательно, серьезно сужается сфера применимости данного подхода, особенно при проектировании транспортно-логистических терминальных сетей.

Однако имеются более интересные подходы, усложняющие или дополняющие обычный метод центра тяжести грузопотоков, благодаря чему оптимизационный процесс представляется более эффективным, позволяющим получить достоверные результаты.

В работе [5] вместо размеров грузопотоков используется показатель «веса спроса» (по сути, качественная характеристика объема грузопотока, позволяющая уйти от использования и необходимости нахождения количественного значения), а также коэффициент, уточняющий величину расстояния между пунктами. Следует отметить, что последний параметр позволяет учесть различия в расстояниях при движении по транспортным путям, которые, как правило, отличаются от расстояний между пунктами по прямой.

Авторы статьи [6] также предлагают учитывать реальные расстояния перевозок, для чего в предлагаемом методе используется инструментарий географических информационных систем. После получения первых результатов поиска оптимального решения на втором этапе варианты дополнительно оцениваются по ряду критериев (с использованием удельных весов). Таким образом, получается комбинация метода центра тяжести грузопотоков и метода экспертных оценок.

В [7] дополнительно транспортная составляющая уточнена с учетом возможной (и в реальности существующей) разницы в тарифах перевозчиков на различных видах транспорта в зависимости от используемого подвижного состава, загрузки, расстояния перевозки и так далее. В статье [2] формулы метода центра тяжести грузопотоков уточнены в целях определения количества и минимизации выбросов углекислого газа автотранспортом. Другие критерии при этом из рассмотрения опускаются, что, на наш взгляд, некорректно.

В работе [8] центр тяжести грузопотоков используется для поиска оптимальных мест размещения пунктов обслуживания по ряду регионов. При этом не учитывается, что в каждом регионе может располагаться несколько таких пунктов (идет поиск

обязательно только одной точки), а также возможность взаимных перевозок и перемещения продукции между пунктами разных регионов.

Интерес представляют методы, предлагаемые в [9] и [10]. В этих работах для более корректного учета возможности создания опорных пунктов в новых местах вводится стоимостная оценка затрат на строительство (соответственно, для существующих терминалов она равна нулю, для новых – определенному фиксированному значению). При этом в обеих методиках нет допущения, что затраты на создание терминала в одной и той же точке могут отличаться в зависимости от требуемого функционала, используемого оборудования, применяемой технологии и технического оснащения. Хотя данная ситуация, когда характеристики терминалов определяют различия в их стоимости (и весьма существенные), согласно [11-13], достаточно часто встречается.

В [14] в метод центра тяжести грузопотоков вводится параметр транспортной составляющей для более точного учета расстояний, причем не только до точки предполагаемого места размещения терминала, но и также до других, таких же терминалов.

Рассмотренные публикации и описанные в них методы и подходы показывают, с одной стороны, единство в общем направлении выбора методов оптимизации и определения мест расположения объектов транспортно-логистической сети. С другой стороны, в зависимости от конечных целей использования методов или значимости тех или иных избранных критериев, имеют место различные модификации известных методов, а также различная степень их формализации.

В связи с этим для разработки метода обоснования оптимального территориального размещения транспортно-логистических терминалов (в том числе речных) или оптимизации их сети представляется необходимым формирование набора требований и критериев, имеющих значение, а также учитывающих специфику функционирования системы комбинированных перевозок, их инфраструктурного обеспечения на различных видах транспорта.

Материалы и методы

Метод обоснования оптимального территориального размещения транспортно-логистических терминалов или оптимизации их сети должен формироваться по результатам выполнения следующего алгоритма:

1. Рассмотрение существующих подходов и методов определения оптимального местоположения и рекомендаций по размещению транспортно-логистических терминалов и других объектов логистической инфраструктуры.
2. Выделение преимуществ и недостатков различных методов с целью определить, какие из них следует использовать, какие – отвергнуть, а какие следует учесть, но только при определенном развитии и доработке.
3. Формулировка требований к разрабатываемому методу территориального размещения транспортно-логистических терминалов с учетом специфики функционирования речного и других видов транспорта, а также условий осуществления перевозочной деятельности (например, в рамках международных транспортных коридоров или системы региональных перевозок).
4. Разработка и формализация методики определения оптимального места расположения терминалов в системе комбинированных перевозок с участием речного транспорта.

5. Апробация разработанной методики на примере какой-либо формируемой или действующей транспортной сети (международного транспортного коридора и др.).

Анализ публикаций и источников, описывающих и предлагающих различные модификации метода центра тяжести грузопотоков или его альтернатив, нами проведен выше. Там же указаны преимущества и недостатки существующих подходов, которые необходимо учитывать при разработке нового метода определения территориального размещения транспортно-логистических терминалов.

С учетом выполненного анализа, по мнению авторов, применительно к условиям функционирования международного транспортного коридора методика определения оптимального местоположения терминала в системе комбинированных грузовых перевозок должна учитывать следующие требования:

- поиск оптимального места расположения должен учитывать не только географическое положение источников грузопотоков (производителей, грузоотправителей), но также и стоимость транспортирования грузов;
- стоимость транспортирования грузов должна включать доставку от источника грузопотока на терминал и последующую доставку на ключевые пункты дальнейшего грузодвижения в рамках коридора (в нашем случае – порты перевалки грузов с сухопутных и речного вида транспорта на морской транспорт);
- перевозка груза может осуществляться различными видами транспорта, в том числе с распределением грузопотока между основными тремя видами транспорта – водным, автомобильным и железнодорожным;
- терминал может быть образован на базе уже имеющегося перегрузочного пункта (при необходимой модернизации и развитии имеющейся инфраструктуры), либо спроектирован и построен;
- терминал может быть рассчитан на грузопереработку определенного рода груза либо являться универсальным, обеспечивая перевалку нескольких обусловленных грузов.

Результаты

Для нашего случая может быть использован метод центра тяжести грузопотоков, широко применяемый в логистике. Однако, учитывая, что он имеет ряд недостатков, таких, как учет расстояния между основными пунктами по прямой, а также игнорирование топографии местности, нам придется модифицировать данный подход, приведя его к форме, удобной для учета названных выше требований.

В классической формулировке координаты центра тяжести грузопотоков, указывающие на оптимальное место расположения склада или распределительного центра, определяются по выражениям:

$$X_{\text{ц}} = \frac{\sum X_i \cdot Q_i}{\sum Q_i};$$
$$Y_{\text{ц}} = \frac{\sum Y_i \cdot Q_i}{\sum Q_i},$$

где X_i и Y_i – координаты i -го потребителя;

Q_i – грузооборот i -го потребителя;

$X_{\text{ц}}$ и $Y_{\text{ц}}$ – координаты центра тяжести грузопотоков.

Для учета стоимости транспортировки данные выражения необходимо привести к виду:

$$X_{\text{Т}} = \frac{\sum X_i \cdot Q_i \cdot T_{ij}}{\sum Q_i \cdot T_{ij}};$$

$$Y_T = \frac{\sum Y_i \cdot Q_i \cdot T_{ij}}{\sum Q_i \cdot T_{ij}},$$

где T_{ij} – стоимость доставки груза i -го грузовладельца j -ым видом транспорта, руб./ткм;

X_T и Y_T – координаты места расположения терминала.

Поскольку кроме консолидирующихся (распределяемых) грузопотоков для терминала имеется исходящий (входящий) грузопоток, идущий от терминала по транспортному коридору, этот дополнительный объем груза, проходящий через ключевые пункты коридора, также должен быть учтен. В результате выражение примет вид:

$$X_T = \frac{\sum X_i \cdot Q_i \cdot T_{ij} + X_k \cdot T_k \cdot \sum Q_i}{\sum Q_i \cdot T_{ij} + T_k \cdot \sum Q_i};$$

$$Y_T = \frac{\sum Y_i \cdot Q_i \cdot T_{ij} + Y_k \cdot T_k \cdot \sum Q_i}{\sum Q_i \cdot T_{ij} + T_k \cdot \sum Q_i},$$

где X_k и Y_k – координаты места расположения ключевого пункта транспортного коридора, на или через который происходит вывоз (ввоз) грузов с консолидирующего (распределительного) терминала;

T_k – стоимость доставки груза с терминала на ключевой пункт транспортного коридора (или наоборот, в зависимости от направления грузопотока), руб./ткм;

Следует отметить, что предлагаемый методический подход имеет ряд ограничений в своем применении. В частности, предполагается, что вывоз или ввоз груза на терминал осуществляется только одним видом транспорта (поэтому в выражениях отсутствует суммирование по признаку j), тогда как в реальности различные виды транспорта могут одновременно использоваться для осваивания крупного грузопотока. Также не рассчитано, что терминалов в рамках транспортного коридора может быть несколько (идет поиск координат только одного центра тяжести), и более того, что на их обустройство и модернизацию могут потребоваться дополнительные инвестиции, в результате чего найденное решение окажется неоптимальным, а в ряде случаев и невозможным для реализации.

Таким образом, использование последних выражений следует рекомендовать для первоначального, примерного определения местоположения терминальных комплексов в рамках транспортного коридора. На втором этапе необходимо будет производить сравнительную оценку приемлемых вариантов создания или модернизации существующих терминалов и организации грузодвижения через них. К сожалению, объединения этих двух этапов в единый математический аппарат данный метод не предусматривает.

Указанные выше ограничения обуславливают необходимость рассмотрения различных вариантов организации работы терминалов в транспортных коридорах, что ведет к другой постановке задачи и использованию других методических подходов.

Так, представляется возможным формирование соответствующей экономико-математической модели, сформулированной авторами далее.

Целевая функция – поиск такого места расположения терминала (координат X_T и Y_T), при котором будет достигаться минимальная стоимость транспортирования груза от грузовладельцев на терминал и от терминала к ключевому пункту транспортного коридора, при этом дополнительные затраты на развитие терминальной инфраструктуры также должны быть минимальны:

$$\sum_i (Q_i T_{ij_{X_T Y_T}} + Q_i T_{k_{X_T Y_T}}) + I_{X_T Y_T} \rightarrow \min ,$$

где Q_i – размер грузопотока, перевозимого от i -го грузовладельца, т.;

$T_{ij X_T Y_T}$ – стоимость доставки груза i -го грузовладельца j -ым видом транспорта до терминала, расположенного в координатах X_T и Y_T , руб./ткм;

$T_{k X_T Y_T}$ – стоимость доставки груза с терминала, расположенного в координатах X_T и Y_T , на ключевой пункт транспортного коридора (или наоборот), руб./ткм;

$I_{X_T Y_T}$ – затраты (инвестиции) на модернизацию инфраструктуры или постройку терминала в точке с координатами X_T и Y_T , руб.

В основной модели также должен быть учтен ряд ограничений, о которых было сказано ранее.

Ограничения:

1. Должен быть освоен весь планируемый к транспортированию через транспортный коридор грузопоток:

$$\sum_i Q_i = Q_{\text{МТК}},$$

где $Q_{\text{МТК}}$ – общий грузопоток, планируемый к освоению в рамках международного транспортного коридора, т.

Перевозки между пунктами осуществляются одним из рассматриваемых видов транспорта, поэтому в формуле функции цели отсутствует суммирование по индексу j .

2. Суммарные затраты на модернизацию инфраструктуры или постройку терминала не должны превышать возможности инвесторов:

$$I_{X_T Y_T} \leq I_{\text{пред}},$$

где $I_{\text{пред}}$ – предельный уровень затрат инвесторов в модернизацию существующего или постройку нового терминала, руб.

3. Переменные являются неотрицательными целочисленными величинами:

$$i = 1, 2, \dots, m; i \in I;$$

$$j = 1, 2, \dots, n; j \in J.$$

Для перевозок грузов от конкретного грузовладельца могут одновременно использоваться все доступные виды транспорта при условии совместного освоения грузопотока. В этом случае целевая функция примет вид:

$$\sum_i \sum_j Q_{ij} T_{ij X_T Y_T} + \sum_i Q_i T_{k X_T Y_T} + I_{X_T Y_T} \rightarrow \min;$$

Дополнительное ограничение:

$$\sum_j Q_{ij} = Q_i,$$

где Q_{ij} – размер грузопотока, перевозимого от i -го грузовладельца j -ым видом транспорта, т.;

В зависимости от разнообразия грузов и объемов грузопотоков по районам, прилегающим к транспортному коридору, возможна организация перевалки через несколько перегрузочных пунктов (осуществляется поиск координат нескольких терминалов, предельное количество которых может задаваться):

$$\sum_i \sum_j \sum_t Q_{ijt} T_{ij X_t Y_t} + \sum_i \sum_t Q_{it} T_{k X_t Y_t} + \sum_t I_{X_t Y_t} \rightarrow \min;$$

Дополнительное ограничение:

$$t = 1, 2, \dots, l; t \in T,$$

где Q_{ijt} – размер грузопотока, перевозимого от i -го грузовладельца j -ым видом транспорта через терминал t (находящийся в координатах X_t и Y_t), т.;

$T_{ij X_t Y_t}$ – стоимость доставки груза i -го грузовладельца j -ым видом транспорта до терминала, расположенного в координатах X_t и Y_t , руб./ткм;

$T_{k X_t Y_t}$ – стоимость доставки груза с терминала, расположенного в координатах X_t и Y_t , на ключевой пункт транспортного коридора (или наоборот), руб./ткм;

$I_{X_t Y_t}$ – затраты (инвестиции) на модернизацию инфраструктуры или постройку терминала в точке с координатами X_t и Y_t , руб.

Специализация терминала должна соответствовать роду перегружаемого через него груза (z). В этом случае целевая функция будет определяться следующим выражением:

$$\sum_i \sum_j \sum_t z_{it} Q_{ijt} T_{ij X_t Y_t} + \sum_i \sum_t z_{it} Q_{it} T_{k X_t Y_t} + \sum_t I_{X_t Y_t} \rightarrow \min ;$$

где z_{it} – признак возможности осуществления перевозки i -го груза через терминал t (находящийся в координатах X_t и Y_t), $z_{it} = 0, 1$ (0 – перевозка невозможна, 1 – перевозка возможна).

Итоговый вариант экономико-математической модели с учетом всех ограничений, направленный на поиск оптимального варианта размещения одного или нескольких терминальных комплексов, обеспечивающих освоение всех грузопотоков, проходящих по коридору, примет вид:

$$\sum_i \sum_j \sum_t z_{it} Q_{ijt} T_{ij X_t Y_t} + \sum_i \sum_t z_{it} Q_{it} T_{k X_t Y_t} + \sum_t I_{X_t Y_t} \rightarrow \min ;$$

Ограничения:

$$\sum_j \sum_t Q_{ijt} = Q_i ;$$

$$\sum_i \sum_j \sum_t Q_{ijt} = Q_{\text{МТК}} ;$$

$$\sum_t I_{X_t Y_t} \leq I_{\text{пред}} ;$$

$$i = 1, 2, \dots, m; i \in I ;$$

$$j = 1, 2, \dots, n; j \in J ;$$

$$t = 1, 2, \dots, l; t \in T .$$

Для апробации разработанной методики рассмотрим контрольный пример по участку международного транспортного коридора «Север – Юг», охватывающему Астраханскую, Волгоградскую, Самарскую, Саратовскую, Ростовскую, Тамбовскую и Воронежскую области. В качестве обслуживаемого грузопотока выступит зерно, которое активно перевозится в экспортном направлении из России в Иран через порт Астрахань. Этот грузопоток может стать возможной обратной загрузкой для подвижного состава, перевозящего пиломатериалы, промышленное оборудование из Ирана в Европу транзитом через нашу страну.

На рисунке 1 показаны основные грузообразующие пункты в рассматриваемых областях, а также потенциальные объемы для экспорта зерна из страны.

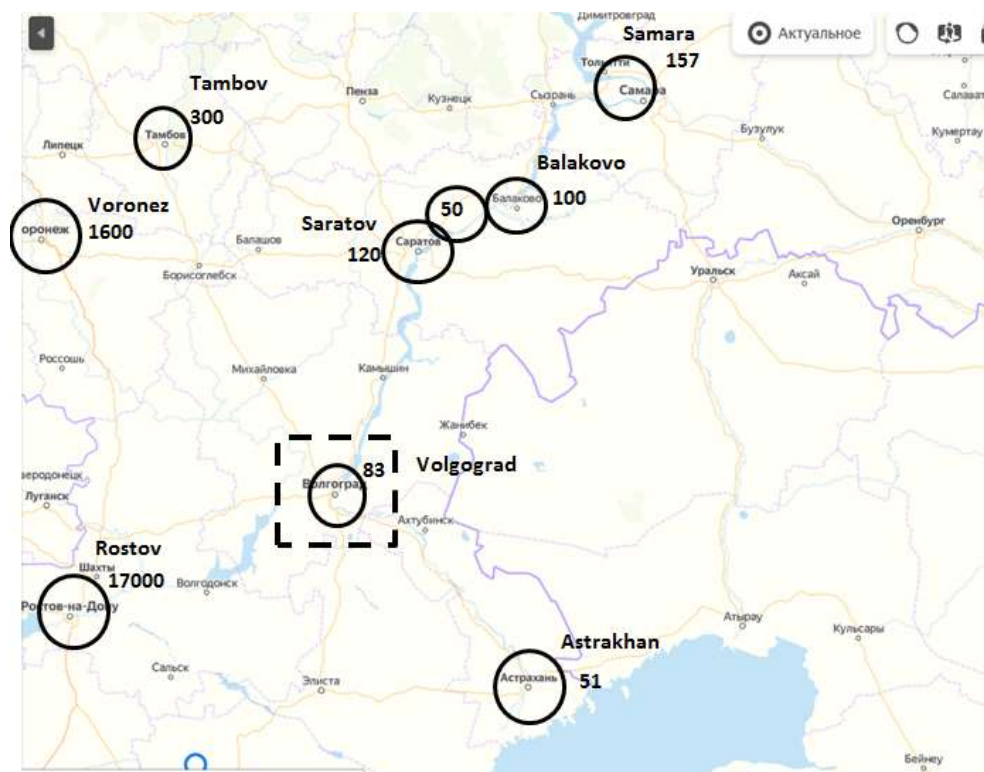


Рис. 1. Источники экспортного грузопотока зерна, следующего из России в Иран, и результат определения оптимального места расположения терминала (выделен пунктиром)

По предложенной методике были произведены расчеты оптимального места расположения терминального комплекса для консолидации имеющихся грузопотоков и экономически оправданной транспортировки с терминала на ключевой пункт транспортного коридора, в качестве которого в нашем примере выступает порт Астрахань (и по которому рассчитывается общий экспортный объем перевозок). Результаты расчета в виде оптимального для размещения терминала района показаны на рисунке пунктиром.

Следует отметить, что задача решалась на поиск одного терминала, обслуживающего весь рассматриваемый район, но также возможен поиск оптимального расположения целой сети терминалов, консолидирующих обслуживаемые грузопотоки по отдельным регионам и областям. Однако для этого следует иметь соответствующую базу данных по грузовладельцам, их экспортно-импортному потенциалу, тарифам местных перевозчиков, пропускным способностям и специализации имеющихся терминалов.

Выводы

Предлагаемый методический подход, основанный на методе центра тяжести грузопотоков, может быть использован для определения оптимального местоположения и размещения транспортно-логистических терминалов в системе комбинированных перевозок с участием речного транспорта. Его также можно использовать при моделировании транспортно-логистических систем доставки грузов с целью их оптимизации, а также нахождения оптимальной схемы территориального размещения воднотранспортных терминалов, при которой взаимодействие речного и

других видов транспорта было бы взаимовыгодным и эффективным как для транспортных организаций, так и для потребителей их услуг.

Рассмотренный пример формирования методики для условий функционирования международного транспортного коридора показывает возможность её использования для различных условий и видов транспортно-логистических систем. Однако при этом необходима модернизация целевой функции, ограничений (существующих, а также ввод ряда дополнительных при необходимости) для отражения специфики той или иной транспортно-логистической системы и адекватности результатов расчетов.

Список литературы

1. Van Thai V., Grewal D. Selecting the location of distribution centre in logistics operations: A conceptual framework and case study // *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*. 2005. Vol. 17. No. 3. Pp. 3–24. doi: 10.1108/13555850510672359
2. Büyüksaatçi S., Ş. Esnaf Ş. Carbon Emission Based Optimisaton Approach for the Facility Location Problem // *TOJSAT: The Online Journal of Science and Technology*. 2014. Vol. 4. No. 1. URL:<http://www.tojsat.net/journals/tojsat/volumes/tojsat-volume04-i01.pdf#page=15>
3. Ližbetin J. Methodology for Determining the Location of Intermodal Transport Terminals for the Development of Sustainable Transport Systems: A Case Study from Slovakia, Sustainability // *Special Issue "Intermodal Transportation and Sustainable Mobility"*. 2019. Vol. 11. Issue 5. doi: 10.3390/su11051230
4. Liang F., Verhoeven K., Brunelli M., Rezaei J. Inland terminal location selection using the multistakeholder best-worst method // *International Journal of Logistics Research and Applications*. 2021. doi:10.1080/13675567.2021.1885634
5. Liu Y., Ren Z. Study on site selection of cold chain logistics in northwest territories // *AIP Conference Proceedings* 1864. 2017. Pp. 020157-1–020157-8. doi:10.1063/1.4992974
6. Bosona T., Nordmark I., Gebresenbet G., Ljungberg D. GIS-Based Analysis of Integrated Food Distribution Network in Local Food Supply Chain // *International Journal of Business and Management*. 2013. Vol. 8. No. 17. Pp. 13–34. doi:10.5539/ijbm.v8n17p13
7. Almetovaa Z., Shepelev V., Shepelev S. Cargo Transit Terminal Locations According to the Existing Transport Network Configuration // *International Conference on Industrial Engineering, Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. Pp. 1396–1402. doi: 10.1016/j.proeng.2016.07.335
8. Nahleh Y.A., Kumar A., Daver F. Facility Location Problem in Emergency Logistic // *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*. 2013. Vol. 7. No. 10. https://www.academia.edu/download/43650813/Facility_Location_Problem_in_Emergency_L20160312-1543-th7iy8.pdf
9. Slabinac M. Approaches to distribution centre's location problem and its role in green supply chain management // *Business Logistics in Modern Management*. 2013. Vol. 13. <http://www.efos.unios.hr/repec/osi/bulimm/PDF/BusinessLogisticsinModernManagement13/blimm1309.pdf>
10. Li L., Zhang J. Logistics Distribution Center Location Optimizatio Model An Example Study // *13th Global Congress on Manufacturing and Management (GCMM 2016), MATEC Web Conf*. 2017. Vol. 100. doi: 10.1051/mateconf/201710002026
11. Никулина М.В., Подобед В.А. Особенности обоснования эффективности строительства речных причалов предприятий // *Научные проблемы водного транспорта*. 2020. №64. С. 164–170. doi:10.37890/jwt.vi64.107
12. Телегин А.И., Нюркин С.И., Нюркин А.В. Анализ требований технического регламента к грузовому речному терминалу для безопасной перегрузки и складирования автотранспортных средств // *Научные проблемы водного транспорта*. 2020. №64. С. 180–185. doi:10.37890/jwt.vi64.109
13. Троилина А.В. Тенденции, факторы и индикаторы развития транзитной транспортной инфраструктуры Российской Федерации // *Научные проблемы водного транспорта*. 2021. №66. С. 123–137. doi:10.37890/jwt.vi66.152

14. Gutierrez M.T.E., Mutuc J.E.S. A Model for Humanitarian Supply Chain: An Operation Research Approach // 7th International Conference on Building Resilience, Procedia Engineering, 2018. Vol. 212. Pp. 659–666. doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.085

References

1. Van Thai V., Grewal D. Selecting the location of distribution centre in logistics operations: A conceptual framework and case study, *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 2005, vol. 17, no. 3, pp. 3–24. doi: 10.1108/13555850510672359
2. Büyüksaatçi S., Ş. Esnaf Ş. Carbon Emission Based Optimisation Approach for the Facility Location Problem, *TOJSAT: The Online Journal of Science and Technology*, 2014, vol. 4, no. 1. URL: <http://www.tojsat.net/journals/tojsat/volumes/tojsat-volume04-i01.pdf#page=15>
3. Ližbetin J. Methodology for Determining the Location of Intermodal Transport Terminals for the Development of Sustainable Transport Systems: A Case Study from Slovakia, Sustainability, *Special Issue "Intermodal Transportation and Sustainable Mobility"*, 2019, vol. 11, issue 5. doi: 10.3390/su11051230
4. Liang F., Verhoeven K., Brunelli M., Rezaei J. Inland terminal location selection using the multistakeholder best-worst method // *International Journal of Logistics Research and Applications*. 2021. doi:10.1080/13675567.2021.1885634
5. Liu Y., Ren Z. Study on site selection of cold chain logistics in northwest territories, *AIP Conference Proceedings 1864*, 2017, pp. 020157-1–020157-8. doi:10.1063/1.4992974
6. Bosona T., Nordmark I., Gebresenbet G., Ljungberg D. GIS-Based Analysis of Integrated Food Distribution Network in Local Food Supply Chain, *International Journal of Business and Management*, 2013, vol. 8, no. 17, pp. 13–34. doi:10.5539/ijbm.v8n17p13
7. Almetovaa Z., Shepelev V., Shepelev S. Cargo Transit Terminal Locations According to the Existing Transport Network Configuration, *International Conference on Industrial Engineering, Procedia Engineering*, 2016, vol. 150, pp. 1396–1402. doi: 10.1016/j.proeng.2016.07.335
8. Nahleh Y.A., Kumar A., Daver F. Facility Location Problem in Emergency Logistic, *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 2013, vol. 7, no. 10. https://www.academia.edu/download/43650813/Facility_Location_Problem_in_Emergency_L20160312-1543-th7iy8.pdf
9. Slabinac M. Approaches to distribution centre's location problem and its role in green supply chain management, *Business Logistics in Modern Management*, 2013, vol. 13. <http://www.efos.unios.hr/repec/osi/bulimm/PDF/BusinessLogisticsinModernManagement13/blimm1309.pdf>
10. Li L., Zhang J. Logistics Distribution Center Location Optimization Model An Example Study, 13th *Global Congress on Manufacturing and Management (GCMM 2016)*, *MATEC Web Conf. 2017*, vol. 100. doi: 10.1051/mateconf/201710002026
11. Nikulina M.V., V. Podobed V.A., Osobennosti obosnovanija jeffektivnosti stroitel'stva rechnyh prichalov predpriyatij [The Features Of Effectiveness Substantiation For Construction Of River Piers Of Enterprises], *Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport]*, 2020, vol. 64, pp. 164–170. doi:10.37890/jwt.vi64.107
12. Telegin A.I., Nyurkin S.I., Nyurkin A.V. Analiz trebovanij tehničeskogo reglamenta k gruzovomu rechnomu terminalu dlja bezopasnoj peregruzki i skladirovanija avtotransportnyh sredstv [Analysis Of Technical Regulations Requirements To The Cargo River Terminal For The Safe Handling And Storage Of Motor Vehicles], *Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport]*, 2020, vol. 64, pp. 180–185. doi:10.37890/jwt.vi64.109
13. Troilina A.V. Tendencii, faktory i indikatory razvitija tranzitnoj transportnoj infrastruktury Rossijskoj Federacii [Trends, factors and indicators of development of the transit transport infrastructure of the Russian Federation], *Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport]*, 2021, vol. 66, pp. 123–137. doi:10.37890/jwt.vi66.152
14. Gutierrez M.T.E., Mutuc J.E.S. A Model for Humanitarian Supply Chain: An Operation Research Approach, *7th International Conference on Building Resilience, Procedia Engineering*, 2018, vol. 212, pp. 659–666. doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.085

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ничипорук Андрей Олегович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: nichiporouk@rambler.ru

Andrey O. Nichiporuk, Dr. Sci. (Eng), Assistant Professor, Professor of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, Nesterova, 5, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, e-mail: nichiporouk@rambler.ru

Карташова Ольга Ивановна, доктор экономических наук, доцент, директор, Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген.-адм. Ф.М.Апраксина – филиал Волжского государственного университета водного транспорта, 414000, г. Астрахань, ул. Никольская, 6, e-mail: olgavgavt@gmail.com

Olga I. Kartashova, Dr. Sci. (Econ), assistant professor, director, The Caspian Institute of Sea and River Transport named after Gen.-Adm. F. M. Apraksin is a branch of the Volga State University of Water Transport, Nikolskaya st., 6, Astrakhan city, 414000, Russian Federation, e-mail: olgavgavt@gmail.com

Ганчеренок Игорь Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, директор Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций, Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: gancher62@mail.ru

Igor I. Gancherenok, Dr. Sci. (Phys & Math), Professor Director of the Belarusian-Uzbek Interdisciplinary Institute of Applied Technical Qualifications, Belarusian National Technical University, 65 Independence Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus, e-mail: gancher62@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15.06.2022; опубликована онлайн 20.12.2022.
Received 15.06.2022; published online 20.12.2022.