УДК 630.383 DOI: 10.18324/2077-5415-2018-1-126-129

Анализ и разработка транспортных схем нормальных направлений грузопотоков лесоматериалов

В.А. Иванников

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева 8, Воронеж, Россия
chonochka@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9885-4586
Статья поступила 5.02.2018, принята 15.02.2018

Установлено, что рационализация перевозок грузов на основе разработки и внедрения схем нормальных направлений грузопотоков (СННГ) требует, наряду с организационно-техническими мероприятиями, выполнения большого объема вычислительных работ и трудоемких операций по подготовке необходимой для расчетов информации. Поэтому на практике приходится считаться с указанными обстоятельствами и выбирать исходные предпосылки и периодичность расчетов с учетом определения наиболее устойчивых направлений грузопотоков и реальных возможностей вычислительных систем. С этой целью чаще всего применяют агрегирование исходных данных в транспортной или административно-территориальной форме, в результате чего оптимизационные расчеты получаются проще. В то же время такой подход допускает заметную погрешность в пределах уровня агрегирования и связан с дополнительными затратами по укрупнению данных и расшифровке результатов. В практических приложениях агрегирование требует соответствующего обоснования и обычно допустимо (ввиду определенной устойчивости решения рассматриваемого класса задач к изменениям данных) при определении магистральных направлений грузопотоков на перспективу. Выявлено, что для грузов с ограниченными зонами распространения, сезонностью перевозок, выраженной динамичностью производства и потребления, а также в условиях изменения конфигурации и эксплуатационных характеристик сети необходимо разрабатывать СННГ с большей детализацией в пределах отдельных полигонов с учетом направлений, установленных общественными схемами. При этом появляется реальная возможность оперативнее учитывать изменения влияющих на СННГ факторов, своевременно корректировать схемы и эффективнее использовать их на полигонах транспортной сети при оптимизации перевозок грузов.

Ключевые слова: система; транспорт; лесоматериалы; потоки; структура; перспективное планирование; моделирование; алгоритм; метод; производство; технологическая операция; оптимизация; управление.

Analysis and development of transport schemes for adequate schemes for timber cargo traffic

V.A. Ivannikov

Voronezh State University of Forestry and Technologies under name of G.F. Morozov; 8, Timiryazev St., Voronezh, Russia
chonochka@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9885-4586
Received 5.02.2018, accepted 15.02.2018

It has been established that the rationalization of cargo transportation on the basis of the development and implementation of adequate schemes for cargo traffic requires, along with organizational and technical measures, the implementation of a large amount of computational work and labor-intensive operations to prepare the information necessary for calculations. Therefore, in practice, one must take into account these circumstances and choose the initial assumptions and periodicity of calculations, considering the definition of the most stable directions of cargo flows and the real capabilities of computer systems. For this purpose, the aggregation of the source data in the transport or administrative-territorial form is most often used, as a result of which the optimization calculations are made easier. At the same time, such an approach allows a significant error within the level of aggregation and is associated with additional costs for the enlargement of data and interpretation of the results. In practical applications, aggregation requires an appropriate justification and is usually permissible (in view of the certain stability of the solution of the class of problems under consideration to data changes) in determining the trunk directions of cargo flows for the future. It was revealed that for cargo with limited distribution zones, seasonality of traffic, pronounced dynamics of production and consumption, as well as in conditions of changing configuration and operational characteristics of the network, it is necessary to develop schemes with more detail within individual ranges, taking into account the directions established by public schemes. At the same time, there is an opportunity to take into account changes in the factors influencing the schemes for cargo traffic faster, to correct them in a timely manner and to use them more efficiently at the transport network polygons when optimizing cargo transportation.

Keywords: system; transportation; timber; streams; structure; forward planning; modeling; algorithm; method; production; process operation; optimization; management.

Введение

Для расчета региональных транспортных схем с учетом сетевых направлений грузопотоков необходимо унифицировать описание последних. Это связано с тем, что применяемые формы описания схем грузопотоков лесоматериалов часто содержат формулировки, не поддающиеся однозначной формализации.

Наиболее целесообразно решение данной задачи на сети с «удлиненными» дугами или с запретами на матрице, так как реализация алгоритма при этом всегда приводит к конечному результату. Однако получаемое решение может содержать встречные перевозки на отдельных участках или запрещенные корреспонденции на матрице, окончательные выводы по которым могут быть сделаны лишь на основе тщательного анализа [1, 2].

Математическая формализация рассматриваемой задачи, включающая две ее разновидности, обусловленные особенностями описания общесетевых схем, заключается в следующем [3, 4].

Постановка и решение задачи. Модель транспортной сети для решения рассматриваемой задачи описывается следующим образом [5; 6]. Задан конечный связный граф, изображающий схему железных дорог:

$$G = (V, \upsilon) \equiv (V, r),$$

где V, υ — множества соответственно вершин сети и ориентированных ребер (участков), соединяющих вершины графа; r — отображение множества V самого на себя.

Отдельный полигон сети представляется в виде подграфа G'' графа G, который может быть определен так:

$$G'' = (V'', И'') \equiv (V'', r''), \quad V'' \subset V, \quad И'' \subset И. \qquad (2)$$

$$r''\upsilon = (r\upsilon) \cap V''.$$

При этом элементами множества V'' являются все пункты полигона и стыковые пункты с соседними полигонами, а элементами множества $И''$ — упорядоченные пары ($\upsilon_i ; \upsilon_j$).

Если кратчайший путь между какими-либо пунктами включает участки других полигонов, то следует расширить множество $И''$ и соответственно отображение r'', включив в них условные дуги между выходными и входными пунктами полигона на данном пути. Иначе, если кратчайший путь из υ'_i в υ'_j проходит за пределы полигона через υ''_{i1} и входит через υ''_{j1}, будем считать, что:

$$(\upsilon''_{i1}, \upsilon''_{j1}) \in И'', \quad \upsilon''_{j1} \in r''\upsilon''_{i1}. \qquad (3)$$

Общесетевые схемы нормальных направлений грузопотоков (СННГ) на сети представляются как некоторые ориентированные графы G_Δ без контуров, являющиеся по отношению к графу G частичными графами, содержащими все его вершины и только часть его дуг:

$$G_\Delta = (V, U_\Delta), \quad U_\Delta \subset U. \qquad (4)$$

На полигоне дороги сетевая СННГ изображается в виде частичного графа G''_Δ, определяемого соотношением:

$$G''_\Delta(V'', U''_\Delta) = G_\Delta(V, U_\Delta) \cap G''(V''U''), \quad U''_\Delta = U_\Delta \cap И. \qquad (5)$$

Для формирования расчетной транспортной сети построим граф $G''\Delta^*$, обратный графу G''_Δ, и ориентированный граф следующим образом:

$$G''^*_\Delta = (V''_1, U''^*_\Delta); \quad G''_z = (V''_1, U''_z); \quad U''_z = U'' - U''^*_\Delta \qquad (6)$$

где U''^*_Δ — множество дуг, противоположных дугам множества $И''_\Delta$.

Тогда сеть для расчета на выделенном полигоне может быть изображена в виде графа G''_Z, дугам которого поставлены в соответствие некоторые положительные числа (расстояние, время, издержки и т. п.) [7, 8]. Чтобы обеспечить выполнение вычислительных процедур на ЭВМ с выдачей конечных результатов, выделим в множестве U'' подмножества $И''_\Delta$ и U''^*_Δ и поставим в соответствие дугам графа G некоторые положительные числа из соотношения:

$$f(U'') = \begin{cases} f(И''), И'' \in И_z \\ M \geq \max f(И''), И'' \in U''^*_\Delta \end{cases} \qquad (7)$$

Для математической постановки однопродуктовой транспортной задачи по полученной сети зададим на множестве U'' функции $d(И'')$ пропускных способностей по дугам данного груза, а на множестве V'' определим функции $a_i(\upsilon'')$ производства и потребления. Последние принимают значения $a_i (i \in J')$ в пунктах производства и $b_j (j \in J'')$ — в пунктах потребления. Здесь J', J'' — множества индексов соответственно пунктов производства и потребления [9]. Тогда рассматриваемая задача формируется следующим образом.

В области Z, определяемой ограничениями:

$$1) \sum_{И'' \in И''_r-} \bar{X}_r(И'') - \sum_{И'' \in И''_r+} r(И'') = \begin{cases} a_r, r \in J', \\ -b_r, r \in J'', \\ 0, r \in J_t; \end{cases} \qquad (8)$$

$$2) \; 0 \leq X(И'') \leq d(И''), \quad И'' \in U'', \qquad (9)$$

где $И''_r-, И''_r+$ — множества исходящих и соответственно входящих дуг вершины $r\ (r = 1, |U''|)$; J_t — множество индексов транзитных пунктов, задана целевая функция $F(x(И''))$. Требуется найти такой поток $\bar{X}(И'')$, чтобы было справедливо равенство:

$$F\left(\overline{X}\left(И''\right)\right)=\sum P\left(И''\right)\overline{X}\left(И''\right)= \\ =\min F\left(X\left(И''\right)\right),\quad X\left(И''\right)\in Z \qquad (10)$$

Здесь $\overline{X}(И')$ — вектор с числом компонент, равным мощности множества $И''$.

Первые ограничения означают соответственно:

Or — для пунктов отправления разность между суммами сдачи и приема равна ресурсам поставщика;

br — для пунктов назначения разность между суммами приема и сдачи равна величине прибытия груза в данный пункт;

нуль — для транзитных пунктов, когда прием и сдача груза должны быть равны. Второе условие означает, что каждая компонента вектора $\overline{X}(И')$ неотрицательна и не превышает заданной по дуге пропускной способности.

Количественные оценки ресурсов поставщиков по отправлению грузов из класса k в плановом периоде (a_i), а также потребностей в этих грузах по каждому пункту назначения (b_j) определяются на основе плановых или отчетных данных с учетом динамики их изменения за прошедший период и намечаемой перспективы.

Рационализация перевозок грузов на основе разработки и внедрения СННГ требует, наряду с организационно-техническими мероприятиями, выполнения больших вычислительных работ и трудоемких операций по подготовке необходимой для расчетов информации. С этой целью чаще всего применяют агрегирование исходных данных в транспортной или административно-территориальной форме, в результате чего оптимизационные расчеты получаются проще.

В практических приложениях агрегирование требует соответствующего обоснования и обычно допустимо (ввиду определенной устойчивости решения рассматриваемого класса задач к изменениям данных) при определении магистральных направлений грузопотоков на перспективу. Для грузов с ограниченными зонами распространения, сезонностью перевозок, выраженной динамичностью производства и потребления, а также в условиях изменения конфигурации и эксплуатационных характеристик сети необходимо разрабатывать СННГ с бóльшей детализацией в пределах отдельных полигонов с учетом направлений, установленных общественными схемами.

При этом появляется реальная возможность оперативнее учитывать изменения влияющих на СННГ факторов, своевременно корректировать схемы и эффективнее использовать их на полигонах транспортной сети при оптимизации перевозок грузов.

В сложившейся практике общественные СННГ задаются, в частности, одним из следующих способов.

В одном случае для пунктов погрузки указываются участки или пункты назначения как в местном, так и в прямом сообщении с учетом максимальной пропускной возможности транспортной системы. Тем самым однозначно определяются направления грузопотоков, а их графическое представление не вызывает затруднений.

В других случаях, в качестве разрешенных назначений указываются целые районы (с выделением отдельных участков), административно-территориальные единицы и т. п. При этом, если по указанному назначению удается выделить подмножество пунктов или участков, то разрешенные направления грузопотоков можно однозначно представить по схеме транспортной сети.

Значительной неопределенностью отличается случай, когда для группы пунктов отправления в качестве назначений указываются отдельные административно-территориальные или производственные единицы. В этом случае на схеме направления грузопотоков однозначно не определяются, и в пределах уровня агрегирования появляется погрешность в виде отдельных встречных перевозок, которая тем значительнее, чем выше уровень агрегирования [4].

Метод оценки производительной допустимости транспортной системы состоит в следующем.

Допустимость транспортной системы определяется ее продуктивной силой (P_T), которую определяем по формуле:

$$P_T = W_Ц \cdot Ц, \qquad (11)$$

где: $W_Ц$ — вместимость системы (в $м^3$, единиц подвижного состава); $Ц$ — период циклов (оборотов) подвижного состава за год.

Тогда емкость лесотранспортной системы можно определить:

$$W_Ц = N_p P_{CT}, \qquad (12)$$

где N_p — количество подвижного состава; P_{CT} — грузоподъемность единиц подвижного состава.

Количество циклов $Ц$:

$$Ц = \frac{365}{O_T}, \qquad (13)$$

где O_T — время грузооборота транспортных средств. Подставляя формулы (12) и (13) в (11), получим:

$$P_T = N_p P_{CT} \frac{365}{O}. \qquad (14)$$

Расчет производительности железнодорожного подвижного состава по времени грузооборота между грузообрабатывающими станциями является основной характеристикой определения эффективности функционирования всей транспортной системы.

Другим важным показателем является оборачиваемость железнодорожного подвижного состава [2]:

$$O_в = t_{дв} + t_{пр} + t_{гр} + t_{пер} + t_{б/пер}, \qquad (15)$$

где $t_{дв}$ — время нахождения в пути, $ч$; $t_{пр}$ — простой вагонов на промежуточных станционных пунктах, $ч$; $t_{гр}$ — общее время простоя вагона под погрузочными операциями, $ч$; $t_{пер}, t_{б/пер}$ — временные периоды на технических перегонах, $ч$.

Тогда соотношение (5) можно представить:

$$t_{дв} = \frac{l_p}{\upsilon_T}, \qquad (16)$$

где l_p — расстояние оборота вагона, *км*; υ_T — скорость грузовых локомотивов, *км/ч*;

$$t_{пр} = \frac{l_p}{\upsilon_y} - \frac{l_p}{\upsilon_T}; \tag{17}$$

где υ_y — поучастковая техническая скорость локомотива, *км/ч*;

$$t_{гр} = \kappa_м \bar{t}_{гр}, \tag{18}$$

где $\kappa_м$ — поправочный коэффициент к среднему времени нахождения вагонов в пунктах погрузки, $0 < \kappa_м \le 2$; $\bar{t}_{гр}$ — продолжительность грузовой операции, *ч*;

$$t_{пер} = \frac{l_p}{L_м} \bar{t}_{пер}, \tag{19}$$

где $L_м$ — расстояние между грузовыми станциями, *км*; $\bar{t}_{пер}$ — время простоя на технических перегонах, *ч*;

Тогда:

$$t_{T/пер} = \left(\frac{l_p}{L'_в} - \frac{l_p}{L_м} \right) \cdot \bar{t}_{б/пер}, \tag{20}$$

где $L'_в$ — продолжительность маршрута между техническими перегонами, *ч*; $\bar{t}_{б/пер}$ — средний период простоя вагона на технических перегонах без перегрузочных операций, *ч*.

Представленные выше выражения по определению производительности железнодорожной транспортной системы позволяют:

– определить основные показатели, описывающие эффективность функционирования транспортной системы;

– сформировать главные технические показатели при обороте вагонов в грузовом и порожняковом направлениях.

Вывод

Применение указанных подходов в процессах поставок лесоматериалов железнодорожным транспортом позволяет вырабатывать управленческие воздействия на транспортные подсистемы низшего уровня построения иерархической структуры.

Литература

1. Пильник Ю.Н., Сушков С.И., Арутюнян А.Ю. Методика определения оптимальной структуры парка транспортно-технологических машин [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22674 (дата обращения: 27.01.2018).

2. Сушков С.И., Бурмистрова Ю.Н., Пильник Ю.Н. Принципы решения задач управления в многоуровневых транспортно-производственных системах лесного комплекса [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. 2015. № 11. URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/ article/view?id=39332 (дата обращения: 27.01.2018).

3. Сушков С. И., Бухтияров В.Н., Иванников В.А.Математическое моделирование процессов управления техническим состоянием лесотранспортных машин // Строительные и дорожные машины. 2012. № 5. С. 52-54.

4. Setinc M., Gradisar M., Tomat L. Optimization of a highway project planning using a modified genetic algorithm // Optimization. 2015. Vol. 64, Is. 3. P. 687-707.

5. Thomas J. Stahlbau Design and conctruction in existing contexts: Replacement of the first High Bridge Levensau // Janssen Thomasstahlbau. 2015. Vol. 84, Is. 3. P. 182-194.

6. Hare W., Lucet Y., Rahman F. A mixed-integer linear programming model to optimize the vertical alignment considering blocks and side-slopes in road construction // European journal of operational research. 2015. Vol. 241. Is. 3. P. 631-641.

7. Santos J., Ferreira A., Flintsch G. A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework // International journal of pavement engineering. 2015. Vol. 16, Is. 3. P. 268-286.

8. Liyanage C., Villalba-Romero L. Measuring Success of PPP Transport Projects: A Cross-Case Analysis of Toll Roads // Transport reviews. 2015. Vol. 35, Is. 2. Special Is.: SI. P. 140-161.

9. Setinc M, Lucet Y., Rahman F. Optimization of a highway project planning using a modified genetic algorithm // Optimization. 2015. Vol. 64, Is. 3. P. 687-707.

References

1. Pil'nik Yu.N., Sushkov S.I., Arutyunyan A.Yu. Method for determining the optimal fleet structure transport and technological machines [Elektronnyi resurs] // Modern problems of science and education. 2015. № 2. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22674 (data obrashcheniya: 27.01.2018).

2. Sushkov S.I., Burmistrova Yu.N., Pil'nik Yu.N. Principles of management tasks in a multi-tier transport and production systems forest [Elektronnyi resurs] // Fundamental research. 2015. № 11. URL: http://www.fundamental-research.ru/ ru/article/ view?id=39332 (data obrashcheniya: 27.01.2018).

3. Sushkov S. I., Bukhtiyarov V.N., Ivannikov V.A. Mathematical modeling of management processes technical condition logging machines // Construction and road building machinery. 2012. № 5. P. 52-54.

4. Setinc M., Gradisar M., Tomat L. Optimization of a highway project planning using a modified genetic algorithm // Optimization. 2015. Vol. 64, Is. 3. P. 687-707.

5. Thomas J. Stahlbau Design and conctruction in existing contexts: Replacement of the first High Bridge Levensau // Janssen Thomasstahlbau. 2015. Vol. 84, Is. 3. P. 182-194.

6. Hare W., Lucet Y., Rahman F. A mixed-integer linear programming model to optimize the vertical alignment considering blocks and side-slopes in road construction // European journal of operational research. 2015. Vol. 241. Is. 3. P. 631-641.

7. Santos J., Ferreira A., Flintsch G. A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework // International journal of pavement engineering. 2015. Vol. 16, Is. 3. P. 268-286.

8. Liyanage C., Villalba-Romero L. Measuring Success of PPP Transport Projects: A Cross-Case Analysis of Toll Roads // Transport reviews. 2015. Vol. 35, Is. 2. Special Is.: SI. P. 140-161.

9. Setinc M, Lucet Y., Rahman F. Optimization of a highway project planning using a modified genetic algorithm // Optimization. 2015. Vol. 64, Is. 3. P. 687-707.