

Постановка задачи планирования маршрутов доставки грузов с учетом безопасности транспортировки

О.Л. Цветкова, А.Р. Айдинян, Ю.Ю. Долженкова

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Актуальность работы, целью которой является постановка задачи планирования маршрутов доставки ценных грузов, основана на наличии значительного спроса на перевозки грузов с участием специализированных транспортных компаний. Предлагается для графовой модели транспортной сети составить матрицы, влияющие на комплексную оценку движения между всеми узловыми точками маршрута в зависимости от времени суток и дня недели, и опыта персонала, сопровождающего груз. Комплексная оценка включает стоимость, длительность и безопасность доставки. Результатом решения рассматриваемой задачи является маршрут движения доставки груза, который отвечает поставленным целям.

Ключевые слова: задача планирования маршрута, задача поиска кратчайшего пути, безопасность доставки, графовая модель.

Введение

В настоящее время большая часть грузоперевозок осуществляется автомобильным транспортом посредством передачи заказов на доставку грузов по договору аутсорсинга. Это позволяет добиться оптимального баланса между качеством доставки, безопасностью и производимыми денежными затратами. При этом под качеством понимаются время доставки и физическая целостность груза в процессе перевозки, а под безопасностью — отсутствие рисков и угроз утери груза.

Аутсорсинговая логистическая компания при доставке конкретного груза обязана выбрать маршрут движения с учетом следующих факторов:

- маршрут для персонала, сопровождающего груз (водителя и экспедитора), не должен быть новым;
 - наличие вдоль маршрута достаточного количества пунктов контроля;
 - наличие вдоль маршрута достаточного количества пунктов отдыха и питания, с наличием в их близости освещения, пунктов органов внутренних дел, удовлетворительная криминальная обстановка в этих пунктах;
-

- состояние криминальной обстановки по маршруту;
- стоимость груза;
- время доставки, на которое влияет пропускная способность дороги в различное время суток и день недели;
- водитель или экспедитор должен иметь возможность осуществлять оперативную связь по маршруту движения.

На основе анализа рассмотренных факторов, помимо расчета маршрута движения, принимается решение о сопровождении груза физической охраной.

Наличие большого количества заказов специализированной транспортной компании делает актуальной разработку информационной системы для автоматического выбора маршрута движения с помощью комплексной оценки, включающей стоимость, время и безопасность доставки.

Принимаемые решения в сфере управления перевозками в значительной степени являются субъективными и зависят от профессионального опыта водителей или экспедиторов. Повысить степень автоматизации процесса планирования оптимального маршрута возможно путем разработки алгоритма поиска маршрута, удовлетворяющего предъявляемым требованиям [1–4].

Методика описания модели сети дорог с учетом различных факторов, влияющих на процесс доставки грузов

Сеть дорог обычно представляется графовой моделью, причем структура графа может меняться в результате воздействия различных факторов [5]. В качестве вершин выступает множество точек коммутации, а дуг — множество линий связи.

Популярные алгоритмы поиска кратчайшего маршрута работают на взвешенных графах [5–7]: алгоритм Дейкстры; алгоритм Беллмана-Форда; алгоритм поиска A^* ; алгоритм Флойда-Уоршелла; алгоритм Ли (волновой алгоритм). При этом вес ребер графа выражается через некоторый векторный

показатель. Причем рассмотренные алгоритмы работают, преимущественно на основе скалярных или малоразмерных векторных значений весов ребер графа. В последнее время широкое распространение получила методика использования теории искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов при решении оптимизационных задач [8–10].

В данной работе рассматривается способ составления такого вектора с учетом стоимости, времени и безопасности доставки груза.

Как правило, граф, описывающий структуру сети дорог, имеет большое количество вершин и ребер, некоторые из которых не удовлетворяют требованиям расхода ресурса. Таким образом, их предварительное исключение из рассмотрения позволит сократить объем производимых вычислений. Такой этап можно построить на основании алгоритма Ли [5].

Предлагается математическое описание каждого отрезка пути между всеми узловыми точками маршрута выполнить на основе матричных функций, учитывающих факторы движения за время движения по участку τ и номер водителя или экспедитора k , сопровождающего груз:

— матричная функция времени следования $R(\tau)$, зависящая от времени нахождения транспортного средства на определенном участке;

— матричная функция стоимости движения $S(\tau)$, учитывающая стоимость проезда по маршруту (оплата за проезд по участку платной дороги, оплата взносов, стоимость потраченных горюче-смазочных материалов);

— матричная функция безопасности движения $B(\tau)$, учитывающая особенности криминогенной обстановки;

— матричная функция $Z(k)$, учитывающая знакомство водителя или экспедитора с данным участком дороги;

— матричная функция угроз при отдыхе на данном участке дороги $U(\tau)$, которая зависит от времени суток (светлое или темное).

В случае если количество узлов маршрута равно N , то выше перечисленные функции представляют собой матрицы размера $N \times N$. Элемент с индексами i, j в каждой матрице определяет соответствующую оценку параметра движения на участке от i -го к j -му узлу.

Как видно часть матриц зависит от времени суток. Однако, поскольку время является непрерывной величиной и параметры движения не могут быть точно заданы в виде непрерывной функции, параметры задаются в виде дискретных значений на каждом интервале времени в зависимости от дорожной обстановки. Например, могут быть заданы следующие периоды с близкими значениями параметров:

- период до начала утренних пробок;
- период утренних «пробок»;
- дневной период;
- период вечерних пробок;
- период после вечерних «пробок»;
- ночной период.

Для учета возможных изменений значений элементов матриц под воздействием различных факторов предлагается использовать интервальные оценки. Если не учитывать время начала движения и время движения, которое влияет на оценки каждого участка, то построенный маршрут движения к моменту окончания работы алгоритма может быть не актуален.

В данной работе ставится задача нахождения оптимального маршрута с учетом минимизации комплексного критерия оценки оптимальности маршрута:

$$V = k_1V_1 + k_2V_2 + k_3V_3 \rightarrow \min,$$

где V — комплексная оценка доставки груза; V_1 — оценка риска доставки груза; V_2 — оценка стоимости доставки груза; V_3 — оценка времени достав-

ки груза; k_1, k_2, k_3 — весовые коэффициенты соответствующих оценок.

Таким образом, многокритериальная задача сводится к задаче с одним критерием.

Получить общую оценку рассматриваемого маршрута с учетом пунктов, через которые проложен маршрут на основе выше описанных матричных функций можно следующим образом:

$$V = \sum_{i,j=1,\dots,N} (k_1 \cdot (B(\tau)_{i,j} + Z(k)_{i,j} + U(\tau)_{i,j}) + k_2 \cdot R(\tau)_{i,j} + k_3 \cdot S(\tau)_{i,j}) \cdot d_{i,j} \rightarrow \min ,$$

при $T < T_{\max}$,

где $d_{i,j}$ — коэффициент, принимающий значение 0, если по ребру из i -ой вершины в j -ю вершину не будет осуществляться движение, иначе этот коэффициент принимает значение 1; T — реальное время доставки; T_{\max} — требуемое время доставки.

Заключение. Постановка задачи, сформулированная в данной статье, обладает научной новизной, поскольку при этом помимо стоимости и времени доставки, учитываются дополнительные факторы, влияющие на потребительские свойства услуги доставки грузов с учетом безопасности. Также были описаны матричные функции, входящие в критерий, оценивающий оптимальность построенного маршрута. Результатом решения задачи в предложенной формулировке будет являться маршрут движения доставки груза, который отвечает поставленным целям.

Литература

1. Кочерга В.Г., Зырянов В.В., Хачатурян А.В. Планирование и организация грузовых автомобильных перевозок на улично-дорожной сети мегаполисов. // Инженерный вестник Дона. 2012, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/869.



2. Vovy P., Liaudat C. Large Event Logistical and Support Traffic Management. Abstract and Summary Report. Swiss Federal Institute of Technology at Lausanne. Lausanne, 2003. 23 p.

3. Крупко А.М., Воронин И.А., Крупко Н.С. Моделирование движения лесных грузов по комбинированным транспортным сетям // Инженерный вестник Дона. 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2050.

4. Bae KY, Kim YD, Han JH. Finding a risk-constrained shortest path for an unmanned combat vehicle // Computers & Industrial Engineering. Vol. 80, February 2015. pp. 245-253.

5. Изотова Т.Ю. Обзор алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2016, № 19. С. 341-344. URL: cyberleninka.ru/article/n/obzor-algoritmov-poiska-kratchayshego-puti-v-grafe.

6. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. М.: Вильямс, 2012. 1296 с.

7. Левитин А.В. Алгоритмы: введение в разработку и анализ. М.: Вильямс, 2006. 576 с.

8. Айдинян А.Р., Цветкова О.Л. Генетические алгоритмы распределения работ // Вестник ДГТУ. 2011. Т. 11, № 5 (56). С. 723-729.

9. Чернышев Ю.О., Полуян А.Ю. Адаптивный генетический алгоритм для решения задач оптимизации на основе стратегии элитизма // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008, № 4. URL: cyberleninka.ru/article/n/adaptivnyu-geneticheskiy-algoritm-dlya-resheniya-zadach-optimizatsii-na-osnove-strategii-elitizma.

10. Полуян А.Ю., Панасенко Н.Д. Построение модифицированной базисной структуры бионического поиска для задач об экстремальном пути на основе стратегии адаптации // Инженерный вестник Дона. 2012, № 4-2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1412.

References

1. Kocherga V.G., Zyryanov V.V., KHachaturyan A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/869.
2. Bovy P., Liaudat C. Large Event Logistical and Support Traffic Management. Abstract and Summary Report. Swiss Federal Institute of Technology at Lausanne. Lausanne, 2003. 23 p.
3. Krupko A.M., Voronin I.A., Krupko N.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2050.
4. Bae KY, Kim YD, Han JH. Computers & Industrial Engineering. Vol. 80, February 2015. pp. 245-253.
5. Izotova T.U. Novye informatsionnye tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh. 2016, № 19. pp. 341–344. URL: cyberleninka.ru/article/n/obzor-algoritmov-poiska-kratchayshego-puti-v-grafe.
6. Kormen T.KH., Lejzerson CH.I., Rivest R.L., SHtajn K. Algoritmy: postroenie i analiz [Algorithms: construction and analysis]. Moskow: Vil'yams, 2012. 1296 p.
7. Levitin A.V. Algoritmy: vvedenie v razrabotku i analiz [Algorithms: introduction to development and analysis]. Moskow: Vil'yams, 2006. 576 p.
8. Aydiyanyan A.R., TSvetkova O.L. Vestnik DGTU. 2011, vol. 11, № 5 (56). pp. 723-729.
9. CHernyshev YU. O., Poluyan A. YU. Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2008, № 4. URL: cyberleninka.ru/article/n/adaptivnyy-geneticheskiy-algoritm-dlya-resheniya-zadach-optimizatsii-na-osnove-strategii-elitizma.
10. Poluyan A.YU., Panasenکو N.D. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2012, № 4-2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1412.