

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Розглянуто теоретичні основи моделювання технології доставки вантажу на основі визначення залежності затрат від часу доставки вантажів.

Ключові слова: математичне моделювання, доставка вантажу, залізничний транспорт, векторна оптимізація

В статье предложены теоретические основы моделирования технологии доставки груза на основе определения зависимости затрат от времени доставки грузов.

Ключевые слова: математическое моделирование, доставка груза, железнодорожный транспорт, векторная оптимизация

In the article the theoretical bases of modeling a technology of cargo transportation on the basis of determining the dependence of expenses on cargo transportation time are suggested.

Keywords: mathematical modeling, cargo transportation, railway transport, vector optimization

Вступление

Транспорт является одной из важнейших отраслей народного хозяйства, которая обеспечивает потребности населения во всех видах перевозок.

Железнодорожный транспорт Украины имеет важное значение в реализации социально-значимых услуг по перевозке. На долю железнодорожного транспорта приходится наибольшие объемы перевозок в связи с бесперебойной работой на протяжении всего года, а также возможностью отправить большую массу груза.

Качество транспортного обслуживания является одним из факторов, что определяет результативность рыночной деятельности предприятий. К показателям качества на железнодорожном транспорте относятся безопасность движения, регулярность и своевременность перевозок, сохранность количества и качества продукции, которая перевозится, скорость перевозки и сроки доставки. Последний, в условиях рыночной экономики, рассматривается как один из важнейших показателей, определяющий качество работы отрасли.

На железнодорожном транспорте нормативный срок доставки груза устанавливается требованиями Правил перевозок грузов, при этом реальные нормативные сроки не учитывают особенности технологии перевозок, что заранее не позволяет железным дорогам придерживаться этих сроков. В тоже время согласно Уставу железнодорожного транспорта грузополучателям выплачиваются штрафы за несвоевременную доставку. Среднее время просрочки за по-

следнее время превышает 8 суток. Это означает, что из отправок, не доставленных в срок, примерно половина перевезена железной дорогой бесплатно. Исследования оптимизация срока доставки груза были описаны в работе [1], которые показали, что для обеспечения высокого уровня надежности перевозок с учетом интересов железных дорог нормативные сроки доставки необходимо увеличить.

В последнее время на рынке перевозок усиливается конкуренция железнодорожного транспорта с автомобильным транспортом, т.к. автотранспорт имеет ряд преимуществ:

- доставка груза производится от «двери до двери», что технически невозможно на железнодорожном транспорте;

- используется гибкая система тарифов, на железнодорожном транспорте же есть привязка к тарифам, которые установлены на государственном уровне;

- может обеспечить доставку точно в срок, что не может сделать железнодорожный транспорт, поскольку перевозки выполняются согласно плану формирования грузовых поездов.

Анализ грузовых перевозок показал, что объемы, перевозимые автотранспортом, растут, также как и дальность перевозки. Железнодорожный транспорт теряет объемы перевозки грузов на короткие расстояния, на его долю остаются перевозки массовых грузов на большие расстояния [2].

В современных условиях, когда железнодорожному транспорту приходится конкурировать с другими видами транспорта, скорость доставки грузов является определяющим кри-

териум качества обслуживания. В работе [3] было разработано математическую модель ускорения доставки грузов с векторным показателем эффективности, решена задача относительно расчета дополнительной платы за ускоренную доставку с помощью метода векторной оптимизации.

Для завоевания наиболее выгодных позиций на транспортном рынке железной дороге необходимо отказаться от месячного планирования и перейти на непрерывный прием заявок на перевозку, а также повысить качество транспортного обслуживания клиентов.

Постановка задачи

Автоматизированные системы управления на транспорте создают принципиально новые возможности для управления перевозками, с учетом фактической дислокации вагонов и условий их подвода к станции. Высокий уровень точности вагонных моделей железных дорог позволяет прогнозировать варианты передвижения подвижного состава и спрогнозировать время доставки груза. На основании этих прогнозов грузоотправителю может быть предоставлена возможность «заказа» скорости доставки и маршрута пропуска вагона с грузом. План формирования должен гибко реагировать на спрос, что позволит существенно повысить доходы.

Очевидно, что задача определения зависимости затрат от времени доставки является актуальной, поэтому для рассмотрения предлагаются теоретические основы моделирования процесса доставки грузов.

Основной материал

Пусть весь процесс доставки груза заданного объема разбит на несколько подпроцессов, которые будем называть фазами и обозначать ω . Для каждого объема перевозок количество фаз считаем заданным. Рассматривая некоторую фазу ω_i , $i = \overline{1, M}$, можем указать вполне определенный набор операций в данной фазе $\sigma_{i\vartheta}$, $\vartheta = \overline{1, \dots, m_i}$, причем реализация операции $\sigma_{i\vartheta}$ характеризуется затратами времени $t_{i\vartheta}$ и средств $c_{i\vartheta}$.

Естественно, возникает задача выбора операций в каждой фазе, так чтобы суммарные затраты времени и средств были бы как можно меньше.

Пусть $\gamma = [\sigma_{1\vartheta_1}, \sigma_{2\vartheta_2}, \dots, \sigma_{i\vartheta_i}, \dots, \sigma_{k\vartheta_M}]$, перечень операций, которые выполняются при доставке груза, такой перечень будем называть траекторией доставки.

В общем случае таких траекторий будет

$$n = \prod_{i=1}^M m_i.$$

А набор всех траекторий обозначим символом Γ , тогда если $\gamma \in \Gamma$, то можно сопоставить траектории γ два числа $t(\gamma)$ – время доставки и $c(\gamma)$ – затраты средств. И задаче выбора операций в каждой фазе можно придать формулировку

$$\begin{pmatrix} t(\gamma) \\ c(\gamma) \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (1)$$

при условии $\gamma \in \Gamma$.

Данная задача представляет собой задачу векторной оптимизации [4].

Остановимся более подробно над тем, что будем понимать под решением задачи векторной оптимизации (1).

Определение 1. Траекторию $\gamma \in \Gamma$ будем называть эффективной, если любое отклонение от нее приводит к ухудшению одного показателя и улучшению другого.

В нашем случае последнее означает, что может увеличиться время доставки, но зато уменьшается затраты средств.

Определение 2. Две траектории γ_1 и $\gamma_2 \in \Gamma$ называются несравнимыми, если имеет место

$$\begin{pmatrix} t(\gamma_1) \leq t(\gamma_2) \\ c(\gamma_1) \geq c(\gamma_2) \end{pmatrix} \text{ или } \begin{pmatrix} t(\gamma_1) \geq t(\gamma_2) \\ c(\gamma_1) \leq c(\gamma_2) \end{pmatrix}.$$

Причем, среди неравенств обязательно хотя бы одно должно быть строгим неравенством.

Определение 3. Множество траекторий $\Gamma_* \subseteq \Gamma$ будем называть решением задачи векторной оптимизации (1), если любая траектория $\gamma_* \in \Gamma_*$ является эффективной, а любая пара траекторий из Γ_* являются несравнимыми.

Таким образом, зная множество Γ_* , можно построить зависимость затрат от времени доставки, как показано на рис. 1.

Данная зависимость позволяет принимать решения в тех или иных обстоятельствах.

Так, например, если зададимся временем доставки t_* , то получим соответствующие за-

траты средств. Если таких средств нет, а располагаем $c_1 < c_*$, то получим $t_1 > t_*$.

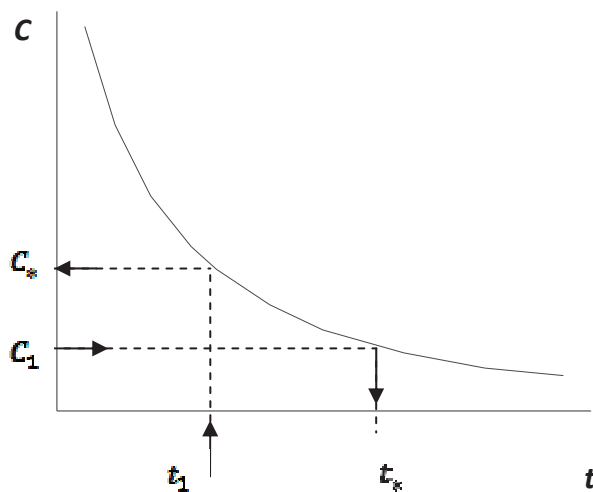


Рис. 1. Качественный характер зависимости затрат от времени доставки

Для примера рассматривается процесс из 5 фаз. В каждой фазе операций различное число $m_1 = 3; m_2 = 2; m_3 = 5; m_4 = 1; m_5 = 4$. Данную информацию определили как вектор вариантов операций по фазам в виде $N := [3, 2, 5, 1, 4]$.

Затраты средств отразим в виде следующей матрицы:

$$c := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 0 & 0 \\ 4 & 7 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 8 & 10 & 20 & 50 \\ 17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 5 & 9 & 15 & 0 \end{pmatrix},$$

а затраты времени покажем следующим образом:

$$t := \begin{pmatrix} 10 & 6 & 5 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2,5 \\ 1,7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 2,5 & 2,1 & 1,5 & 0 \end{pmatrix}.$$

Решив задачу (1) для выписанных исходных данных, получим следующие траектории работ:

$$\gamma_1 = [\omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31}, \omega_{41}, \omega_{51}]$$

$$\gamma_2 = [\omega_{12}, \omega_{21}, \omega_{31}, \omega_{41}, \omega_{51}]$$

$$\gamma_3 = [\omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{31}, \omega_{41}, \omega_{51}]$$

$$\gamma_4 = [\omega_{13}, \omega_{22}, \omega_{33}, \omega_{41}, \omega_{51}]$$

$$\gamma_5 = [\omega_{13}, \omega_{22}, \omega_{33}, \omega_{41}, \omega_{52}]$$

$$\gamma_6 = [\omega_{13}, \omega_{22}, \omega_{34}, \omega_{41}, \omega_{54}]$$

$$\gamma_7 = [\omega_{13}, \omega_{22}, \omega_{35}, \omega_{41}, \omega_{54}]$$

Эти траектории составляют множество Γ_* , а отображение множества Γ_* в пространство функционалов $[c(\gamma), t(\gamma)]$ представлено на рис. 2.

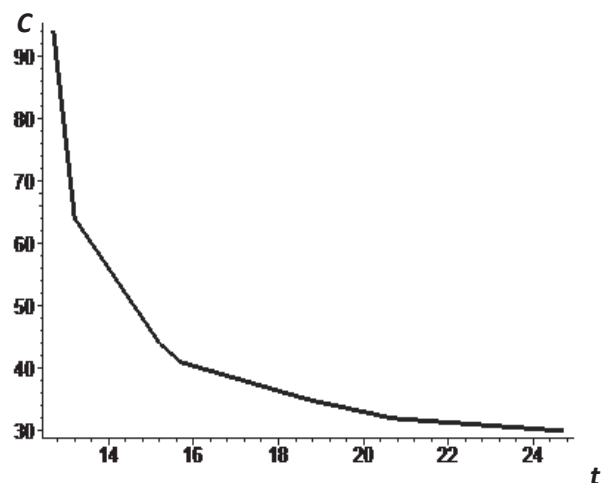


Рис. 2. Зависимость затрат средств от времени доставки

Зависимость, показанная на рис. 2, отображает прямые затраты, т.е. затраты, связанные с производством определенного вида продукции и прямо относимые на ее себестоимость. Прямые затраты на железнодорожном транспорте являются эксплуатационные расходы, так как железнодорожный транспорт представляет собой особую отрасль материального производства, продукция которой не имеет новой вещественной формы. Проще говоря, продукцией транспорта являются перевозки, плата за которые берется согласно тарифу на железнодорожные перевозки. На сегодняшний день они устанавливаются в порядке, который определяет государственные органы власти. В качестве базового тарифа была принята средняя для всех железных дорог себестоимость перевозок. Хотя затраты по перевозке грузов различаются по участкам дорог и зависят от профиля пути, вида используемых локомотивов, грузонапряженности участка и от многих других факторов.

Поэтому предлагается, определив прямые расходы, связанные с грузовыми перевозками для отдельных участков и установив зависимость этих расходов от времени доставки, выставить тариф, который можно определить следующим образом:

$$T = C \cdot (1 + \alpha).$$

Величина α должна быть определена для каждой пары пунктов доставки, так чтобы кривая зависимости тарифов от времени доставки была бы не более чем у конкурентного вида транспорта.

Выводы

Существующая система нормирования сроков доставки грузов несовершенна. Если не принять срочные меры к прекращению нарушений договоров на перевозку грузов, то железнодорожный транспорт будет перевозить грузы бесплатно.

Данная методика предоставляет возможность грузоотправителю заказать срок доставки согласно своим финансовым возможностям, что приведет к повышению рентабельности железнодорожных перевозок и снижению количества несвоевременных доставок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яновський, П. О. Дослідження оптимізації терміну доставки вантажів [Текст] / П. О. Янов-

ський // Залізн. трансп. України. – 2003. – № 4. – С. 17-19.

2. Ейтутіс, Д. Г. Вплив науково-технічного прогресу на ринок вантажних перевезень [Текст] / Д. Г. Ейтутіс // Залізн. трансп. України. – 2007. – № 4. – С. 92-93.
3. Левицький, І. Ю. Удосконалення технології прискорення доставки вантажів на залізницях України в умовах транспортних послуг [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / І. Ю. Левицький; Дніпропетр. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2004. – 20 с.
4. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход [Текст] / В. Д. Ногин. – М.: Физматлит, 2002. – 144 с.
5. Матросов, А. В. Решение задач высшей математики и механики [Текст] / А. В. Матросов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 528 с.
6. Анненков, А. В. Информационные технологии перевозок грузов [Текст] / А. В. Анненков, В. А. Шаров // Ж/д трансп. – 1998. – № 4. – С. 27-29.

Поступила в редколлегию 10.12.2010.

Принята к печати 14.12.2010.