



УДК 656.613

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Н.Н. Майоров, А.С. Костин

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

В статье представлен пример применения математического моделирования для определения целевой функции и ограничений в морской транспортной системе.

Ключевые слова: морской порт, целевая функция, ограничения, математическая модель, контейнерная перевозка.

Для цитирования:

Майоров Н.Н., Костин А.С. «Математическое исследование ограничений при построении целевых функций морских контейнерных перевозок» // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №2(17), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2018 – с.7-13. РИНЦ.

MATHEMATICAL RESEARCH OF RESTRICTIONS IN THE CONSTRUCTION OF TARGETED FUNCTIONS FOR SEA CONTAINER TRANSPORT

N.N. Maiorov, A.S. Kostin

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article presents an example of applying mathematical modeling to determine the objective function and restrictions in the maritime transport system.

Key words: seaport, objective function, restrictions, mathematical model, container transportation.

For citation:

Maiorov N.N., Kostin A.S. « Mathematical research of restrictions in the construction of targeted functions for sea container transport.» // System analysis and logistics.: №2(17), ISSN 2007-5687. – Russia, Saint-Peterburg.: SUAI., 2018 – p.7-13.

Введение

Морские контейнерные перевозки являются относительно простыми, удобными, экономичными и безопасными для транспортировки грузов. Главным транспортным узлом в морских контейнерных перевозках является контейнерный терминал морского порта. В контейнерном терминале осуществляется переработка грузов, их складирование и распределение, а также перевозка грузов автотранспортом к ближайшим отправителям и потребителям.

Конструкция грузового контейнера обеспечивает сохранную перевозку грузов в любой комбинации морских, речных и сухопутных видов транспорта. При этом интенсифицируются процессы переработки грузов, минимизируются затраты в транспортных узлах, упрощается мониторинг [1,2].

Контейнерные перевозки – самый востребованный вид сообщений, не требующих перегрузки. Контейнер позволяет транспортировать груз из пункта «А» в пункт «Б» в единой ёмкости. Контейнер является и тарой, и складом для груза.



Преимущества:

Использование контейнеров дает возможность:

- а) сократить затраты на тару (так как в контейнерах перевозятся грузы без тары, в первичной упаковке или в облегченной таре);
- б) ускорить и уменьшить трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ в результате сокращения числа операций;
- в) предохранить груз от поломки, порчи;
- г) сократить потребность в складах (так как контейнера в пунктах погрузки - разгрузки хранятся на открытых площадках и надежно защищают находящиеся в них грузы);
- д) сократить время оформления путевой документации, упростить организацию перевозок;
- е) автоматизировать систему учета и грузопереработки.

Недостатки:

а) высокая стоимость изготовления; Контейнерная система перевозок нуждается в значительных капитальных вложениях на создание отдельных линий (специализированные терминалы, транспортные средства и т.п.), но позволяет в 2, 0-2,5 раза сократить затраты средств за счет механизации операций, увеличить скорость доставки, уменьшить вероятность повреждения груза.

б) необходимость механизмов для их погрузки-разгрузки;

в) теряется некоторая часть полезной грузоподъемности ПС;

г) организация ремонта и обслуживания контейнеров

д) необходимость обработки больших информационных потоков. Если документы не будут успевать за перемещением контейнеров или транспортные средства будут долго ждать при выполнении формальностей, или возникнут задержки, связанные с поиском контейнера, то все преимущества контейнерных перевозок будут сведены на нет. Поэтому внедрение контейнерной системы без подсистемы ее информационной поддержки - нецелесообразно.

е) необходимость обратной доставки контейнеров; Эта проблема связана с отсутствием баланса объемов прямых и обратных перевозок: когда в одном направлении есть груз, а в обратном нет, возникает проблема пустых пробегов.

Этапы контейнерной перевозки:

- 1) Подготовка необходимой документации и сертификатов для декларирования
- 2) Доставка контейнера до порта отправления.
- 3) Осуществление погрузочных работ.
- 4) Контейнерная перевозка морским транспортом с контрольным мониторингом передвижения груза.
- 5) Внутрипортовое экспедирование и выгрузка груза до склада временного хранения. Оформление специального внутреннего таможенного транзита.
- 6) Доставка контейнера до места назначения.

Представим этапы в виде графов, введем целевую функцию и ограничения.

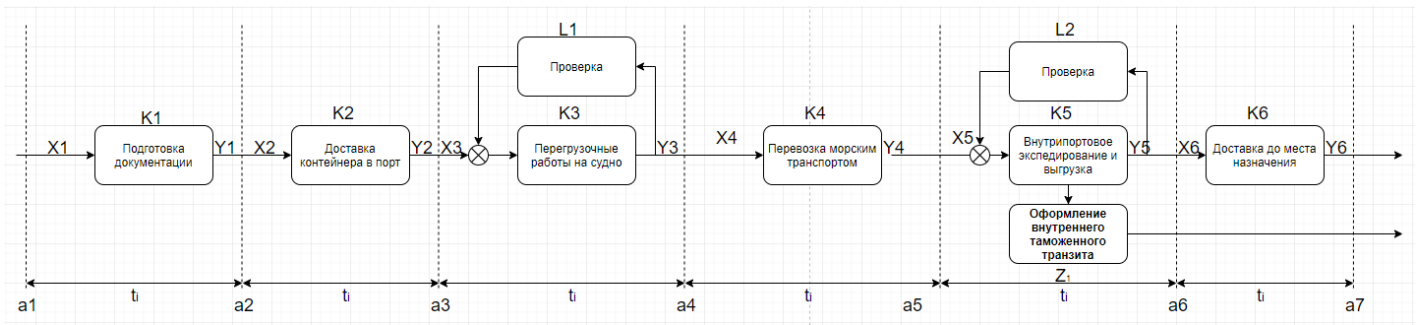


Рис. 1. Этапы контейнерных перевозок

Рассмотрим каждый этап отдельно и постараемся построить отдельные целевые функции. Возможные ошибки, сбои и задержки необходимо свести к минимуму. При этом подразумевается, что на каждой технологической операции выполняется в определенные интервалы времени $[a_1, a_2]$. Постараемся формализованно описать все операции и целевые функции. В данном виде целевые функции необходимо использовать при решении задач моделирования транспортных процессов и систем [3,4,5].

1) Подготовка необходимой документации и сертификатов для декларирования.

$$y_1 = K_1 x_1$$

$$\{y_1 = t_{подготовки} \rightarrow \min \in [a_1, a_2]\}$$

,где X_1 - входной материальный поток, K_1 - процесс переработки на первом этапе, y_1 - результат переработки, $t_{подготовки}$ - время, потраченное на подготовку.

2) Доставка контейнера до порта отправления.

$$F(x_2) = (K_2 * y_1 + \theta_{c_2}(x_2) + \theta_{m_2}(x_2)) = K_2 * K_1 * x_1 + \theta_{c_1}(x_1) + \theta_{c_2}(x_2) + \theta_{m_2}(x_2) \rightarrow \min$$

$$y_2 = K_2 * y_1 = K_2 * K_1 * x_1$$

$$\begin{cases} y_2 = t_{доставки} + t_{подготовки} \rightarrow \min \\ \theta_i(x_i) = \theta_{c_1}(x_1) + \theta_{c_2}(x_2) + \theta_{m_2}(x_2) \rightarrow \min \in [a_1, a_3] \end{cases}$$

,где $F(x_2)$ - целевая функция на этапе два, X_2 - входной материальный поток второго этапа, K_2 - процесс переработки на втором этапе, y_2 - результат переработки, $t_{доставки}$ - время доставки, $\theta_{c_1}(x_1)$ - человеческая ошибка на этапе один, $\theta_{c_2}(x_2)$ - человеческая ошибка на этапе один, $\theta_{m_2}(x_2)$ - механическая ошибка на этапе два, $\theta_i(x_i)$ - сумма всех ошибок на i этапе.



3) Осуществление погрузочных работ.

$$\begin{aligned}
 F(x_3) &= (K_3 * y_2 + \theta_{c3}(x_3) + \theta_{m3}(x_3)) = \\
 &= K_3 * K_2 * K_1 * x_1 + \theta_{c1}(x_1) + \theta_{c2}(x_2) + \theta_{m2}(x_2) + \theta_{c3}(x_3) + \theta_{m3}(x_3) \rightarrow \min \\
 y_3 &= K_3 * y_2 - L_1 * x_3 = (K_3 * K_2 * K_1 * x_1) - L_1 * x_3 \\
 \begin{cases} y_3 = t_{docm} + t_{nodg} + t_{nozr} \rightarrow \min \\ \theta_i(x_i) = \theta_{c1}(x_1) + \theta_{c2}(x_2) + \theta_{m2}(x_2) + \theta_{c3}(x_3) + \theta_{m3}(x_3) \rightarrow \min \in [a_1, a_4] \end{cases}
 \end{aligned}$$

,где $F(x_3)$ - целевая функция третьего этапа, x_3 - входной материальный поток третьего этапа, K_3 - процесс переработки на третьем этапе, y_3 - результат переработки, t_{nozr} - время погрузки, $\theta_{c3}(x_3)$ - человеческая ошибка на этапе три, $\theta_{m3}(x_3)$ - механическая ошибка на этапе три, L_1 - элемент обратной связи на третьем участке.

4) Контейнерная перевозка морским транспортом с контрольным мониторингом передвижения груза.

$$\begin{aligned}
 F(x_4) &= (K_4 * y_3 + \theta_{c3}(x_3) + \theta_{m3}(x_3)) = \\
 &= (K_4 * K_3 * K_2 * K_1 * x_1) - L_1 * x_3 + \theta_{c1}(x_1) + \theta_{c2}(x_2) + \theta_{m2}(x_2) + \theta_{c3}(x_3) + \\
 &+ \theta_{m3}(x_3) + \theta_{c4}(x_4) + \theta_{m4}(x_4) \rightarrow \min \\
 y_4 &= K_4 * y_3 = (K_4 * K_3 * K_2 * K_1 * x_1) - L_1 * x_3 \\
 \begin{cases} y_3 = t_{docm} + t_{nodg} + t_{nozr} + t_{перев} \rightarrow \min \\ \theta_i(x_i) = \theta_{c1}(x_1) + \theta_{c2}(x_2) + \theta_{m2}(x_2) + \theta_{c3}(x_3) + \theta_{m3}(x_3) + \theta_{c4}(x_4) + \theta_{m4}(x_4) \rightarrow \min \in [a_1, a_5] \end{cases}
 \end{aligned}$$

,где $F(x_4)$ - целевая функция четвертого этапа, x_4 - входной материальный поток четвертого этапа, K_4 - процесс переработки на четвертом этапе, y_4 - результат переработки, $t_{перев}$ - время перевозки, $\theta_{c4}(x_4)$ - человеческая ошибка на этапе четыре, $\theta_{m4}(x_4)$ - механическая ошибка на этапе четыре.



5) Внутрипортовое экспедирование и выгрузка груза до склада временного хранения. Оформление специального внутреннего таможенного транзита.

$$\begin{aligned}
 F(x_5) &= (K_5 * y_4 + \theta_{q5}(x_5) + \theta_{m5}(x_5)) = \\
 &= (K_5 * K_4 * K_3 * K_2 * K_1 * x_1) - L_1 * x_3 + \theta_{q1}(x_1) + \theta_{q2}(x_2) + \theta_{m2}(x_2) + \theta_{q3}(x_3) + \\
 &+ \theta_{m3}(x_3) + \theta_{q4}(x_4) + \theta_{m4}(x_4) + \theta_{q5}(x_5) + \theta_{m5}(x_5) \rightarrow \min \\
 y_5 &= K_5 * y_4 = (K_5 * K_4 * K_3 * K_2 * K_1 * x_1) - L_1 * x_3 - L_2 * x_5 \\
 \begin{cases} y_3 = t_{дост} + t_{подг} + t_{погр} + t_{перев} + t_{перезгрузки} \rightarrow \min \\ \theta_i(x_i) = \theta_{q1}(x_1) + \theta_{q2}(x_2) + \theta_{m2}(x_2) + \\ + \theta_{q3}(x_3) + \theta_{m3}(x_3) + \theta_{q4}(x_4) + \theta_{m4}(x_4) + \theta_{q5}(x_5) + \theta_{m5}(x_5) \rightarrow \min \end{cases} \in [a_1, a_6]
 \end{aligned}$$

,где $F(x_5)$ - целевая функция пятого этапа, x_5 - входной материальный поток пятого этапа, K_5 - процесс переработки на пятом этапе, y_5 - результат переработки, $t_{перезгрузки}$ - время перегрузки, $\theta_{q5}(x_5)$ - человеческая ошибка на этапе пять, $\theta_{m5}(x_5)$ - механическая ошибка на этапе пять, L_2 - элемент обратной связи на пятом участке.

*Элемент Z_1 - является элементом информационного потока.

6) Доставка контейнера до места назначения.

$$\begin{aligned}
 F(x_6) &= (K_6 * y_5 + \theta_{q6}(x_6) + \theta_{m6}(x_6)) = \\
 &= (K_6 * K_5 * K_4 * K_3 * K_2 * K_1 * x_1) - L_1 * x_3 - L_2 * x_5 + \theta_{q1}(x_1) + \theta_{q2}(x_2) + \theta_{m2}(x_2) + \\
 &+ \theta_{q3}(x_3) + \theta_{m3}(x_3) + \theta_{q4}(x_4) + \theta_{m4}(x_4) + \theta_{q5}(x_5) + \theta_{m5}(x_5) + \theta_{q6}(x_6) + \theta_{m6}(x_6) \rightarrow \min \\
 y_6 &= K_6 * y_5 = (K_6 * K_5 * K_4 * K_3 * K_2 * K_1 * x_1) - L_1 * x_3 - L_2 * x_5 \\
 \begin{cases} y_6 = t_{дост} + t_{подг} + t_{погр} + t_{перев} + t_{перезгрузки} + t_{дост} \rightarrow \min \\ \theta_i(x_i) = \theta_{q1}(x_1) + \theta_{q2}(x_2) + \theta_{m2}(x_2) + \theta_{q3}(x_3) + \theta_{m3}(x_3) + \theta_{q4}(x_4) + \theta_{m4}(x_4) + \\ + \theta_{q5}(x_5) + \theta_{m5}(x_5) + \theta_{q6}(x_6) + \theta_{m6}(x_6) \rightarrow \min \end{cases} \in [a_1, a_7]
 \end{aligned}$$

,где $F(x_6)$ - целевая функция шестого этапа, x_6 - входной материальный поток шестого этапа, K_6 - процесс переработки на шестом этапе, y_6 - результат переработки, $t_{дост}$ - время доставки, $\theta_{q6}(x_6)$ - человеческая ошибка на этапе шесть, $\theta_{m6}(x_6)$ - механическая ошибка на этапе шесть.



Заключение

Проведенное исследование направлено на обоснование возможности применения математического аппарата для определения целевой функции и ограничений, используя метод математического моделирования перевозки контейнера в морской транспортной системе. Используемая методика показывает возможности математического моделирования в системных исследованиях — таких как определение количества возможных издержек, время доставки, а также количество накапливаемых ошибок. Это достигается благодаря определению целевой функции, и ее ограничений для каждого конкретного случая. В качестве исходных данных был выбран классический вариант контейнерной перевозки с разделением на этапы.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила перевозки грузов в контейнерах морским транспортом. – СПб.: ЦНИИМФ, 1997.
2. Снопков, В.И. Технология перевозки грузов морем: учебник для ВУЗов. / В.И. Снопков. – 3-е изд., перераб. и. доп. – СПб.: АПО НПО «Мир и семья»
3. А.В. Гасников. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. / А.В. Гасников, С.Л.Кленов, Е.А.Нурминский, Я.А.Холодов, Н.Б.Шамрай – Москва: Изд-во МЦНМО, 2013
4. Майоров Н. Н. Практические задачи моделирования транспортных систем / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. — СПб.: Изд-во ГУАП, 2012.
5. Майоров Н. Н. Моделирование транспортных процессов / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. — СПб.: Изд-во ГУАП, 2011. — 165 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Майоров Николай Николаевич –
доцент, кандидат технических наук

Костин Антон Сергеевич –
инженер кафедры системного анализа и логистики
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: anton13258@mail.ru, sciencesuai@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maierov Nikoai Nikolaevich –
associate professor, Candidate of Technical Sciences

Kostin Anton Sergeevich –
engineer of the Department of Systems Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, RUSSIA
E-mail: anton13258@mail.ru, sciencesuai@yandex.ru