

УДК 656.135

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
МЕЖДУНАРОДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ГРУЗОПЕРЕВОЗКИ****Кот Н. И., Воропай Е. В.****ANALYTICAL AND SIMULATION MODELING INTERNATIONAL
AUTOMOBILE TRANSPORTATION****Kot N. I., Voropai E. V.**

В статье разрабатывалась модель международной автомобильной грузоперевозки. Использовались методики математического моделирования. С помощью корреляционно-регрессионного анализа и имитации процесса в AnyLogic была создана адекватная модель. Модель дала возможность анализировать и оценивать результаты случайных переменных для каждого решения и на основе сравнения выбирать лучший вариант для прогнозирования будущего.

Ключевые слова: транспортная система, модель, аналитическое моделирование, имитационное моделирование, прогнозирование, лучший результат.

Введение. Потребность в перемещении товаров возникла в древние времена, но тогда транспорт был в примитивном виде. С развитием экономики и транспорт преобразался, для того чтобы соответствовать требованиям времени. В современном мире существует множество способов перемещения грузов, среди них автомобильный транспорт занимает особое место. Транспорт как одна из базовых отраслей народного хозяйства объединяет в целостную систему все другие секторы экономики и предопределяет устойчивость транспортно-экономических связей, регулярность и соблюдение сроков доставки грузов субъектам хозяйствования [1].

Эффективность международной торговли, бесперебойность поставки товаров в места потребления также во многом зависят от качества работы транспорта, которое определяется уровнем удовлетворения в транспортном обслуживании, скоростью доставки грузов, сохранностью перевозимых грузов.

Уровень развития транспортной отрасли оказывает существенное влияние на технологический процесс торговых предприятий, его ритмичность, производительность труда работников, связанных с переработкой грузов. Поэтому возникает необходимость повышения точности планирования, прогнозирования, анализа и оценки работы транспортных систем, что будет способствовать сокращению издержек обращения и повышению эффективности

работы предприятий. Это можно осуществить с применением математического моделирования.

Постановка проблемы. При проектировании сложных транспортных систем и их подсистем возникают многочисленные задачи, требующие оценки количественных характеристик и качественных закономерностей процессов функционирования таких систем. Ограниченность возможностей экспериментального исследования больших транспортных систем делает невозможным их полное проектирование, внедрение и эксплуатацию без использования методики моделирования, которая позволяет в соответствующей форме представить процессы функционирования систем и описание протекания этих процессов с помощью математических моделей [2]. Наибольшее распространение при этом получили аналитический и имитационный методы моделирования.

Рациональное управление автомобильными грузоперевозками, требует учета множества неопределенностей и вероятностей. В общем случае источниками неопределенности являются случайные величины T_i , характеризующие продолжительности выполнения отдельных операций цикла, к числу которых относят: передачу, обработку, комплектование, транспортировку заказа, доставку заказа конечному потребителю [3]. Наибольшие сложности при подготовке и принятии управленческих решений традиционно вызывают операции транспортировки. Основным источником случайности является маршрут, характеризующийся определенной протяженностью, типом дорожного покрытия, местными ограничениями и простоями на погрузку (разгрузку). Международные автомобильные перевозки являются еще более сложным процессом. Сложность международных перевозок вызвана необходимостью учета модели операций, связанных с пересечением границ, особенностей таможенного регулирования

грузопотоков, что будет вызывать увеличение времени простоя транспортного средства.

Варьируя временем простоев (погрузки (разгрузки), проведенным на таможне и неисправности техники) возможно, анализировать и оценивать работу всей транспортной сети, планировать маршруты, а также прогнозировать будущее.

Анализ последних исследований и публикаций. Рассмотренной темой интересуются многие учёные и на протяжении более двадцати лет усовершенствуют свои методики управления перевозками. В работах Палагина Ю. И., Мочалова А. И., Тимонина А. В. решался вопрос выбора рационального маршрута перевозки с применением математических моделей. Лукинский В. С. применял авторский подход к моделированию временных параметров перевозок. Бабина О. И. рассматривала возможности комбинированного использования аналитических и имитационных методов моделирования.

Цель статьи. В статье применены методы математического моделирования (аналитического и имитационного), на примере международной грузоперевозки сообщения Турция-Украина. Эти методы позволяют анализировать и оценивать результаты случайных переменных (в данной работе, время простоев) для каждого решения и на основе сравнения выбирать лучший вариант для прогнозирования будущего.

Результаты исследований. Аналитическое моделирование характеризуется тем, что процессы функционирования системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений (алгебраических, дифференциальных, интегральных уравнений) [2]. Для рассматриваемого примера использовался один из методов аналитического моделирования – линейное программирование, а именно корреляционно-регрессионный анализ.

Предлагается представление транспортной сети по кибернетическому принципу «черного ящика» (рис. 1).

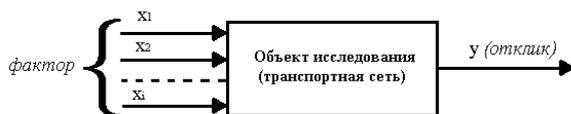


Рис. 1. Транспортная сеть в виде «черного ящика»

В работе рассматривалась одна переменная x_i – возмущение (входная переменная, независимая), время. Её составляют: время на погрузку, на разгрузку, простои на таможне при пересечении границ, технические неполадки. И переменная y_i – реакция на возмущения (выходная переменная, зависимая), в рассматриваемом примере издержки на транспортировку.

Связь зависимой переменной с одной независимой запишем с помощью уравнения регрессии (формула 1) [2]:

$$y_i = \alpha + \beta x_i, \quad (1)$$

$$i = \overline{1, n},$$

где α, β – коэффициенты регрессии;

n – объем выборки, т.е. число точек.

Используя статистические данные (собранные в течение года) (таб.) строим корреляционное поле (рис. 2).

Таблица

Статистические данные изменения издержек на транспортировку (Y) от времени простоев (X) за год

Месяц	Значение x, час	Значение y, тыс. грн
Январь	59	38,1
Февраль	42	39,2
Март	61	34,05
Апрель	68	43,3
Май	46	28,1
Июнь	40	21
Июль	65	36,3
Август	44	23
Сентябрь	50	26,5
Октябрь	47	35,6
Ноябрь	58	27,5
Декабрь	52	40,25

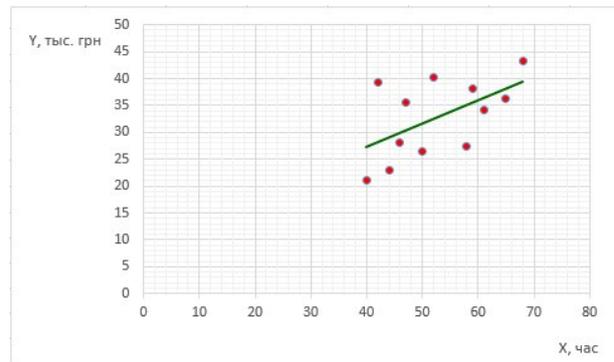


Рис. 2. Корреляционное поле

Определив коэффициенты регрессии можно рассчитывать будущее среднее значение выходной переменной (издержек на транспортировку) при изменении входной переменной (времени).

С помощью представленной модели возникает возможность планировать, прогнозировать транспортировку груза, анализировать и оценивать возникшие издержки. Но эта модель имеет ограниченное применение.

Для решения более сложных задач применим имитационное моделирование. При имитационном моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы во времени. Имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени [4]. Имитационные модели позволяют легко учитывать наличие дискретных или непрерывных элементов, нелинейные характеристики, случайные

воздействия. Поэтому этот метод широко применяется на этапе проектирования сложных систем. Основным средством реализации имитационного моделирования служит ЭВМ, позволяющая осуществлять цифровое моделирование систем и сигналов. По сравнению с аналитическим, имитационное моделирование, дает возможность варьировать многократно разными входными переменными независимо друг от друга, для изменения интересующего нас параметра модели.

Имитационное моделирование в нашей работе осуществлялось с использованием программного обеспечения AnyLogic.

При помощи AnyLogic возникла возможность смоделировать и «разыграть» два маршрута транспортировки груза сообщения Турция - Украина. Маршрут первой модели: Турция – Болгария – Румыния - Украина (рис. 3). Маршрут второй модели: Турция - порт Хайдарпаша - порт Ильичевск – Украина (рис. 4).

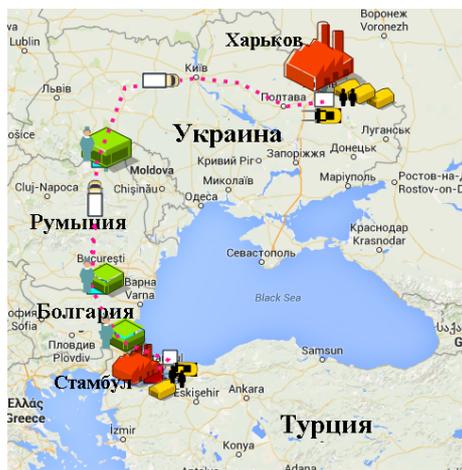


Рис. 3. Имитационная модель первого маршрута

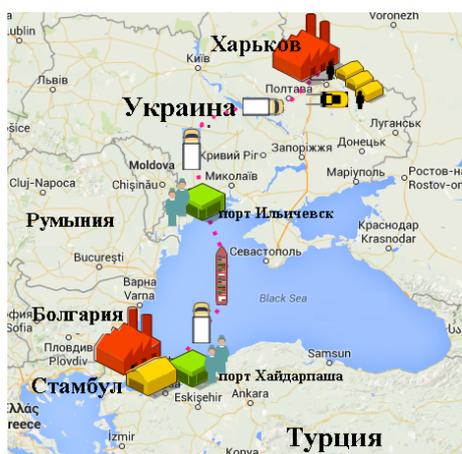


Рис. 4. Имитационная модель второго маршрута

Модели в AnyLogic строились с помощью элементов библиотеки Enterprise Library [4]. Набор элементов DELAY – это элементы задержки, использовались для описания времени простоев на по-

грузке, на разгрузке, при пересечении границ, простои, связанные с технической неисправностью транспортного средства. При изменении их показателей можно в режиме реального времени наблюдать изменения модели. В результате была получена адекватная модель, которая в полной мере имитирует международную грузоперевозку. Её изучение и анализ дает возможность планировать и прогнозировать будущие поставки и выбор «подходящего» маршрута с учетом случайных вероятностей, таких как: выходные и праздничные дни, размер очереди на погрузке, выгрузке, пересечении границ, ожидание во время прохождения таможенной очистки и др.

Вывод. Рациональное планирование и управление международными автомобильными грузоперевозками является актуальным вопросом в области логистики. Поэтому в данной работе предложены методики математического моделирования, которые помогают это осуществить. Предложены аналитическая и имитационная модель, комбинируя которые можно учесть любые возможные ограничения, поведенческие особенности, а также вероятностные характеристики системы, во время осуществления процесса перевозки. Модели позволяют проанализировать возможные варианты изменения случайных переменных или организации транспортной сети и выбрать наилучший из них.

Л и т е р а т у р а

1. Карбанович И.И. Международные автомобильные перевозки / И. И. Карбанович // учебник - Мн. : Юнипак, 2002.
2. Костокова Н.И. Основы математического моделирования. Интернет-Университет Технологий, 2008.
3. Лукинский В.С. Моделирование временных составляющих автомобильных перевозок при реализации технологии «точно в срок» / В.С. Лукинский // Научный журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2012. ISSN 2070-7428.
4. Киселева М.И. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic : учебно-методическое пособие / М.В. Киселёва // Екатеринбург : УГТУ - УПИ, 2009. 88 с.

R e f e r e n c e s

1. Karbanovich I.I. Mezhdunarodnye avtomobil'nye perevozki / I. I. Karbanovich // uchebnik - Mn. : Junipak, 2002.
2. Kostjukova N.I. Osnovy matematicheskogo modelirovanija. Internet-Universitet Tehnologij, 2008.
3. Lukinskij V.S. Modelirovanie vremennyh sostavljajushih avtomobil'nyh perevozok pri realizacii tehnologii «tochno v srok» / V.S. Lukinskij // Nauchnyj zhurnal «Sovremennye problemy nauki i obrazovanija». – 2012. ISSN 2070-7428.
4. Kiseleva M.I. Imitacionnoe modelirovanie sistem v srede AnyLogic : uchebno-metodicheskoe posobie / M.V. Kiseljova // Ekaterinburg : UGTU - UPI, 2009. 88 s.

Кот Н.І., Воропай О.В. Аналітичне та імітаційне моделювання міжнародного автомобільного вантажо-перевезення.

У статті розроблялася модель міжнародного автомобільного вантажоперевезення. Використовувалися методики математичного моделювання. За допомогою кореляційно-регресійного аналізу та імітації процесу в AnyLogic була створена адекватна модель. Модель дала можливість аналізувати і оцінювати результати випадкових змінних для кожного рішення і на основі порівняння вибрати кращий варіант для прогнозування майбутнього.

Ключові слова: транспортна система, модель, аналітичне моделювання, імітаційне моделювання, прогнозування, кращий результат.

Kot N.I., Voropai O.V. Analytical and simulation modeling international automobile transportation.

The paper developed a model international road freight. We used mathematical modeling techniques. Using correlation and regression analysis and simulation process was established in AnyLogic adequate model. The model made it possible to analyze and evaluate the results of random variables for each decision and based on comparison to choose the best option for predicting the future.

Keywords: transport system, model, analytical modeling, simulation, forecasting, better results.

Кот Н.І. – асистент кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків, Україна, e-mail: kotnata@bk.ru.

Воропай О.В. – магістрант, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків, Україна, e-mail: helen4245@gmail.com

Рецензент: *Марченко Д.Н.*, д.т.н., професор

Стаття подана 26.01.2015