

экономики страны // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2018. Т. 1. № 15. С. 125-130.

7. Шабров Н.Ю., Столярова А.П. Проблема оптимизации доставки грузов в междуна-

родном сообщении // В сборнике: Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибирский центр 2018 Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор А.А. Хорешок. 2018. С. 820.1-820.6.

УДК 656.02

*Полтавская Юлия Олеговна,*  
к.т.н., доцент кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

*Poltavskaya Y.O.*

## COMPARATIVE ANALYSIS OF RESULTS OBTAINED BY SOLVING TRANSPORT PROBLEMS WITH DIFFERENT METHODS

**Аннотация.** Решение транспортных задач – это направление прикладных наук, требующее выполнения сложных расчетов для достижения оптимальных решений, которые позволяют принимать меры по эффективному управлению транспортными предприятиями. В статье представлена общая постановка транспортной задачи закрепления потребителей за поставщиками, проведен сравнительный анализ результатов, полученных при решении автоматизированным и ручным способом. Установлено низкое качество функциональной зависимости между полученными значениями и отклонениями. Таким образом, применение автоматизированных систем управления для принятия решений существенно повысит эффективность организации транспортных маршрутов по доставке продукции.

**Ключевые слова:** транспортная задача, линейное программирование, автоматизированный способ, ручной способ, оптимальное решение.

**Abstract.** The solution of transport problems is a field of applied sciences that requires complex calculations to achieve optimal solutions that allow taking measures for the effective management of transport enterprises. The article presents a general statement of the transport problem of securing consumers to suppliers, a comparative analysis of the results obtained when solving in an automated and manual way. The low quality of the functional relationship between the obtained values and deviations is established. Thus, the use of automated control systems for decision-making will significantly increase the efficiency of organizing transport routes for the delivery of products.

**Keywords:** transport problem, linear programming, automated method, manual method, optimal solution.

Решение задачи транспортировки является одной из наиболее важных бизнес-задач при распределении продукции. Цель состоит в том, чтобы минимизировать стоимость доставки товаров из одного места в другое, и удовлетворить запросы каждого потребителя, с учетом возможностей отправителей.

Развитие информационного обеспечения транспортной системы осуществляется за счет создания и внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) для принятия решений, связанных с функционированием транспортного комплекса. Кроме того, АСУ могут быть применены для решения оптимизационных задач на транспорте.

Транспортная задача рассматривается как одна из задач линейного программирования, которая может применяться для разных поставщиков в места назначения таким образом, чтобы общие транспортные расходы были минимальны (задача закрепления потребителей за поставщиками) [1, 2]. Для решения данных транспортных задач используют такие методы, как метод «северо-западного угла», метод МОДИ, метод наименьшей стоимости или метод аппроксимации Фогеля.

Модель линейного программирования включает в себя целевую функцию, в пределах которой должно быть принято решение;

ограничения, которые устанавливают зависимости между переменными; и граничные условия, показывающие в каких пределах могут быть значения искомым переменных в оптимальном решении.

Исходными данными для решения транспортной задачи являются:

- количество  $n$  пунктов поставки (поставщики);
- количество  $m$  пунктов назначения (потребители);
- объем потребления, то есть  $j$ -ый потребитель должен получить не менее  $d_j$  единиц продукции;
- значение переменной стоимости транспортировки продукции  $C_{ij}$ , произведенной в точке поставки  $i$  и отгруженной по назначению в пункте  $j$ .

Графическое представление транспортной задачи отражено на рисунке 1.

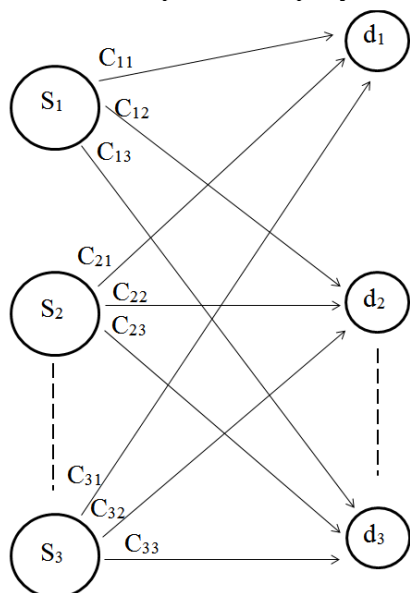


Рисунок 1 – Графическое представление транспортной задачи

На основе транспортной сети, представленной на рисунке 1, формулируется математическая модель линейного программирования. Пусть  $x_{ij}$  будет объем продукции, отправленный из пункта поставки  $i$  в пункт назначения  $j$ . Тогда формулировка транспортной задачи с целью минимизации транспортных расходов представляется:

$$\min \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

где  $m$  – количество потребителей;  $n$  – количество поставщиков;  $C_{ij}$  – стоимость транс-

портировки;  $x_{ij}$  – объем поставляемой продукции от поставщика к потребителю.

Формула (1) подвергается двум ограничениям, а именно:

1. ограничение поставок:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq S_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

2. ограничение спроса:

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = d_j, \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

Поскольку все  $x_{ij}$  должны быть неотрицательными, вышеперечисленное должно соответствовать следующим дополнительным ограничениям:

$$x_{ij} \geq 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

Решение задачи состоит в том, чтобы выбрать такие значения  $x_{ij}$ , при которых стоимость транспортировки была бы минимальной:

$$C_{min} = C_{11}x_{11} + C_{12}x_{12} + \dots + C_{1n}x_{1n} + C_{21}x_{21} + C_{22}x_{22} + \dots + C_{2n}x_{2n} + \dots + C_{n1}x_{n1} + C_{n2}x_{n2} + \dots + C_{nn}x_{nn} \quad (5)$$

Поставленная задача будет иметь оптимальное решение, в том случае, если она удовлетворяет двум требованиям: имеет более одного решения, то есть существуют допустимые решения; имеется критерий, показывающий, в каком случае принимаемое решение должно быть оптимальным (наилучшим из допустимых).

Как правило, математическая модель линейного программирования транспортной задачи имеет большое количество переменных, которые необходимо оценить. Процесс расчета упрощается в случае применения электронной таблицы MS Excel и надстройки «Поиск решения», в результате чего получаем оптимальное или субоптимальное решение при заданных исходных параметрах и наборе ограничений [2].

Для проведения сравнительного анализа результатов решения транспортных задач было решено 58 задач автоматизированным и ручным способом. Стоит отметить, что в некоторых случаях были получены различные оптимальные решения (24 из 58), однако именно автоматизированный метод обеспечивал получение результатов с минимальной стоимостью транспортировки. В таблице 1 приведены основные статистические характеристики исследуемой выборки результатов решения транспортных задач.

Таблица 1 – Статистические характеристики исследуемой выборки

Показатель	Значение показателя
Объем выборки, количество задач	58
Количество отклонений, полученных в ходе решения	24
Минимальное значение отклонения, %	0,45
Максимальное значение отклонения, %	9,42
Среднее значение отклонения, %	3,45
Стандартное отклонение	2,49

В ходе дальнейшего анализа результатов решения транспортной задачи был построен график зависимости между получен-

ными разными способами значениями и отклонениями их результатов (рисунок 2).

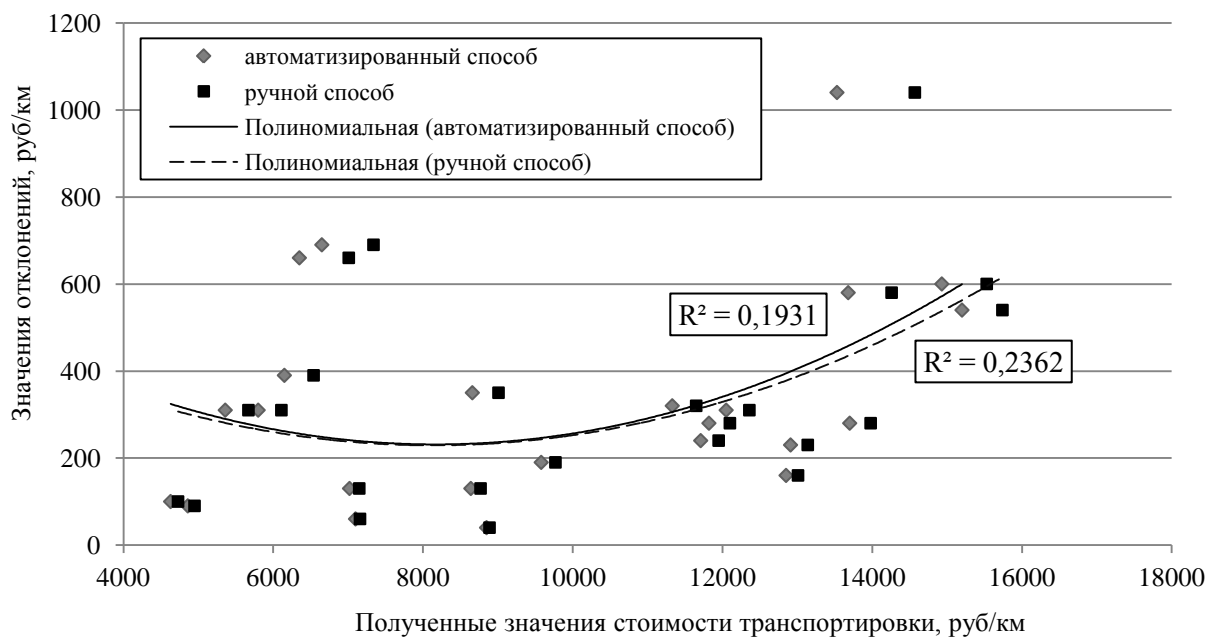


Рисунок 2 – Функциональная зависимость между полученными значениями стоимости транспортировки и отклонениями результатов разных способов

Были рассмотрены линейная, степенная и полиномиальная регрессионные модели. Максимальное значение коэффициентов корреляции уравнений регрессии отмечалось у полиномиальной зависимости (рисунок 2), однако данные значения можно охарактеризовать как низкие (0,19 и 0,24). На основе проведенного анализа был сделан вывод, что полученные значения стоимости транспортировки и отклонения результатов

разных способов не взаимосвязаны между собой. Это связано с тем, что решение задач вручную включает в себя множество сложных вычислений и присутствует фактор человеческой ошибки [3, 4].

В связи с этим, стоит отметить, что автоматизированный способ решения задач может широко использоваться в практической деятельности логистических компаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геращенко, И.П. Экономико-математические методы и модели: учебное пособие / И.П. Геращенко, Е.В. Шульга. – Омск: Изд-во Омского экономического института, 2007. – 292 с.
2. Симаков, Е. Е., Ким, Е. Решение транспортных задач с применением программирования в системе MathCAD // Молодой ученый. – 2014. – №5. – С. 8-13. – URL <https://moluch.ru/archive/64/10247/> (дата обращения: 22.10.2019).
3. Гозбенко, В.Е., Крипак, М.Н., Полтавская, Ю.О. Математическое моделирование работы автотранспортного предприятия // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. № 2 (42). С. 120-129.
4. Лебедева, О.А., Полтавская, Ю.О., Гозбенко, В.Е. Выбор маршрута передвижения в системе метрополитена // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 3 (59). С. 76-82.