

УДК 004:519.6

**АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ****Приходькова И.В., Тарасова И.А., Авдеюк О.А., Поляков В.С.,
Наумов В.Ю., Павлова Е.С.***ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград,
e-mail: oxal2@mail.ru*

В статье описана актуальность применения программных средств для решения оптимизационных задач линейного программирования на примере транспортных задач в поиске оптимального распределения однородных объектов с минимизацией затрат на перемещение в различных областях экономики и производства. Сделан вывод, что немашинный способ решения приводит к громоздким вычислениям и поэтому целесообразно использовать компьютерные расчеты. В связи с этим основное внимание в статье уделяется применению различных программных средств для решения таких задач. На конкретном примере описаны алгоритмы вычисления транспортной задачи с помощью пакета OpenOffice.org Calc, САПР MathCAD, Lingo (demo – версия). Анализ различных программных продуктов предоставляет возможность осуществить правильный выбор для решения транспортной задачи в зависимости от специфики технического задания. Выбор конкретного программного продукта зависит также от возможности пользователей и его целей.

Ключевые слова: транспортная задача, алгоритмы, оптимизация, программные средства**ALGORITHMIC AND SOFTWARE TOOLS FOR THE SOLUTION
OF TRANSPORT TASKS PROBLEMS****Prikhodkova I.V., Tarasova I.A., Avdeyuk O.A., Polyakov V.S., Naumov V.Yu., Pavlova E.S.***Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: oxal2@mail.ru*

In this article we describe the relevance of using software tools for solving optimization problems linear programming on the example of transport problems in finding the optimal allocation of homogeneous objects minimizing the cost of movement in different areas of the economy and production. It is concluded that non-native method of solution leads to cumbersome calculations and it is therefore advisable to use computer calculations. In this regard, the main attention is paid to the use of various software tools for solving such problems. In a specific example described algorithms for computing the transport problem using the package OpenOffice.org Calc, CAD, MathCAD, Lingo (demo – version). Analysis software provides the ability to make the right choice when solving the transportation problem depending on the specifics of the technical specifications. The choice of a particular software product also depends on the ability of users and purposes.

Keywords: transportation problem, algorithms, optimization, software

Во многих областях производственно-экономической деятельности возникает необходимость в решении задач для определения максимального эффекта при заданных ограничениях на различные виды ресурсов [1]. Ввиду сложности современных объектов исследования для их модельного описания используются различные подходы, например – линейное программирование, частью которого являются транспортные задачи. В классическом варианте они ассоциируются с перемещением груза от поставщиков к потребителям. Решение данной задачи позволяет разработать наиболее рациональные пути и способы транспортирования товаров, устранить чрезмерно дальние, встречные, повторные перевозки. Всё это уменьшает стоимость доставки товаров, связанные с осуществлением процессов снабжения материалами, сырьём, оборудованием, топливом и т.д. Тем не менее алгоритмы и методы решения транспортной задачи могут быть использованы при рассмотрении других типов задач, не относящихся к классу объектов транспортировки груза, например сетевое,

календарное планирование, составление расписания, оптимальное обеспечение материальными ресурсами предприятия, распределение торговых агентов и т.д. Известно, что при использовании методов линейного программирования необходимо выполнять многочисленные последовательные арифметические операции, причем ошибка на любом этапе решения приводит к неверному конечному результату, а повторные вычисления зачастую занимают много времени. Поэтому широкое практическое использование этой теории связано с появлением ЭВМ и соответствующего программного обеспечения.

При решении транспортной задачи используют стандартные программные средства (например, OpenOffice.org Calc, MS Excel, САПР MathCAD и др.) и специализированные программы (например, Lingo (demo-версия)), в том числе написанные на определенном языке программирования высокого уровня.

Как показал анализ литературы, например [1, 2, 6–10], ранее не проводилась оценка сложности в использовании и срав-

нительные характеристики современных программных средств для решения транспортных задач, что предоставило бы удобный инструмент для специалиста в области автоматизации такого рода вычислений для решения задач различного масштаба производственных и торговых предприятий. Поэтому рассмотрение способов решения транспортной задачи с использованием наиболее распространенных алгоритмических и программных средств с последующим их анализом является актуальной задачей и обладает научно-практической новизной.

Для решения поставленной задачи в качестве примера решим следующую типовую транспортную задачу. В трех пунктах отправления А1, А2 и А3 находится соответственно 34, 30 и 27 т горючего. Потребителям В1, В2, В3 и В4 требуется соответственно 25, 19, 29 и 21 т горючего. Стоимость перевозки одной тонны горючего из пункта А1 в пункты В1, В2, В3 и В4 соответственно 6, 2, 5 и 5 рублей за тонну горючего, из А2 – 4, 7, 3 и 6 руб., а из В3 – 2, 4, 1 и 5. Составить оптимальный план перевозок горючего так, чтобы общая сумма транспортных расходов была наименьшей (таблица).

План перевозок горючего

	В1	В2	В3	В4	Всего
А1	6	2	5	5	34
А2	4	7	3	6	30
А3	2	4	1	5	27
Всего	25	19	26	21	

Для решения этой задачи воспользуемся программой OpenOffice редактором CALC. Данный программный продукт является бесплатным аналогом пакета Microsoft Office Excel и содержит необходимый инструментарий для построения математических моделей и решения задач линейного программирования (в том числе транспортных задач). Алгоритм работы следующий [2, 3]:

1. Введем исходные данные в ячейки рабочего листа OpenOffice.ORG редактор CALC;
2. Разметим блоки ячеек на рабочем листе OpenOffice.ORG редактор CALC, необходимые для моделирования объемов перевозок, а также для формирования элементов математической модели и целевой функции;
3. Сформируем на рабочем листе OpenOffice.ORG редактор CALC элементы математической модели и целевую функцию;
4. Настроим программу «Поиск решения» или «Решатель» (в зависимости от версии программы) и выполним ее.

После выполнения пунктов 1, 2 и 3 получим рабочий лист OpenOffice.ORG CALC с размеченными блоками ячеек (рис. 1, а).

5. Затем выберем из меню «Сервис» пункт «Решатель» и заполним поля в окне диалога программы (рис. 1, б).

6. После нажатия на клавишу «Решить» на рабочем листе получим решение нашей транспортной задачи (рис. 1, в).

Таким образом, можно сделать следующие выводы: решение транспортной задачи с помощью данного программного продукта имеет как ряд преимуществ, так и недостатков. К преимуществам можно отнести то, что OpenOffice.ORG CALC распространяется бесплатно и доступен любому пользователю, и за минимальное время возможно решить любую сбалансированную транспортную задачу. Недостатком является необходимость самостоятельной разработки пользователем математической модели, задание для нее ограничений и определение целевой функции, а это в свою очередь требует от пользователя математических знаний в данной области.

Теперь рассмотрим решение этой же задачи с помощью САПР MathCAD [2]. MathCAD – программное средство, среда для выполнения на компьютере разнообразных математических и технических расчетов, снабженная простым в освоении и в работе графическим интерфейсом, которая предоставляет пользователю инструменты для работы с формулами, числами, графиками и текстами.

При решении транспортной задачи в САПР MathCAD с помощью решающего блока необходимо (рис. 2):

1. Определить матрицу C и векторы a и b .
2. Сформировать функцию цели Z .
3. Задать матрицу начального приближения X .
4. В решающем блоке ввести ограничения, для этого необходимо сформировать массивы, в которых хранятся

$$\sum_{j=1}^4 x_{ij} u \sum_{i=1}^3 x_{ij}.$$

5. Решить задачу оптимизации с помощью функции Minimize [1].

В MathCAD доступны более сотни операторов и логических функций, предназначенных для численного и символьного решения математических задач различной сложности. Задача, решенная один раз, может быть использована для решения с другими исходными данными. Использование данного пакета имеет ряд недостатков: продукт является платным, пользователь должен уметь сам построить математическую модель. Сотрудник, работающий с системой, должен обладать навыками работы и программирования в данном пакете, что требует определенной подготовки специалиста.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3			Матрица транспортных расходов.					
4								
5			6	2	5	5		
6			4	7	3	6		
7			2	4	1	5		
8								
9	Спрос потребителей		25	19	26	21		
10								
11			Матрица перевозок					
12			B1	B2	B3	B4		
13		A1	0,01	0,01	0,01	0,01		
14		A2	0,01	0,01	0,01	0,01		
15		A3	0,01	0,01	0,01	0,01		
16								
17	Фактически получено		0,03	0,03	0,03	0,03		
18								
19	Транспортные расходы по потребителям		0,12	0,13	0,09	0,16		Итого:
20								
21								
22								
23								

а)

Решатель

Целевая ячейка:

Результат: Максимум Минимум Значение

Изменяя ячейки:

Ограничительные условия

Ссылка на ячейку	Операция	Значение
<input type="text" value="\$C\$14:\$F\$16"/>	<input type="text" value=">="/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="\$C\$18:\$F\$18"/>	<input type="text" value=">="/>	<input type="text" value="\$C\$10:\$F\$10"/>
<input type="text" value="\$I\$14:\$I\$16"/>	<input type="text" value="<="/>	<input type="text" value="\$I\$6:\$I\$8"/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="<="/>	<input type="text" value=""/>

Параметры... Справка Закреть Решить

б)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3			Матрица транспортных расходов.						Предложения поставщиков	
4									34	
5			6	2	5	5			30	
6			4	7	3	6			27	
7			2	4	1	5				
8										
9	Спрос потребителей		25	19	26	21				
10										
11			Матрица перевозок						Фактически реализованы	
12			B1	B2	B3	B4				
13		A1	0	19	0	15			34	
14		A2	24	0	0	6			30	
15		A3	1	0	26	0			27	
16										
17	Фактически получено		25	19	26	21				
18										
19	Транспортные расходы по потребителям		98	38	26	111		Итого:	273	
20										
21										
22										
23										

в)

Рис. 1. Решение транспортной задачи OpenOffice.ORG редактор CALC

Матрица транспортных расходов $C := \begin{pmatrix} 6 & 2 & 5 & 5 \\ 4 & 7 & 3 & 6 \\ 2 & 4 & 1 & 5 \end{pmatrix}$

Предложения поставщиков $A := \begin{pmatrix} 34 \\ 30 \\ 27 \end{pmatrix}$

Спрос потребителей $B := \begin{pmatrix} 25 \\ 19 \\ 26 \\ 21 \end{pmatrix}$

sum_rows(x) := for i ∈ 0..2
 $v_i \leftarrow 0$
 for j ∈ 0..3
 $v_i \leftarrow v_i + x_{i,j}$
 v

sum_columns(x) := for j ∈ 0..3
 $v_j \leftarrow 0$
 for i ∈ 0..2
 $v_j \leftarrow v_j + x_{i,j}$
 v

Транспортные расходы $Z(x) := \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^3 (C_{i,j} \cdot x_{i,j})$

$\sum_{i=0}^2 (A_i) = 91$ $\sum_{j=0}^3 B_j = 91$

$x := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

Given

$x \geq 0$ sum_rows(x) = A sum_columns(x) = B

$x := \text{Minimize}(Z, x)$

$x = \begin{pmatrix} 0 & 19 & 0 & 15 \\ 24 & 0 & 0 & 6 \\ 1 & 0 & 26 & 0 \end{pmatrix}$ $Z(x) = 273$

Рис. 2. Решение в MathCAD

```

min=6*x11+2*x12+5*x13+5*x14+4*x21+7*x22+3*x23+6*x24+2*x31+4*x32+1*x33+5*x34;

x11+x12+x13+x14=34;
x21+x22+x23+x24=30;
x31+x32+x33+x34=27;

x11+x21+x31=25;
x12+x22+x32=19;
x13+x23+x33=26;
x14+x24+x34=21;
    
```

Рис. 3. Запись условия задачи в Lingo (demo-версия)

Также задача может быть решена с помощью пакета Lingo [4], который является традиционным пакетом для решения задач линейного, целочисленного и квадратично-программирования (рис. 3, 4).

Несомненным преимуществом данного программного продукта является то, что модели в нем записываются в простой форме,

соответствующей тому, как записываются уравнения на бумаге. В отличие от рассмотренных выше пакетов, Lingo позволяет решать несбалансированные (открытые) транспортные задачи. Из программных продуктов такого класса Lingo предлагает полный набор средств для изучения внутренней работы симплекс-метода, используемого для реше-

ния задач оптимизации линейных моделей. Также уникальным для Lingo является набор средств для целевого планирования, параметрического анализа, а также эффективного решения задач квадратичного программиро-

вания. Кроме того, полученные результаты позволяют проводить дальнейший анализ решаемой задачи. Несмотря на то, что доступна демо-версия пакета [5], полновесный пакет является платным.

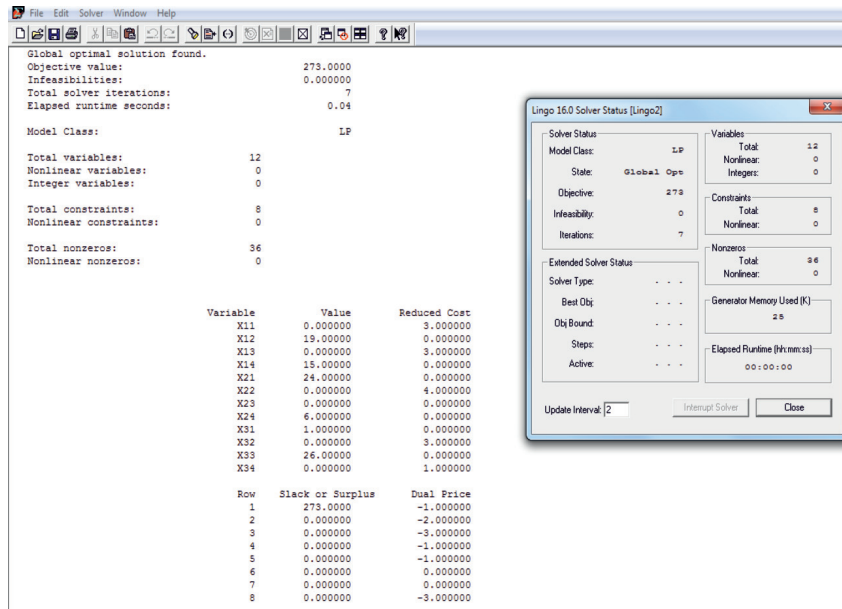


Рис. 4. Окно решения задачи в Lingo (демо-версия)

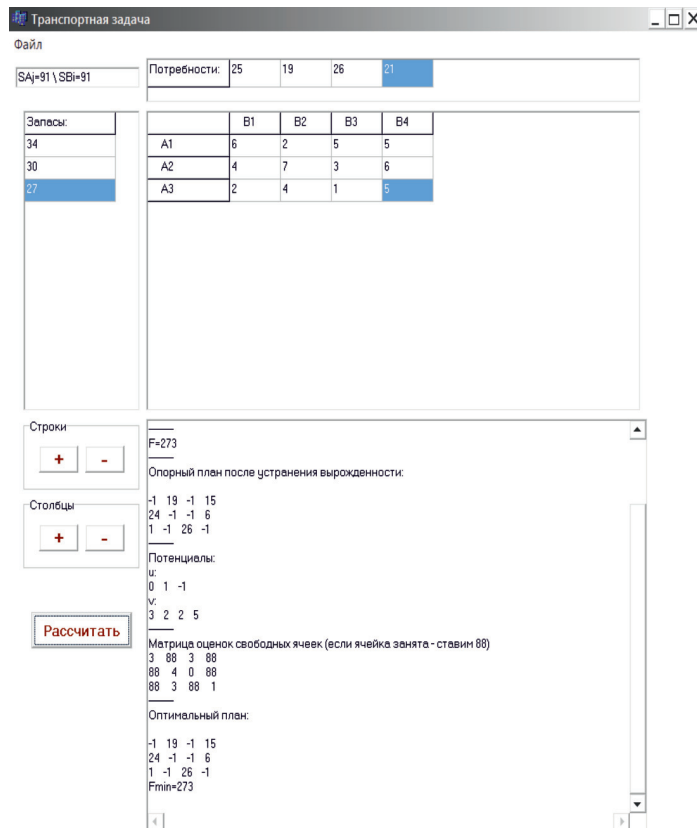


Рис. 5. Окно программы «Транспортная задача»

Еще одним из вариантов является разработка программы самостоятельно. Например, написать на ЯВУ. Например, простейшая программа для решения транспортной задачи, разработанная в среде Delphi, будет выглядеть следующим образом (рис. 5). Программа реализует интуитивно понятный интерфейс и разработана для решения как транспортной задачи заданного условия варианта, так и для решения транспортных задач с другими исходными данными, удовлетворяющих условиям программы. Для ввода данных используется клавиатура. Данные, выводимые программой, соответствуют тем, что получены при расчетах вручную – методом наименьшего элемента и методом потенциалов, соответствуют решению в программах OpenOffice.org Calc, САПР MathCAD, Lingo (демо-версия).

Таким образом, в результате применения различных программных продуктов при решении предложенной задачи был получен одинаковый результат вычислений. Каждый из рассмотренных выше машинных способов решения имеет свои недостатки и преимущества в его использовании по сравнению с другими. К ним относятся, например, алгоритмическая сложность, полнота и системность функций обработки, стоимость, доступность продукта, а также время на подготовку специалиста для формирования навыков работы в рассматриваемых программных пакетах и др. Очевидно, что выбор того или иного программного продукта зависит как от возможностей пользователя, так и его целей. Проведенный анализ различных программных продуктов предоставляет возможность специалисту в сжатые сроки осуществить правильный выбор для автоматизации решения оптимизационных задач линейного программирования (на

примере транспортной задачи) в зависимости от специфики технического задания.

Список литературы

1. Решение транспортных задач: учеб. пособие / А.В. Семериков. – Ухта: УГТУ, 2013. – 58 с.
2. Симаков Е.Е. Решение транспортных задач с применением программирования в системе MathCAD / Е.Е. Симаков, Е. Ким // Молодой ученый. – 2014. – № 5. – С. 8–13.
3. Приходькова И.В. Информатика в транспортной отрасли: лабораторный практикум. Решение транспортных задач: учеб. пособие / И.В. Приходькова, И.Г. Лемешкина, Е.С. Павлова. – Волгоград: ВолГГУ, 2014. – 80 с.
4. Лабораторная работа по теме «Оптимизация» [Электронный ресурс]. – URL: http://dump.vstu.ru/files/storage/Kafedry/PM/Ochnaia_forma_obucheniia/Dopolnitelnyie_ghlavy_matiematiki/Maghistry_6_kurs/Mietodicheskie_ukazaniia/Lingo_Rieshieniie_niekotorykh_zadach_optimizatsii.pdf (дата обращения: 19.05.2017).
5. LINGO Demo [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hearne.software/Software/lingo/demos> (дата обращения: 19.05.2017).
6. Скворцов А.В. Реализация пакета транспортных задач в геоинформационной системе ГрфИн [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ict.edu.ru/ft/004479/25.pdf> (дата обращения: 16.06.2017).
7. Фурина К.О. О Решении задач большой размерности в пакете MATHCAD на примере транспортной задачи / К.О. Фурина // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17348> (дата обращения: 16.06.2017).
8. Бексултанов Ж.Т., Баетов А.К. Решение транспортной задачи с помощью программы «Оптимал» / Ж.Т. Бексултанов, А.К. Баетов // Известия вузов Кыргызстана. – 2016. – № 2. – С. 3–6. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25829247>.
9. Родина Е.В. Общая постановка и применение транспортной задачи в сфере железнодорожного обслуживания / Е.В. Родина, Р.Х. Нураева, Х.Х. Сафаралиева // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 6. – С. 84–86. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=31994> (дата обращения: 16.06.2017).
10. Цыплакова О.Н., Цысь Ю.В., Кобылина А.В. Транспортная задача и её применение в решении экономических задач / О.Н. Цыплакова, Ю.В. Цысь, А.В. Кобылина // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5–2. – С. 178–180.