

## Сведения об издании

**ББК 22.1я431**

**М 150**

**Главный редактор**  
профессор Н.М. Оскорбин

### Редколлегия:

А.И. Будкин, Д.Ю. Козлов, Г.В. Кравченко, А.Г. Петрова,  
Е.Д. Родионов, А.Н. Саженков, Л.А. Хворова

**М 150 МАК: «Математики – Алтайскому краю»:** сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием (1-5 июля 2020 г.) / гл. ред. Н.М. Оскорбин. – Барнаул: АлтГУ, 2020. – 1 DVD-R (6 Мб). – Систем. требования: Intel Pentium 1,6 GHz и более; 512 Мб (RAM) ; Microsoft Windows 7 и выше ; Adobe Reader. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

научное электронное издание

Выпуск содержит статьи, в которых представлены основные результаты научных исследований преподавателей вузов, научных сотрудников, аспирантов, докторантов и студентов учебных заведений. Конференция «МАК-2020» представляет собой Российско-Казахстанский проект, целью которого является активизация отношений с ВУЗами Казахстана и проведение конструктивного научного сотрудничества по важным для России и Казахстана направлениям в сфере образования и научно-исследовательской деятельности.

Основные научные и образовательные цели конференции – анализ и обобщение опыта научно-исследовательской работы в области перспективных и приоритетных направлений развития математики, прикладной математики, математического моделирования и информационных технологий в социальных, экономических, экологических системах; интенсификация междисциплинарных исследований, развитие научной активности научно-ориентированной молодежи, привлечение ее к решению актуальных задач современной науки и практики; сохранение и развитие научного потенциала Алтайского края и других регионов.

**ISSN: 2687-0118**

© Алтайский государственный университет, 2020

Ергалиев Е.К., Жакиева А.Е., Курушбаева Д.Т., Маничева А.С.	
Математическая модель оптимального числа однотипного оборудования в условиях промышленных предприятий .....	126
Ергалиев Е.К., Маничева А.С., Сакенова А.Е. Математическое моделирование активности работников в условиях локального рынка труда.....	129
Мадиев М.Н., Камбар А.К., Оскорбин Н.М. Субъективные оценки риска и упущенной выгоды в моделях обоснования инвестиционных проектов.....	132
Мадиев М.Н., Советхан А.А., Оскорбин Н.М. Информационные технологии в задачах прикладного портфельного анализа инвестиционных решений .....	135
Михалева А.В., Оскорбин Н.М. Оптимальное размещение на складах на территории распределенных потребителей.....	139

2. Ергалиев Е.К., Мадияров М.Н., Оскорбин Н.М. Математические задачи прикладного портфельного анализа // Известия Алтайского государственного университета. № 1 (105). 2019 – С. 75-79.

3. Ергалиев Е.К., Мадияров М.Н., Мельникова Н.С., Оскорбин Н.М. Интервальное оценивание доходности и риска в прикладном портфельном анализе // МАК : «Математики – Алтайскому краю» : сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием, Барнаул, 27 июня – 1 июля 2019 г. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2019. – С. 135-138.

5. Наумов А.А., Федоров А.А. Синтез эффективного портфеля проектов // Информационные технологии моделирования и управления. 2006. № 1(26).

7. Ширяев В.И. Оптимальные портфели, управление финансами и рисками. 2-е изд. – М.: УРСС, 2009. – 216 с.

8. Данько Е.В. Функция субъективной полезности инвестиционных решений в условиях информационной неопределенности и метод оценки ее параметров // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: Информационные технологии. – 2015. – Т. 13, вып. 3. – С. 24–32.

**УДК 519.868**

## **Оптимальное размещение складов на территории распределенных потребителей**

*A.V. Михалева, Н.М. Оскорбин*

*АлтГУ, г. Барнаул*

*Ключевые слова:* транспортные перевозки, транспортная задача, пространственное распределение, оптимизация затрат

В настоящей статье производится анализ пространственных процессов грузоперевозок, описанных, например, в работах [1, 2]. Ставится задача обобщения транспортной задачи линейного программирования (ТЗЛП), теория которой и методы решения приведены в [3]. В классической постановке число складов считается заданным, запасы однотипного товара на всех складах известны и ограничены. Кроме того, затраты на перевозку единицы товара от каждого склада каждому потребителю постоянные, откуда следует, что пространственное положение складов и распределение потребителей задается априори. Очевидным обобщением ТЗЛП является оптимизация пространственного размещения заданного числа складов на территории распределения потребителей. В данной постановке имеются возможности и направления использования на практике

полученных результатов, в частности, при решении задачи оптимального размещения оптовых складов продовольствия на городской территории.

В предложенном подходе рассматриваем прямоугольную территорию, на которой расположены потребители продукции однотипного товара, как это требует классическая постановка транспортной задачи линейного программирования.

Считаем, что пространственное распределение потребности в рассматриваемый длительный период времени в среднем известно и не меняется во времени. Требуется разместить на исследуемой территории п складов таким образом, чтобы суммарные затраты на обеспечение потребителей в единицу времени были минимальными.

Такая задача требует детальной формализации. Формализацию задачи размещения складов проведем в следующих предположениях:

1. Затраты на перевозку от склада  $i$  потребителю  $j$  зависят только от географического расстояния между ними, без учета качества дорог, их конфигурации, наличия пробок и остановок.

2. Территориальные границы зон обслуживания по складам не пресекаются, т.е. потребители привязаны только к конкретным складам.

3. Территориальные зоны обслуживания являются прямоугольниками. Данное предположение вызвано условиям упрощения задачи.

4. Возможности объемов хранения товаров на складах не лимитированы.

В данной задаче конкурентного обслуживания не допускается, и мы уходим от задачи с булевыми переменными.

Территорию размещения потребителей разобъем на прямоугольники в номерами  $k=1,\dots,K$  и  $l=1,\dots,L$ , где  $K$  и  $L$  заданы, как и число складов  $n$ . Обозначим  $P(k,l)$  – среднюю потребность и, следовательно, уровень заявки на клетке  $(k,l)$ . Эти величины являются исходными данными.

Рассмотрим 2 склада, рисунок 1 поясняет геометрию рассматриваемой задачи.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	s=1	s=2	s=3	s=4	s=5	s=6	s=7	s=8	s=9	s=10				s=N
22	P(1,1)	P(1,2)	P(1,3)	P(1,4)	P(1,5)	P(1,6)	P(1,7)	P(1,8)	P(1,9)	P(1,10)				P(1,K)
23	P(2,1)													h1
24	P(3,1)													h2
25	P(4,1)													h3
26	P(5,1)													h4
27	P(6,1)													h5
28	P(7,1)													h6
29														h7
30														
31														
32	P(L,1)													P(L,K)

Рисунок 1 – Схема пространственного размещения потребителей при двух оптовых складах:  $P(l,k)$  – уровень заявки потребителя в клетке  $(l,k)$

Для каждого склада выделим прямоугольные области зон обслуживания с переменными границами, координаты которых выступают как искомые переменные. На рисунке 1 такой координатой является число  $h$ , в данном случае равное 6. В среде Excel разбиение двухмерной матрицы на прямоугольные зоны можно задать на отдельном листе индикаторной матрицей  $Ins(l,k)$  для каждого склада  $s$ , в которой клетки, обслуживаемые данном складом, имеют значение 1, а другие – имеют значение 0.

Рассмотрим расчет суммарной стоимости обслуживания заявок, например, с первого склада. Пусть  $C$  – стоимость перевозки единицы товара на расстояние соседней клетки;  $R(l, k, ls, ks)$  – таблица расстояний от клетки  $(l, k)$  до плавающей клетки  $(ls, ks)$  размещения склада  $s$ . Суммарная стоимость  $Z_s$  обслуживания заявок склада  $s$  определяется функцией Excel – суммой произведения матриц  $P(l, k)$ ,  $R(l, k, ls, ks)$ ,  $Ins(l, k)$ , умноженной на  $C$ . Полная стоимость  $Z$  выполнения заявок всеми складами определяется суммой затрат складов:  $Z = Z_1 + \dots + Z_n$ .

При обслуживании потребителей наземным транспортом в условиях городской дорожной сети расстояние между клетками естественно считать по маршруту, который проходит по границам пересекаемых клеток. Математически такое расстояние в среде Excel удобно задать следующей формулой:

$$r(l, k, ls, ks) = ABS(l - ls) + ABS(k - ks).$$

Исследование задачи оптимального размещения складов в описанной постановке и при обслуживании потребителей наземным транспортом проведено на примере 1 и 2 складов. Во всех вариантах сумма заявок составляла 400 ед. Пространственное распределение заявки в клетке  $(l, k)$  задавалось линейной функцией:  $P(l, k) = P_0 + P_1 * k + P_2 * l$ . Число клеток разбиения исследуемой территории задано следующими:  $K=30$ ,  $L=100$ . В базовом варианте коэффициенты

задавались из условия:  $P_0=320$ ,  $P_1*K=30$ ,  $P_2*L=50$ , а параметр С задан равным 10 денежных единиц (д.е.). Минимальные затраты на обслуживания заявок с 1 склада в клетке (52, 16) составили 133137,7 д.е. Затраты при 2 складах с координатами (25, 16) и (75, 16) составили 85095,5 д.е., что на 36,1% меньше затрат при одном складе. Области обслуживания складов оказались равными друг другу ( $h=50$ ).

Дополнительный вариант исследования задачи характеризовался большей неравномерностью распределения заявок. Коэффициенты задавались из условия:  $P_0=100$ ,  $P_1*K=100$ ,  $P_2*L=200$ , а С=10 д.е. Минимальные затраты на обслуживания заявок с 1 склада в клетке (61, 17) составили 128670,3 д.е. Затраты при 2 складах с координатами (32, 18) и (80, 17) составили 84120,6 д.е., что на 34,6% меньше затрат при одном складе. Области обслуживания складов оказались не равными друг другу ( $h=56$ ).

Рассмотрено размещение 2-х складов с разными удельными стоимостями:  $C_1=5$ ,  $C_2=15$ . Затраты на складах с координатами (54, 17) и (95, 17) составили 62284,3 д.е. Области обслуживания складов существенно различны ( $h=90$ ): первый склад обслуживает 90%, второй только 10% от общей территории.

Последний вариант задачи размещения 2-х складов исследован для случая задания матрицы  $R(l, k, ls, ks)$  евклидовыми расстояниями каждого склада. Суммарные затраты на складах с координатами (50, 17) и (92, 17) составили 46784,9 д.е. Области обслуживания складов заметно выровнялись ( $h=83$ ): первый склад обслуживает 83%, второй – 17% вместо 10% от общей территории в предыдущем варианте. Но основным эффектом использования дронов вместо наземного транспорта при одинаковой удельной стоимости является сокращение на 24,9% суммарных затрат на выполнение заявок.

Практическим результатом исследования будет являться сокращение расходов на транспортные издержки, оптимизация процесса грузоперевозок и за счет этого повышение прибыли организаций грузоперевозчика.

## **Библиографический список**

1. Михалева А. В. Исследование применения математической модели линейного программирования для оптимизации транспортного маршрута (на примере автотранспортных грузоперевозок Москва – Калининград) // МАК : «Математики – Алтайскому краю» : сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием, Барнаул, 28 июня – 1 июля 2018 г. – Барнаул: Изд-во Алт. уни-та, 2018. – С. 192–194.

2. Золотарюк А.В. Математическая модель многокритериальной оптимизации транспортных перевозок. // Инновационные технологии в науке и образовании. 2015. № 1(1). – С. 317-320.

3. Кузнецов А. В., Холод Н. И., Костевич Л. С. Руководство к решению задач по математическому программированию. – Минск: Высшая школа, 1978. – С. 110.

**УДК 330.46:519.71**

## **Оптимизация распределения инвестиционных ресурсов мегапроекта (на примере строительства трубопровода)<sup>1</sup>**

*Н.И. Пляскина*

*Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, Новосибирский Национальный Исследовательский Государственный Университет (Affiliation-ID 60002049) (НГУ)*

*Аннотация.* Объектом исследования является долгосрочный инвестиционный мегапроект с множеством участников, имеющих самостоятельные проекты с высокими рисками реализации. Мегапроект представлен в виде ориентированного графа  $G_g$  без контуров. Решается задача поиска оптимальной стратегии распределения инвестиционных ресурсов компании между проектами с различными коэффициентами приоритетности. Каждый проект  $G_k$  ( $1 \leq k \leq n$ ) имеет директивный срок окончания строительства  $D_k$  и допустимую (минимальную и максимальную) вероятность завершения ( $P^*$  и  $P^{**}$  соответственно). Основная идея задачи распределения ресурсов между  $n$  проектами состоит в повышении вероятности завершения мегапроекта в директивные сроки  $D_i$  при заданных начальных объемах инвестиционных ресурсов мегапроекта  $C$ . Необходимо определить объем инвестиционных ресурсов  $C_k$ , выделяемых  $k$ -му проекту в момент времени  $t \geq 0$ , при которых целевая функция максимальна. Задача представлена решением основной и вспомогательной задач для всех проектов  $G_k$  ( $1 \leq k \leq n$ ).

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено по плану НИР ИЭОПП СО РАН проект АААА-А17-117022250132-2 XI.172.1.1. (0325-2016-0010)