Родионов. – Электрон. текст. дан. – Барнаул: ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», 2017. – С. 622-623.

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 n складов на территории распределенных потребителей

***А.В. 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 n 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 разобьем на прямоугольники в номерами к=1,…,K и l=1,…,L, где K и L заданы, как и число складов n. Обозначим P(к,1) – среднюю потребность и, следовательно, уровень заявки на клетке (к,1). 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | к=1 | к=2 | к=3 | к=4 | к=5 | к=6 | к=7 | к=8 | к=9 | 10 | | | к=К | |
| 23 | 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) | l=1 |
| 24 | P(2,1) | | | | | | | | | | | | | l=2 |
| 25 | P(3,1) | | | | | | | | | | | | | l=3 |
| 26 | P(4,1) | | | | | | | | | | | | | l=4 |
| 27 | P(5,1) | | | S1(l,k) | | | | | | | | | | l=5 |
| 28 | P(6,1) | | | | | | | | | S2(l,k) | | | | l=6 |
| 29 | P(7,1) | | | | | | | | | | | | | l=7 |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | P(L,1) | | | | | | | | | | | | P(L,K) | l=L |

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 С – 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 Zs обслуживания заявок склада s определяется функцией Excel – суммой произведения матриц P(l, k), R(l, k, ls, ks), Ins(l, k), умноженной на С. Полная стоимость Z выполнения заявок всеми складами определяется суммой затрат складов: $Z=Z_1+\ldots+Zn$.

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: К=30, L=100. В базовом варианте коэффициенты задавались из условия: $P_0$=320, $P_1$*К=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, $P_1$*К=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. ун-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)[1]

***Н.И. Пляскина***

*Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, Новосибирский Национальный Исследовательский Государственный Университет (Affilation-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 $G_{ij}$ без контуров. Решается задача поиска оптимальной стратегии распределения инвестиционных ресурсов компании между проектами с различными коэффициентами приоритетности. Каждый проект $G_k$ $(1 \le k \le n)$ 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 $D_k$ при заданных начальных объемах инвестиционных ресурсов мегапроекта $C$. Необходимо определить объем инвестиционных ресурсов $C_{kt}$, выделяемых $k$ – му проекту в момент времени $t \ge 0$, при которых целевая функция максимальна.

[1] Исследование выполнено по плану НИР ИЭОПП СО РАН проект АААА-А17-117022250132-2 XI.172.1.1. (0325-2016-0010)