УДК 338.2 DOI: 10.14529/em180121

ПРОБЛЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОВАРОВ ПО ЛОГИСТИЧЕСКИМ ЦЕНТРАМ

А.В. Панюков, Х.З. Чалуб

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Современное предприятие – сложная и динамичная система, активно взаимодействующая с внешней средой. В настоящее время эффективный логистический менеджмент признается ключевым фактором повышения показателей деятельности компаний и их конкурентоспособности. Используемые на практике эконометрические методы не дают средств для оперативного решения множества возникающих проблем, в частности проблемы эффективного оперативного управления организацией сетевого маркетинга. В работе предложены алгоритмы анализа и оперативного решения проблемы распределения товаров по логистическим центрам, включая систему поддержки принятия решения в случае некорректности возникающей проблемы: 1) способ регуляризации разложимой распределительной задачи, сводимой к матричной транспортной задаче; 2) эффективный алгоритм аппроксимации неразложимой задачи разложимой задачей; 3) в качестве критериев в модели принятия решений предлагается использовать маржинальную прибыль и объем неудовлетворенного спроса. При фиксированных допустимых значениях экзогенных переменных решение разложимой распределительной задачи является оптимальным по Парето. Проблема выбора конкретных значений экзогенных переменных является трудно формализуемой и требует участия лица, принимающего решение. Программная реализация предложенных алгоритмов легко инкапсулируется в систему MS Office.

Ключевые слова: логистический центр; транспортная задача; оперативное управление; распределительная задача; регуляризация; декомпозиция; алгоритм.

Введение

Современное предприятие – сложная и динамичная система, активно взаимодействующая с внешней средой. В настоящее время эффективный логистический менеджмент признается ключевым фактором повышения показателей деятельности компаний и их конкурентоспособности [1, 2]. В работе [3] предложен конструктивный сравнительный анализ методов и моделей оценки спроса, применяемых в экономике и маркетинге и системная технология анализа и прогноза потребительских предпочтений. Вопросы динамики покупательского спроса рассмотрены в работе [4]. В основном для исследований используются шесть категорий регрессии: ANOVA / MANOVA, моделирование структурных уравнений (SEM), аналитическое моделирование, качественный анализ [4–7]. Шаблоны использования этих подходов и методов отслеживаются на протяжении многих лет в различных областях. Тем не менее указанные методы не дают средств для оперативного решения множества возникающих проблем, в частности для эффективного оперативного управления организацией сетевого маркетинга [8].

В работе предложены алгоритмы анализа и решения проблемы распределения товаров по логистическим центрам, включая систему поддержки принятия решения в случае некорректности возникающей задачи. Программная реализация данных алгоритмов легко инкапсулируется в систему MS Office [9, 10].

В первом разделе дана формальная постановка задачи и введены основные используемые в работе обозначения. Во втором разделе рассмотрен разложимый случай задачи, сводимый к транспортной задаче в матричной постановке. В третьем разделе предложен способ регуляризации разложимой задачи в случае ее некорректной постановки. В четвертом разделе предложен способ аппроксимации задачи исходной задачи разложимой задачей.

1. Постановка задачи

Рассматривается проблема распределения множества I товаров по множеству J логистических центров. Пусть x_{ij} – объем товара $i \in I$, распределяемого в центр $j \in J$; p_{ij} – маржинальная прибыль от продажи единицы товара $i \in I$ в центре $j \in J$; λ_{ij} – стоимость распространения единицы товара $i \in I$ центром $j \in J$, d_i – платежеспособный спрос на товар $i \in I$; b_j – ресурс на обслуживание центра $j \in J$. Формальная постановка задачи состоит в нахождении распределения товаров $i \in I$ по центрам $j \in J$, для которого маржинальная прибыль максимальна

$$x^{\mathrm{o}} = \arg\max_{x \in D} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij}\,, \qquad (1)$$

на все товары удовлетворен платежеспособный спрос

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = d_i\,, i \in I, \qquad (2)$$

для всех центров выполнены ресурсные ограничения

$$\sum_{i\in I}\lambda_{ij}\,x_{ij} \le b_j, j \in J\,, \qquad (3)$$

выполнено условие неотрицательности

$$x_{ij} \ge 0, i \in I\,, j \in J\,. \qquad (4)$$

Проблема (1)–(4) известна как распределительная задача линейного программирования [11, 12]. В общем случае для данной задачи неизвестно методов, учитывающих ее специфику, поэтому для ее решения применяют универсальные методы линейного программирования. Для задач большой размерности такой подход оказывается неэффективным, так как требуется применение коммерческого программного обеспечения. Кроме того, если задача (1)–(4) не имеет решения, то в данной постановке не ясен принцип принятия приемлемого решения.

2. Разложимый случай задачи (1)–(4)

В ряде случаев параметр λ_{ij} можно представить в виде произведения $\lambda_{ij} = \alpha_i\,\beta_j, i \in I, j \in J$. Введенные параметры можно интерпретировать следующим образом: α_i – ресурсоемкость товара $i \in I$ в условных единицах, β_j – стоимость обслуживания условной единицы в центре $j \in J$. В этом случае возможно сведение задачи (1)–(4) к транспортной задаче в матричной постановке. Действительно, для всех $j \in J$ имеем

$$\left(\sum_{i\in I}\lambda_{ij}x_{ij} \le b_j\right) \Leftrightarrow \left(\sum_{i\in I}\alpha_i\beta_j x_{ij} \le b_j\right)$$
$$\Leftrightarrow \left(\sum_{i\in I}\alpha_i x_{ij} \le \frac{b_j}{\beta_j}\right)$$
$$\Leftrightarrow \left(\sum_{i\in I} y_{ij} \le \frac{b_j}{\beta_j}\right),$$

где $y_{ij} = \alpha_i x_{ij}$. Переходя в задаче (1)–(4) к переменным $y_{ij} = \alpha_i x_{ij}, i \in I, j \in J$, получим

$$\left(\sum_{j\in J} x_{ij} = d_i\right) \Leftrightarrow \left(\sum_{j\in J} y_{ij} = \frac{d_i}{\alpha_i}\right), i \in I,$$
$$\sum_{j\in J}\sum_{i\in I} p_{ij}x_{ij} = \sum_{j\in J}\sum_{i\in I}\frac{p_{ij}y_{ij}}{\alpha_i}.$$

Таким образом, задача (1)–(4) оказывается эквивалентна задаче

$$y^{\text{o}} = \arg\max_{x\in D}\sum_{j\in J}\sum_{i\in I}\frac{p_{ij}y_{ij}}{\alpha_i}\,, \qquad (5)$$

$$\sum_{j\in J} y_{ij} = \frac{d_i}{\alpha_i}\,, i \in I, \qquad (6)$$

$$\sum_{i\in I} y_{ij} \le \frac{b_j}{\beta_j}, j \in J\,, \qquad (7)$$

$$y_{ij} \ge 0, i \in I\,, j \in J\,. \qquad (8)$$

Задача (5)–(8) известна как открытая транспортная задача в матричной постановке [11]. Для решения подобных задач большой размерности известно программное обеспечение [10], которое легко инкапсулируется в систему MS Office.

3. Регуляризация задач (1)–(4) и (5)–(8)

Задача (5)–(8) (следовательно и (1)–(4)) имеет решение, когда спрос не превышает предложение, т. е.

$$S = \sum_{i\in I}\frac{d_i}{\alpha_i} - \sum_{j\in J}\frac{b_j}{\beta_j} \le 0.$$

В противном случае (т. е. если $S > 0$) задачи (1)–(4) и (5)–(8) не имеют допустимых решений.

В этом случае для поиска подходящего решения требуется корректировка исходной задачи. Возможными способами корректировки условий данных задач являются:

1) допустить предложения всех товаров ниже платежеспособного спроса

$$\sum_{j\in J} y_{ij} = \frac{d_i}{\alpha_i} - y_{i0}\,, y_{i0} \ge 0, i \in I\,; \qquad (9)$$

где y_{i0} – неудовлетворенная часть спроса на товар $i \in I$;

2) с целью эффективной поддержки платежеспособного спроса развивать инфраструктуру всех маршрутов

$$\sum_{i\in I} y_{ij} = \frac{b_j}{\beta_j} + y_{0j}, y_{0j} \ge 0, j \in J\,, \qquad (10)$$

где y_{0j} – объем инвестиций (в условных единицах) в развитие маршрута j.

Пусть k_i – разрешенная доля неудовлетворенного спроса на товар $i \in I$ (т.е.$y_{i0} \le k_i d_i$). Пусть p_{0j} – объем инвестиций, требуемый для расширения ресурсов центра $j \in J$ на одну условную единицу.

С учетом введенных в данном разделе переменных и ограничений рассмотрим откорректированную задачу

$$y^{\text{o}} = \arg\max_{x\in D}\sum_{j\in J}\left(\sum_{i\in I}\frac{p_{ij}y_{ij}}{\alpha_i} - p_{0j}y_{0j}\right), \qquad (11)$$

$$\sum_{j\in J} y_{ij} + y_{i0} = \frac{d_i}{\alpha_i}\,, i \in I, \qquad (12)$$

$$\sum_{i\in I} y_{ij} - y_{0j} = \frac{b_j}{\beta_j}, j \in J\,, \qquad (13)$$

$$y_{ij}, y_{i0}, y_{0j} \ge 0, y_{i0} \le k_i d_i, i \in I\,, j \in J\,. \qquad (14)$$

Задача (11)–(14) представляет замкнутую транспортную задачу в матричной постановке [11]. Для решения подобных задач большой размерности также известно программное обеспечение [10], которое легко инкапсулируется в систему MS Office.

Очевидно, что задача (11)–(14) имеет оптимальное решение. Регуляризация осуществлена за счет введения дополнительных эндогенные переменных $y_{i0}, y_{0j} \ge 0, i \in I, j \in J$, экзогенных переменных $k_i, i \in I$, и констант $p_{0j}, j \in J$.

Из построенной модели видно, что при фиксированных ценах поддержание платежеспособного спроса ведет к уменьшению маржинальной прибыли. Сохранение маржинальной прибыли требует увеличения отпускной цены на товары, что может привести к необратимому снижению спроса и уменьшению маржинальной прибыли. Таким образом, встает задача принятия решения в условиях риска и неопределенности. Управляемым параметром в данном случае являются экзогенные переменные $k_i, i \in I$.

В качестве критериев в модели принятия решений будем использовать маржинальную прибыль M и объем неудовлетворенного спроса S. Очевидно, что при фиксированных значениях экзогенных переменных $k_i, i \in I$ решение задачи (11)–(14) будет оптимальным по Парето. Проблема выбора конкретных значений этих переменных является трудно формализуемой и требует участия лица, принимающего решение (ЛПР).

4. Аппроксимация задачи (1)–(4) разложимой задачей

Как было отмечено выше, задача (1)–(4) является разложимой, если имеют место равенства

$$\lambda_{ij} = \alpha_i\, \beta_j, i \in I, j \in J. \qquad (15)$$

Значение параметра λ_{ij} интерпретируется как стоимость распространения единицы товара $i \in I$ центром $j \in J$ и его значение может быть определено с использованием статистических измерений. Напротив, параметры $\{\alpha_i > 0 : i \in I\}$, $\{\beta_j > 0 : j \in J\}$ интерпретируются с использование термина «условная единица», поэтому их непосредственное статистическое измерение невозможно. Поэтому будем рассматривать равенства (15) как систему алгебраических уравнений с неизвестными $\{\alpha_i > 0 : i \in I\}$, $\{\beta_j > 0 : j \in J\}$. Понятно, что при произвольных значениях λ_{ij} система уравнений (15) может оказаться несовместной.

Введем функцию

$$F_\lambda(\alpha, \beta) = \sum_{i \in I, j \in J} \left| \log \frac{\alpha_i\, \beta_j}{\lambda_{ij}} \right|.$$

Очевидно, что $\inf F_\lambda = 0$ тогда и только тогда, когда система уравнений (15) совместна. Из неотрицательности функции $F(\lambda)$ следует, что значение $\inf F_\lambda$ можно рассматривать как степень несовместности системы (15). При $\lambda > 0$ функция $F(\lambda)$ является непрерывной в окрестности любого минимума, поэтому инфимум достигается, а оптимальным приближенным решением системы (15) с минимальной степенью несовместности можно считать

$$(\alpha^o, \beta^o) = \arg\min_{\substack{\{\beta_j > 0:\, j \in J\} \\ \{\alpha_i > 0:\, i \in I\}}} \left[\sum_{i \in I, j \in J} \left| \log \frac{\alpha_i\, \beta_j}{\lambda_{ij}} \right| \right].$$

Легко заметить, что из оптимальности решения (α^o, β^o) следует оптимальность множества решений $D = \{(\alpha^o \cdot c, \beta^o / c) : c > 0\}$. Мы будем считать решением аппроксимирующей задачи

$$(\alpha^*, \beta^*) = \arg\min_{(\alpha,\beta) \in D} \|(\alpha, \beta)\|_\infty. \qquad (16)$$

Заметим, что если $(\alpha, \beta) \in D$, то

$$\alpha^* = \left\{ a_k \cdot \sqrt{\frac{\max_{j \in J} \beta_j}{\max_{i \in I} \alpha_i}} : k \in I \right\},$$

$$\beta = \left\{ \beta_k \cdot \sqrt{\frac{\max_{i \in I} \alpha_i}{\max_{j \in J} \beta_j}} : k \in J \right\}.$$

Таким образом, корректная постановка аппроксимирующей задачи является двухуровневой, но для ее решения достаточно найти любое решение задачи (1) нижнего уровня.

Алгоритм Decomposition

Вход: $I, J, \mathbf{\Lambda} = \{\lambda_{ij} : i \in I, j \in J\}$;

Выход:

$\boldsymbol{\alpha} = \{\alpha_i : i \in I\}, \boldsymbol{\beta} = \{\beta_j : j \in J\}, F_\Lambda(\alpha, \beta)$;

Шаг 1. (Построение матрицы $\widehat{\mathbf{\Lambda}}$.) Для каждой строки $i \in I$ матрицы ***L***выполнить шаги 1.1, 1.2 и 1.3, затем перейти на шаг 2.

Шаг 1.1. Построить отсортированную строку

$$\mathbf{\Lambda}[i] = \left\{ \lambda_{ij^{(k)}}^{(k)} : k = 1,2,\dots,|J|,\ j^{(k)} \in J, \right.$$

λij11λij22≤...≤λijjJ, .

Шаг 1.2. Положить

$$k_- = \left\lfloor \frac{|J|+1}{2} \right\rfloor, k_+ = \left\lceil \frac{|J|+1}{2} \right\rceil, \alpha_i = \sqrt{\lambda_{ij^{(k_+)}}^{(k_+)} \cdot \lambda_{ij^{(k_-)}}^{(k_-)}}.$$

Шаг 1.3. Для $k = 1,2,\dots,|J|$ положить

$$\hat{\lambda}_{ij^{(k)}}^{(k)} = \frac{\lambda_{ij^{(k)}}^{(k)}}{\alpha_i}$$

Шаг 2. (Построение матрицы $\widetilde{\mathbf{\Lambda}}$.) Для каждого столбца $j \in J$ матрицы $\widehat{\mathbf{\Lambda}}$ выполнить шаги 2.1, 2.2 и 2.3, затем перейти на шаг 3.

Шаг 2.1. Отсортировать столбец *j*:

$$\widehat{\mathbf{\Lambda}}[*][j] = \left\{ \widehat{\lambda}_{i^{(k)}j}^{(k)} : k = 1,2,\dots,|J|,\ j^{(k)} \in J, \right.$$

λi1j(1)≤λi2j2≤...≤λi|I|jI .

Шаг 2.2. Положить

$$k_- = \left\lfloor \frac{|I|+1}{2} \right\rfloor, k_+ = \left\lceil \frac{|I|+1}{2} \right\rceil, \beta_j = \sqrt{\hat{\lambda}_{i^{(k_+)}j}^{(k_+)} \cdot \hat{\lambda}_{i^{(k_-)}j}^{(k_-)}}.$$

Шаг 2.3. Для $k = 1,2,\dots,|J|$ положить

$$\tilde{l}_{i^{(k)}j}^{(k)} = \frac{\hat{\lambda}_{i^{(k)}j}^{(k)}}{\beta_j}$$

Шаг 3. (Нормирование) выполнить шаги 3.1, 3.2 и 3.3, затем перейти на шаг 4.

Шаг 3.1. Вычислить

$$c = \sqrt{\frac{\max_{i \in I} \alpha_i}{\max_{j \in J} \beta_j}}.$$

Шаг 3.2. Для всех $k \in I$ положить $\alpha_i = \alpha_i / c$.

Шаг 3.3. Для всех $j \in J$ положить $\beta_j = \beta_j \cdot c$.

Шаг 4. Вычислить

$$F_\Lambda(\alpha, \beta) = \sum_{i \in I, j \in J} \left| \log \frac{\alpha_i\, \beta_j}{\lambda_{ij}} \right|.$$

Шаг 5. Вернуть

$$\{\boldsymbol{\alpha} = \{\alpha_i : i \in I\}, \quad \boldsymbol{\beta} = \{\beta_j : j \in J\}, F_\Lambda(\alpha, \beta)\}.$$

Конец описания алгоритма Decomposition

Легко доказать, что алгоритм **Decomposition** корректно решает задачу (15). Его вычислительная сложность не превосходит величины $O(|I| \cdot |J| \cdot \log(|I| \cdot |J|))$, т. е. существенно лучше предложенных в работе [12].

Заключение

Предложенные алгоритмы решают проблемы анализа распределения товаров по логистическим центрам, включая систему поддержки принятия решения в случае некорректности возникающей задачи. Программная реализация данных алгоритмов легко инкапсулируется в систему MS Office.

Литература

1. Сток Дж.Р., Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой. – 4-е изд.; пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 797 с.

2. Галяутдинов Р.Р. Механизмы взаимодействия потоков и запасов на предприятии с точки зрения логистики // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2016. – Т. 10, № 1. – С. 157–163. DOI: 10.14529/em160119

3. Будашевский В.Г., Пастухова О.Н. Технология адаптивного управления синергетическим взаимодействием спроса и предложения на основе проектно-исследовательского комплексного маркетингового эксперимента // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 60–65. DOI: 10.14529/em160410

4. Green K.C., Armstrong J.S. Demand forecasting: Evidence-Based Methods (2012). Available at http://www.kestencgreen.com/demandfor.pdf (accessed January 2017).

5. Brodie R.J., Danaher P., Kumar V., Leeflang P. Econometric models for forecasting market share. In J.S. Armstrong (Ed.). Principles of Forecasting. 2001. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers. – P. 597–611

6. Decker R., Gnibba-Yuk.K. Sales Forecasting in High-Technology Markets: A Utility-Based Approach. // Journal of product innovation management. – 2010. – Vol. 27(1). – P. 115–129.

7. Browna J.R., Dantb R.P. Scientific method and retailing research: A retrospective // Journal of Retailing. – 2008. – Volume 84, Issue 1. – P. 1–13. DOI: 1016/j.jretai.2008.03.001

8. Левина А.Л. Классификация предприятий розничной торговли с учетом признаков логистической интеграции // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 170–175. DOI: 10.14529/em160425

9. Panyukov A.V., Teleghin V.A. Forming of discrete mechanical assembly production program // J. Comp. Eng. Math. – 2015. – Vol. 2, issue 1. – P. 57–64. DOI: 10.14529/jcem150107

10. Панюков А.В., Телегин В.А. Техника программной реализации потоковых алгоритмов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование». – 2008. – № 27(127). – С. 78–99.

11. Раскин Л.Г., Кириченко И.О. Многоиндексные задачи линейного программирования. – М.: Радио и связь. – 1989. – 240 с.

12. Серая О.В. Распределительная задача линейного программирования // Системи обробки інформації. – 2013. – № 2(109). – С. 168–170. http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/10610 (accessed January 2017).

Панюков Анатолий Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), paniukovav@susu.ru

Чалуб Халид, аспирант кафедры математического и компьютерного моделирования, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск).

Поступила в редакцию 16 января 2018 г.

DOI: 10.14529/em180121

THE PROBLEM OF GOODS DISTRIBUTION OVER LOGISTIC CENTERS

A.V. Panyukov, Kh.Z. Chaloob

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

A modern enterprise is a complex and dynamic system actively interacting with the external environment. Currently, effective logistics management is recognized as a key factor in improving the performance of companies and their competitiveness. The econometric methods used in practice do not provide the means to quickly solve a multitude of emerging problems, in particular, the problem of effective operational management of a network marketing organization. In the paper, algorithms for analyzing and solving the problem of distribution of goods by logistics centers, including a decision support system in the case of incorrectness of the arising problem, are proposed: 1) the method of regularizing a decomposable distribution problem reducible to a matrix transport problem; 2) an effective algorithm for approximating an indecomposable problem by a decomposable problem; 3) it is proposed to use marginal profit and the volume of unmet demand as criteria in the decision-making model. For fixed admissible values of exogenous variables, the solution of the decomposable distribution problem is Pareto optimal. The problem of choosing specific values of exogenous variables is difficult to formalize and requires the participation of the decision maker. The software implementation of the proposed algorithms is easily encapsulated in the MS Office system.

Keywords: logistics center; transport problem; operational management; problem of distribution; regularization; decomposition; algorithm.

References

1. Stok J.R., Lambert D.M. *Strategic Logistics Management.* McGraw-Hill/Irwin; 4-th ed. 2000. 896 p.

2. Galyautdinov R.R. The Mechanisms of Interaction of Flows and Stocks at Enterprise from the Perspective of Logistics. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management,* 2016, vol. 10, iss. 1, pp. 157–163. (in Russ.). DOI: 10.14529/em160119

3. Budashevskij V.G., Pastukhova O.N. Technology of Adaptive Management of Synergetic Interaction of Supply and Demand on the Basis of a Design and Research Complex Marketing Experiment. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 60–65. (in Russ.). DOI: 10.14529/em160410

4. Green K.C., Armstrong J.S. *Demand forecasting: Evidence-Based Methods* (2012). Available at: http://www.kestencgreen.com/demandfor.pdf (accessed January 2017).

5. Brodie R.J., Danaher P., Kumar V., Leeflang P. Econometric models for forecasting market share. *In J.S. Armstrong (Ed.). Principles of Forecasting.* 2001. MA: Kluwer Academic Publishers. Pp. 597–611.

6. Decker, R., Gnibba-Yukawa, K. Sales Forecasting in High-Technology Markets: A Utility-Based Approach. *Journal of product innovation management,* 2010, vol. 27(1), pp. 115–129.

7. James R. Browna, Rajiv P. Dantb Scientific method and retailing research: A retrospective. *Journal of Retailing*, 2008, vol. 84, iss. 1, pp. 1–13. DOI: 1016/j.jretai.2008.03.001

8. Levina A.B. Retailers Classification in Terms of the Logistics Integration Characteristics. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 170–175. (in Russ.). DOI: 10.14529/em160425

9. Panyukov A.V., Teleghin V.A. Forming of discrete mechanical assembly production program. *J. Comp. Eng. Math.*, 2015, vol. 2, no. 1, pp. 57–64. DOI: 10.14529/jcem150107

10. Panyukov A.V., Teleghin V.A. Software Engineering of the Flow Algorithms Tekhnika. *Bulletin of South Ural State University. Series: Mathematical Modelling, Programming & Computer Software*, 2008, vol. 27(127), pp. 78–99. (in Russ.)

11. Raskin L.G., Kirichenko I.O. *Mnogoindeksnyye zadachi lineynogo programmirovaniya* [Multi-index problems of linear programming]. Moscow, 1989. 240 p.

12. Sira O.V. [Distribution Linear Programming Problem]. *Systemy obrobky informatsiyi* [Information Processing Systems], 2013, iss. 2 (109), pp. 168–170. (in Russ.). Available at: http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/10610 (accessed January 2017).

Anatoly V. Panyukov, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor of the Department of Mathematical Modeling and Computer Simulation, South Ural State University, Chelyabinsk, paniukovav@susu.ru

Khalid Chaloob, Postgraduate student of the Department of Mathematical Modeling and Computer Simulation, South Ural State University, Chelyabinsk.

Received January 16, 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Панюков, А.В. Проблема распределения товаров по логистическим центрам / А.В. Панюков, Х.З. Чалуб // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2018. – Т. 12, № 1. – С. 175–180. DOI: 10.14529/em180121

FOR CITATION

Panyukov A.V., Chaloob Kh.Z. The Problem of Goods Distribution Over Logistic Centers. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2018, vol. 12, no. 1, pp. 175–180. (in Russ.). DOI: 10.14529/em180121