

DOI: 10.18721/JE.12310  
УДК 519.86

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

**И.В. Зайцева, И.С. Каменева**

Московский педагогический государственный университет. Ставропольский филиал,  
г. Ставрополь, Российская Федерация

Статья посвящена вопросам распределения трудовых ресурсов между предприятиями. Распределение трудовых ресурсов оптимальным образом является сложной проблемой. Решение таких проблем и может быть связано с разработкой новых теоретических и методологических подходов к построению соответствующей системы. Для ее разработки можно использовать экономико-математические методы моделирования и оптимизации, которые позволят определить требования к качественным переходным процессам, усовершенствовать законы управления и программную реализацию разработанных моделей. Рассматривается теоретико-игровая модель распределения трудовых ресурсов по предприятиям на основе построения компромиссного множества. Каждый работник представляется игроком, который оценивает свое назначение некоторым положительным числом, полезностью для данного игрока от полученного назначения, которая тем больше, чем больше игрок удовлетворен полученным назначением. Полезность показывает степень удовлетворенности интересов игрока. Значения полезностей для игроков представляются матрицами полезности. Распределение трудовых ресурсов основано на построении компромиссного номера. В качестве решения задачи предлагается компромиссное множество. Представлены алгоритм его построения и его временная оценка. Приведен численный пример применения описанного алгоритма построения компромиссного множества. Предлагаемая модель может быть использована для выработки стратегии распределения трудовых ресурсов как по предприятиям в рамках одной отрасли, так и по различным отраслям некоторого региона. Применение моделирования позволит надлежащим образом сбалансировать затраты, связанные с наймом и увольнением работников. Экономико-математическое моделирование управления трудовыми ресурсами позволит расширить теоретико-методологическую базу исследования трудовых ресурсов. Представление процесса управления трудовыми ресурсами в виде комплекса экономико-математических моделей позволит оценить существующие закономерности в их использовании. Разработанные модели планируется автоматизировать с созданием информационной системы анализа и прогнозирования распределения трудовых ресурсов. Решение задачи оптимального распределения трудовых ресурсов является одним из основных направлений в стратегии инновационного развития России.

**Ключевые слова:** распределение трудовых ресурсов, управление, экономико-математические методы моделирования, теоретико-игровая модель, инновационное развитие

**Ссылка при цитировании:** Зайцева И.В., Каменева И.С. Экономико-математическое моделирование процессов управления распределением трудовых ресурсов предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 3. С. 125–131. DOI: 10.18721/JE.12310

## ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF MANAGEMENT OF LABOR RESOURCES DISTRIBUTION AT ENTERPRISES

I.V. Zaytseva, I.S. Kameneva

Moscow Pedagogical State University. Stavropol branch,  
Stavropol, Russian Federation

The article is dedicated to distribution of labor resources between enterprises. Allocation of labor resources in an optimal way is a difficult problem. Solving such problems may be associated with developing new theoretical and methodological approaches to constructing a system for distribution of labor resources. Economic and mathematical methods of modeling and optimization can be used to develop such systems, which will make it possible to determine the requirements for qualitative transition processes, to improve the control laws and the software implementation of the developed models. We have considered a game theory model of distribution of labor resources by enterprises based on construction of a compromise set. Employees are represented by players who evaluate their appointment with a certain positive number (the utility for the player from the assignment received). It is believed that the utility is the greater, the more the player is satisfied with the received appointment. The utility shows the degree of satisfaction of the player's interests. Utility values for players are represented by utility matrices. The distribution of labor resources is based on construction of a compromise number. As a solution to the problem, a compromise set is proposed. The algorithm for constructing a compromise set and its time estimate are presented in the paper. A numerical example of using the described algorithm for constructing a compromise set is given. The proposed model can be used to develop a strategy for distribution of labor resources both by enterprises within the same industry, and by different industries of a certain region. Applying the simulation should allow to properly balance the costs associated with hiring and firing employees. Economic and mathematical modeling of labor resources management expands the theoretical and methodological base for study of labor resources. The representation of labor resources management in the form of a system of economic and mathematical models allow to evaluate the existing patterns in using them. We plan to automate the models we developed and create an information system for analyzing and forecasting the distribution of labor resources. Solving the problem of optimal allocation of labor resources is one of the main directions in the strategy of innovative development of Russia.

**Keywords:** distribution of labor resources, management, economic and mathematical methods of modeling, game-theory model, innovative development

**Citation:** I.V. Zaytseva, I.S. Kameneva, Economic and mathematical modeling of management of labor resources distribution at enterprises, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 12 (3) (2019) 125–131. DOI: 10.18721/JE.12310

*Введение.* Решение сложных проблем, связанных с управлением трудовыми ресурсами, соотносено с разработкой новых теоретических и методологических подходов к построению системы управления, адекватной их свойствам [8]. Для построения такой системы необходимо создание соответствующих экономико-математических моделей управления и оптимизации, определения критериев качества переходных процессов, усовершенствованных законов управления и программной реализации разработанных моделей.

Большую роль в развитие теории и методологии воспроизводства населения, трудовых ресурсов, трудового потенциала и человеческого капитала, трудовых мотиваций, а также механизмов управления им и в целом по народному хозяйству внесли советские и российские ученые: Е.М. Аврамова, Е.А. Антосенков, В.В. Адаманчук, Г.И. Бочкарев, Н.А. Волгин, Ф.Ф. Глисин, Е.Ш. Гонтмахер, Н.А. Горелов, А.Г. Дадашев, Г.М. Зущина, Д.Н. Карпухин, В.Г. Костаков, Л.А. Костин, А.Г. Коровкин, Т.М. Малева,

М.С. Маслова, В.И. Марцинкевич, А.А. Мерцалов, К.И. Микульский, Л.Е. Минц, Ю.Г. Одегов, Н.М. Римашевская, И.В. Соболева, Э.Н. Соболев, М.Я. Сонин, А.И. Тяжев [20].

Теоретико-методологическая основа исследования базируется на научных трудах отечественных и зарубежных специалистов в данной области, фундаментальных исследований отечественных и зарубежных учёных в области теории моделировании социально-экономических процессов (С.А. Айвазян, Ю.Н. Гаврилец, А.Г. Гранберг, В.Л. Макаров и др.), теории человеческого капитала (Г. Беккер, Т. Шульц, Н.М. Римашевская и др.), теории занятости (Дж. Кейнс, А. Пигу, Т.И. Заславская, Р.П. Колосова, В.Е. Гимпельсон и др.), теории трудовых ресурсов и трудового потенциала (Б.М. Генкин, М.М. Магомедов, И.С. Маслова, А.С. Панкратов, М.И. Скаржинский, И.В. Соболева, М.С. Токсанбаева, Л.С. Чижова и др.).

Существуют различные математические модели, используемые для изучения трудовых ресурсов [4, 5]. Здесь рассматривается теоретико-игровая модель распределения трудовых ресурсов на основе построения компромиссного множества.

Целью исследования является разработка математического аппарата для экономико-математического моделирования распределения трудовых ресурсов на основе построения компромиссного множества.

Рассмотрим множество работников  $S = \{s_1, \dots, s_m\}$ , желающих устроиться на работу, и множество предприятий  $H = \{h_1, \dots, h_n\}$ , которые предлагают рабочие места. Будем полагать, что каждое предприятие  $h_j$  имеет одну вакантную должность, на которую оно желает принять сотрудника, и сотрудник  $s_i$  может быть принят только на одно предприятие [2]. Требуется произвести назначение работников оптимальным образом.

В качестве множества  $H$  можно рассмотреть предприятия, нуждающиеся в работниках, а под  $S$  понимать множество работников. Решением этой задачи является выбор работника для каждого предприятия оптимальным образом [19].

*Методика исследования.* Рассмотрим игру в нормальной форме [10]:

$$\Gamma = \langle I, X, \{H_i\}_{i=1}^{m+n} \rangle,$$

где  $I = \{1, 2, 3, \dots, m+n\}$  – множество игроков;  $X$  – множество всех ситуаций в игре,

$H_i: X \rightarrow R_1$  – функция выигрыша игрока  $i$ .

Формально назначение работников на рабочие места можно представить подстановкой  $p_k$  вида [4]:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & m \\ h_k & h_l & \dots & h_n \end{pmatrix},$$

где первая строка неизменна и соответствует номерам работников из  $S$ , а вторая – игрокам из  $H$ . Количество таких подстановок  $|P| = n!$ . Ситуацией в игре будем считать подстановку. Таким образом,  $|X| = |P| = n!$  [11].

Пусть каждый игрок оценивает свое назначение некоторым положительным числом. Назовем это число для данного игрока *полезностью от полученного назначения*. Будем считать, что полезность тем больше, чем больше игрок удовлетворен полученным назначением. Таким образом, полезность показывает степень удовлетворенности интересов игрока [3, 9].

Запишем полезности для игроков из множеств  $S$  и  $H$  в матрицы  $A$  и  $B$ , которые назовем *матрицами полезности* [12].

Матрицы  $A_{m \times n} = (\alpha_{lh_k})$  и  $B_{n \times m} = (\beta_{h_k l})$  ( $l = 1, \dots, m$ ,  $k = 1, \dots, n$ ) (индекс  $l$  соответствует номерам игроков из множества  $S$ , индекс  $k$  соответствует номерам игроков из множества  $H$ ) имеют вид [13]:

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_{1h_1} & \alpha_{1h_2} & \dots & \alpha_{1h_n} \\ \alpha_{2h_1} & \alpha_{2h_2} & \dots & \alpha_{2h_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{mh_1} & \alpha_{mh_2} & \dots & \alpha_{mh_n} \end{pmatrix},$$

$$B = \begin{pmatrix} \beta_{h_1 1} & \beta_{h_1 2} & \dots & \beta_{h_1 m} \\ \beta_{h_2 1} & \beta_{h_2 2} & \dots & \beta_{h_2 m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{h_n 1} & \beta_{h_n 2} & \dots & \beta_{h_n m} \end{pmatrix}.$$

Функции выигрыша игроков зададим на множестве подстановок  $P$  следующим образом [14]:

$$H_1(p_k) = \alpha_{1h_1}, \quad H_2(p_k) = \alpha_{2h_1}, \dots, \quad H_m(p_k) = \alpha_{mh_n};$$

$$H_{m+1}(p_k) = \beta_{h_1 1}, \quad H_{m+2}(p_k) = \beta_{h_1 2},$$

$$H_{m+n}(p_k) = \beta_{h_n m}, \quad k = 1, 2, \dots, n!$$

Сформируем матрицу выигрышей  $W_{n! \times (m+n)}$  (строки соответствуют подстановкам, образующим множество ситуаций  $X$ , столбцы – номерам игроков из множества  $I$ ) [17]:

$$W = \begin{pmatrix} H_1(p_1) & H_2(p_1) & \dots & H_{m+n}(p_1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_1(p_k) & H_2(p_k) & \dots & H_{m+n}(p_k) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_1(p_{n!}) & H_2(p_{n!}) & \dots & H_{m+n}(p_{n!}) \end{pmatrix}.$$

В качестве решения задачи предлагается компромиссное множество. Напомним его определение.

Компромиссное множество  $S_H$  определяется следующим образом [7]:

$$S_H = \{x \in X : \max_i (M_i - H_i(x)) \leq \max_i (M_i - H_i(x^*)), \forall x^* \in X\}.$$

**Алгоритм построения компромиссного множества и его временная оценка.** Будем говорить, что алгоритм принадлежит классу сложности  $O(f(n))$ , если время его работы  $T \leq \theta f(n)$ , где  $\theta$  – константа, зависящая от скорости вычисления ЭВМ. В этом случае время  $T$  называют временной сложностью алгоритма [6].

В наших обозначениях  $|I| = m + n, |X| = n!, W_{n! \times (m+n)}$ .

Алгоритм построения компромиссного множества состоит из последовательности следующих действий [13].

1. Вычислим идеальный вектор  $M = (M_1, \dots, M_{m+n})$ , где  $M_i = \max_{x \in X} H_i(x)$ .

$$(T_1 \leq \theta \cdot n!(m+n))$$

2. Для каждой ситуации  $x \in X$  найдем отклонение функции выигрыша  $i$ -го игрока  $H_i(x)$  от компоненты идеального вектора  $M_i$ , т.е. для  $\forall x \in X$ , и вычислим  $M_i - H_i(x)$ . Так делаем для всех игроков из множества  $I$ .

$$(T_2 \leq \theta \cdot (m+n)n!)$$

3. Для каждой ситуации  $x \in X$  найдем максимальное отклонение разности  $M_i - H_i(x)$  по множеству игроков  $I$ , т.е. вычислим  $\max_{i \in I} (M_i - H_i(x))$ .

$$(T_3 \leq \theta \cdot (m+n)n!)$$

4. На множестве ситуаций  $X$  найдем такую точку  $x^*$ , которая доставляет минимум выражению  $\max_{i \in I} (M_i - H_i(x))$ , т.е. найдем ситуацию  $x^*$ :

$$\min_{x \in X} \max_{i \in I} (M_i - H_i(x)) = M_{\bar{i}} - H_{\bar{i}}(x^*).$$

$$(T_4 \leq \theta \cdot n!)$$

Тогда время работы алгоритма построения компромиссного множества  $T \leq \theta n!(m+n+1)$ , т.е. алгоритм принадлежит классу  $O(n!(m+n+1))$  [15].

**Примечание.** В случае  $m > n$  ( $m < n$ ) следует ввести  $m - n$  ( $n - m$ ) фиктивных игроков из  $H(S)$  и положить для них функции выигрыша равными нулю [18]. Далее применить описанный алгоритм.

*Результаты исследования*

Положим,  $m = n = 3, S = \{s_1, s_2, s_3\}, H = \{h_1, h_2, h_3\}$ .

$I = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  – множество игроков, причем игроки с номерами 1, 2, 3 соответствуют игрокам  $s_1, s_2, s_3$  из множества  $S$ , а игроки 4, 5, 6 соответствуют игрокам  $h_1, h_2, h_3$  из множества  $H$ .

Матрицы полезности  $A$  и  $B$  игроков из множеств  $S$  и  $H$  соответственно:

$$A = \begin{pmatrix} 76 & 22 & 94 \\ 33 & 41 & 86 \\ 45 & 13 & 54 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 94 & 71 & 17 \\ 30 & 32 & 18 \\ 59 & 85 & 38 \end{pmatrix}.$$

Множество ситуаций в игре  $P = \{p_1, \dots, p_6\}$ :

$$p_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ h_1 & h_2 & h_3 \end{pmatrix}, \quad p_4 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ h_3 & h_1 & h_2 \end{pmatrix},$$

$$p_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ h_2 & h_1 & h_3 \end{pmatrix}, \quad p_5 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ h_1 & h_3 & h_2 \end{pmatrix},$$

$$p_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ h_3 & h_2 & h_1 \end{pmatrix}, \quad p_6 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ h_2 & h_3 & h_1 \end{pmatrix}.$$

Функции выигрыша игроков от подстановки  $p_1$ :

$$H_1(p_1) = \alpha_{1h_1} = 76, \quad H_2(p_1) = \alpha_{2h_2} = 41,$$

$$H_3(p_1) = \alpha_{3h_3} = 54, \quad H_4(p_1) = \beta_{h_1} = 94,$$

$$H_5(p_1) = \beta_{h_2} = 32, \quad H_6(p_1) = \beta_{h_3} = 38.$$

Функции выигрыша игроков от подстановок  $p_2, p_3, p_4, p_5, p_6$  зададим аналогично.

Тогда матрица выигрышей  $W$  будет следующей:

$$W = \begin{pmatrix} 76 & 41 & 54 & 94 & 32 & 38 \\ 22 & 33 & 54 & 30 & 71 & 38 \\ 94 & 41 & 45 & 59 & 32 & 17 \\ 94 & 33 & 13 & 94 & 71 & 18 \\ 76 & 86 & 13 & 94 & 85 & 18 \\ 22 & 86 & 45 & 30 & 85 & 17 \end{pmatrix}.$$

Решением задачи будет:

$$C_H = \{p_5\}, \quad p_5 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ h_1 & h_3 & h_2 \end{pmatrix}, \quad H_3(p_5) = 13.$$

Таким образом, наилучшее решение будет для ситуации  $\{p_5\}$  с соответствующими значениями для игроков  $h_1, h_2, h_3$  с функцией выигрыша  $H_3(p_5) = 13$ .

Разработанный алгоритм запрограммирован на ЭВМ. Получено решение также и для  $m = n = 6$ .

**Выводы.** Предлагаемые модель и алгоритм могут быть использованы для выработки стратегии распределения трудовых ресурсов как по предприятиям в рамках одной отрасли, так и по отраслям некоторого региона. Применение моделирования позволит надлежащим образом сбалансировать затраты, связанные с наймом и увольнением работников [1].

Экономико-математическое моделирование управления трудовыми ресурсами позволит расширить теоретико-методологическую базу исследования трудовых ресурсов. Представление процесса управления трудовыми ресурсами в виде комплекса экономико-математических моделей позволит оценить существующие закономерности в их использовании [16].

В перспективе планируется автоматизировать разработанные модели и создать информационную систему анализа и прогнозирования распределения трудовых ресурсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Агаркова Л.В.** Инновационно-инвестиционное проектирование устойчивого развития предприятий АПК // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 2, № 1. С. 143–148.
- [2] **Апатова Н.В.** Экономико-математическая модель инновационного развития региона // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Экономика и управление. 2009. Т. 22(61), № 1. С. 3–8.
- [3] **Апатова Н.В., Узиков Т.К.** Качественные изменения факторов в модели экономического роста // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. 2015. Т. 1(67), № 1. С. 17–26.
- [4] **Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р.** Математическая теория конструирования систем управления. 2-е изд., доп. М.: Высш. шк., 1998. С. 574.
- [5] **Варжапетян А.Г., Глушенко В.В.** Системы управления: исследование и компьютерное проектирование. М.: Вуз. кн., 2000. С. 328.
- [6] **Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б.** Математические методы и модели для менеджмента. СПб.: Лань, 2000. С. 480 с.
- [7] **Горчаков А.А., Орлов И.В.** Компьютерные экономико-математические модели. М.: ЮНИТИ, 1995. С. 134.
- [8] **Гурнович Т.Г., Остапенко Е.А.** Управление устойчивым развитием региональных социально-экономических систем: зарубежный опыт и российская практика // Экономика и предпринимательство. 2015. № 12-3 (65). С. 432–436.
- [9] **Зайцева И.В., Попова М.В.** Управление трудовыми ресурсами как динамическая подсистема инновационной модели развития экономики // Инновационная экономика и промышленная политика региона: матер. Междунар. науч.-практ. конф. (ЭКОПРОМ-2012). СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. С. 43–50.
- [10] **Зайцева И.В., Семенчин Е.А., Гимбицкий В.А.** Математическая модель оптимального распределения трудового потенциала региона по отраслям экономики // Фундаментальные исследования. 2013. № 8-2. С. 413–416.
- [11] **Зенченко С.В., Пономаренко Г.Н., Шуваев А.В.** Финансовые аспекты регулирования территориального развития // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2011. № 5. С. 160.
- [12] **Кобелев Н.Б.** Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. М.: Дело, 2003. С. 336.
- [13] **Кобелев Н.Б.** Практика применения экономико-математических моделей. М.: Финстатинформ, 2000. С. 246.

[14] **Малафеев О.А.** Устойчивость решений задач многокритериальной оптимизации и конфликтно управляемые динамические процессы. Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. С. 113.

[15] **Малюк В.И., Радаев А.Е., Силкина Г.Ю.** Методика обоснования характеристик процесса развития промышленных предприятий с использованием средств оптимизационного моделирования // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 6. С. 195–211. DOI: 10.18721/JE.11617

[16] **Николенко Т.Ю., Тарасова Е.В.** Система сбалансированных показателей и инструментарий оценки эффективности инновационных проектов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2016. № 6 (256). С. 228–235. DOI: 10.5862/JE.256.21

[17] **Парфенов А.П., Малафеев О.А.** Равновесное и компромиссное управление в сетевых моделях мно-

гоагентного взаимодействия // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы. 2007. № 39. С. 154–167.

[18] **Торопцев Е.Л., Гурнович Т.Г.** Численный анализ балансовых моделей и управление устойчивостью макроэкономических систем. М.: Финансы и статистика. 2002. С. 254.

[19] **Шичков А.Н., Борисов А.А., Кремлёва Н.А.** Теория и практика проектирования математической модели экономической системы инженерного бизнеса // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 4. С. 207–216. DOI: 10.18721/JE.10420

[20] **Шуваев А.В.** Целевые ориентиры экономического развития региона в контексте отраслевой структуры экономики // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 7-3 (38). С. 120–123.

**ЗАЙЦЕВА Ирина Владимировна.** E-mail: zirinazirina2015@yandex.ru

**КАМЕНЕВА Инна Сергеевна.** E-mail: innochka-kameneva@mail.ru

*Статья поступила в редакцию: 25.01.2019*

## REFERENCES

[1] **L.V. Agarkova,** Innovatsionno-investitsionnoye proyektirovaniye ustoychivogo razvitiya predpriyatiy APK, Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya, 2 (1) (2018) 143–148.

[2] **N.V. Apatova,** Ekonomiko-matematicheskaya model innovatsionnogo razvitiya regiona, Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Ekonomika i upravleniye, 22 (61-1) (2009) 3–8.

[3] **N.V. Apatova, T.K. Uzakov,** Kachestvennyye izmeneniya faktorov v modeli ekonomicheskogo rosta, Uchenyye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Ekonomika i upravleniye, 1 (67-1) (2015) 17–26.

[4] **V.N. Afanasyev, V.B. Kolmanovskiy, V.R. Nosov,** Matematicheskaya teoriya konstruirovaniya sistem upravleniya. 2-ye izd., dop. M.: Vysshaya shkola, (1998) 574.

[5] **A.G. Varzhapetyan, V.V. Glushenko,** Sistemy upravleniya: issledovaniye i kompyuternoye proyektirovaniye. M.: Vuzovskaya kniga, (2000) 328.

[6] **V.V. Glukhov, M.D. Mednikov, S.B. Korobko,** Matematicheskiye metody i modeli dlya menedzhmenta. SPb.: Lan, (2000) 480.

[7] **A.A. Gorchakov, I.V. Orlov,** Kompyuternyye ekonomiko-matematicheskiye modeli. M.: YuNITI, (1995) 134.

[8] **T.G. Gurnovich, Ye.A. Ostapenko,** Upravleniye ustoychivym razvitiyem regionalnykh sotsialno-

ekonomicheskikh sistem: zarubezhnyy opyt i rossiyskaya praktika, Ekonomika i predprinimatelstvo, 12-3 (65) (2015) 432–436.

[9] **I.V. Zaytseva, M.V. Popova,** Upravleniye trudovymi resursami kak dinamicheskaya podsystema innovatsionnoy modeli razvitiya ekonomiki, Innovatsionnaya ekonomika i promyshlennaya politika regiona: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (EKOPROM-2012). SPb: Izd-vo SPbGPU, (2012) 43–50.

[10] **I.V. Zaytseva, Ye.A. Semenchin, V.A. Gimbitskiy,** Matematicheskaya model optimalnogo raspredeleniya trudovogo potentsiala regiona po otraslyam ekonomiki, Fundamentalnyye issledovaniya, 8-2 (2013) 413–416.

[11] **S.V. Zenchenko, G.N. Ponomarenko, A.V. Shuvayev,** Finansovyye aspekty regulirovaniya territorialnogo razvitiya, Vestnik Severo-Kavkazskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 5 (2011) 160.

[12] **N.B. Kobelev,** Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya slozhnykh ekonomicheskikh sistem. M.: Delo, (2003) 336.

[13] **N.B. Kobelev,** Praktika primeneniya ekonomiko-matematicheskikh modeley. M.: Finstatinform, (2000) 246.

[14] **O.A. Malafeyev,** Ustoychivost resheniy zadach mnogokriterialnoy optimizatsii i konfliktno upravlyayemye dinamicheskiye protsessy. L.: Izd-vo LGU, (1990) 113.

[15] **V.I. Malyuk, A.E. Radaev, G.Yu. Silkina,** Procedure for determining the characteristics for development of



industrial enterprises using optimization modeling tools, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 6 (11) (2018) 195–211. DOI: 10.18721/JE.11617

[16] **T.Yu. Nikolenko, E.V. Tarasova**, The system of balanced indicators evaluation and the tools for evaluating the effectiveness of innovative projects, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 6 (256) (2016) 228–235. DOI: 10.5862/JE.256.21

[17] **A.P. Parfenov, O.A. Malafeyev**, Ravnovesnoye i kompromissnoye upravleniye v setevykh modelyakh mnogooagentnogo vzaimodeystviya, Problemy mekhaniki i upravleniya: Nelineynyye dinamicheskiye sistemy, 39 (2007) 154–167.

[18] **Ye.L. Toroptsev, T.G. Gurnovich**, Chislennyy analiz balansovykh modeley i upravleniye ustoychivostyu makroekonomicheskikh sistem. M.: Finansy i statistika, (2002) 254.

[19] **A.N. Shichkov, A.A. Borisov, N.A. Kremlyova**, Theory and practice of creating the mathematical model of an economic system of engineering business, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 10 (4) (2017) 207–216. DOI: 10.18721/JE.10420

[20] **A.V. Shuvayev**, Tselevyye oriyentiry ekonomicheskogo razvitiya regiona v kontekste otraslevoy struktury ekonomiki, Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal, 7-3 (38) (2015) 120–123.

**ZAYTSEVA Irina V.** E-mail: zirinazirina2015@yandex.ru

**KAMENEVA Inna S.** E-mail: innochka-kameneva@mail.ru