

## ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ГРАФИКА РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА НА УСЛУГИ

Е. М. Крипак, Л. М. Туктамышева, Т. Н. Образцова

*Оренбургский государственный университет*

Поступила в редакцию 18 февраля 2019 г.

**Аннотация:** *изменяющийся спрос на услуги предприятий, обусловленный расширением клиентской базы и подверженный колебаниям в связи со сменой времен года или дней недели, вызывает необходимость внесения корректировок в график работы персонала. Авторами разработан подход, позволяющий с помощью прогнозов, полученных на основе адаптивных и многофакторных моделей, решать задачу формирования графика работы персонала на период планирования (неделю), который позволяет, с одной стороны, минимизировать затраты предприятия на оплату труда сотрудников, а с другой – учесть предпочтения сотрудников по выбору выходных.*

**Ключевые слова:** *прогнозирование, задача о назначениях, график работы.*

**Abstract:** *the changing demand for the services of enterprises, caused both by the expansion of the client base and subject to fluctuations in connection with the change of seasons or days of the week, necessitates adjustments to the staff schedule. In the article, the authors have developed an approach that allows using the forecasts obtained on the basis of adaptive and multifactor models to solve the problem of forming a staff work schedule for the week, which allows, on the one hand, to minimize the company's costs for employees, and, on the other hand, to take into account preferences employees on the choice of the weekend.*

**Key words:** *forecasting, assignment problem, work schedule.*

Задача о назначениях имеет большое число приложений в практической сфере, ее различным модификациям посвящено довольно много научных исследований, поскольку она актуальна как сама по себе, так и в связи с тем, что к ней сводятся многие задачи прикладной математики.

В центре внимания исследователей остаются различные модификации и обобщения классической задачи о назначениях – квадратичная, многокритериальная, случайная. В специализированной литературе предлагаются различные алгоритмы решения как общих, так и специальных задач. Например, создаются эффективные алгоритмы, учитывающие дополнительные условия задачи и отражающие ее конкретную специфику [1].

Тем не менее задача о назначениях не потеряла своей актуальности, поскольку она представляет большой практический интерес как инструмент оптимального использования человеческого капитала.

Простейшая постановка задачи о назначениях состоит в том, что имеется  $n$  работников, которые должны выполнить  $n$  работ, при этом квалификация каждого работника позволяет ему выполнять неко-

торые из предложенных работ. Требуется произвести назначение работ для исполнения таким образом, чтобы весь план работ был выполнен при условии, что один работник не может выполнять более одной работы.

Если число работников отличается от числа работ, которые нужно выполнить, то такую задачу принято называть «несбалансированной» задачей о назначениях. В этом случае число претендентов на выполнение работ, конечно, должно быть не меньше числа самих работ, иначе задача неразрешима. Данная задача может быть сведена к задаче линейного программирования или к задаче о максимальном потоке и решена различными методами.

Особый интерес представляет задача, исходные данные которой являются результатами решения другой практической задачи, в частности результатами прогнозирования спроса на товары или услуги. Комплексное решение задач прогнозирования и последующей оптимизации повышает обоснованность и эффективность принимаемых управленческих решений, в том числе в сфере управления персоналом [2].

Вопросам планирования персонала, а также прогнозирования его численности посвящены ра-

боты Л. А. Афанасьевой, М. А. Гребенниковой [3], А. И. Старовойтовой [4], А. Е. Козлова и др. [5]. В работах этих авторов указывается на необходимость планирования персонала в соответствии с изменением производства, его структуры и объемов, а также необходимость прогнозирования потребности в персонале. В рассматриваемом случае исследуется предприятие по оказанию услуг, потребность в персонале которого подвержена циклическим колебаниям и увеличивается по мере роста клиентской базы.

Рассмотрим решение задачи планирования работы персонала на примере фитнес-центра.

Развивающийся фитнес-центр, который функционирует около двух лет, в результате успешной рекламной кампании постоянно увеличивает численность посетителей, что требует расширения штата тренеров. В результате анализа деятельности выявлено, что количество посетителей фитнес-центра различно в зависимости от дней недели, следовательно нагрузка на персонал также различна.

Согласно принятой в клубе системе оплаты труда тренеры получают в день фиксированный заработок плюс премии.

Необходимо сформировать график работы тренеров для обслуживания неравномерного спроса на тренерские услуги в течение недели, обеспечить каждому сотруднику два выходных дня и при этом свести к минимуму затраты на заработную плату.

Введем следующие обозначения:

$n$  – количество тренеров;

$i$  – порядковый номер тренера  $i = \overline{1, n}$ ;

$m$  – количество дней недели;

$j$  – порядковый номер дня недели (1 = понедельник и т. д., 7 = воскресенье);

$X_{ij}$  – искомая переменная, равная 1, если тренер  $i$  работает в день  $j$ , и 0 – в противном случае;

$C_{ij}$  – матрица индивидуальных коэффициентов оплаты труда;

$B_j$  – общая потребность в персонале по дням недели для выполнения работ (формируется на основании прогноза);

$S_i$  – плановый фонд рабочего времени тренера (5 дней в неделю либо по желанию при неполной занятости).

Критерием оптимальности является минимизация фонда заработной платы (целевая функция) за планируемый период:

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Рассматриваются следующие ограничения:

1) обеспечение заданной продолжительности рабочей недели (например, пятидневной):

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = S_i; \quad i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

2) обеспечение достаточности штата тренеров для оказания услуг:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \geq B_j; \quad j = \overline{1, m}; \quad (3)$$

3)  $X_{ij}$  – принимают двоичные значения, 1 – рабочий день, 0 – выходной.

$$X_{ij} = \{0; 1\}. \quad (4)$$

Прежде чем решать оптимизационную задачу (1–4), необходимо построить прогноз спроса на услуги, а затем определить  $B_j$  – общую потребность в персонале по дням недели для выполнения работ.

Для прогнозирования числа посетителей на основе одномерного временного ряда используем адаптивные методы прогнозирования: адаптивные модели, основанные на экспоненциальном сглаживании и модели авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего.

Следует отметить, что число посетителей зависит от числа проданных абонементов, поэтому также осуществим прогнозирование этого показателя.

Информационная база для решения данной задачи представляет собой дневные данные по числу посетителей и числу проданных абонементов в период с 1 мая 2017 г. до 23 марта 2018 г.

Для корректного выбора метода прогнозирования определили компонентный состав и характер тренда временного ряда числа посетителей ( $y$ ) и числа проданных абонементов ( $x$ ). Чтобы определить компонентный состав временных рядов, использовали непараметрические критерии Фостера – Стюарта, «восходящих» и «нисходящих» серий, «пиков» и «ям». В результате был сделан вывод о наличии тренда и периодичности в исследуемых рядах.

Проверку гипотезы о DS-ряде провели на основе критериев единичного корня Дики – Фуллера, Перрона, KPSS [6]. Перед проверкой исследуемые ряды «очистили» от периодичности. Исследование показало, что каждый ряд содержит один единичный корень.

Для прогнозирования рядов динамики интегрированных первого порядка  $I(1)$  и с периодичностью можно воспользоваться моделями авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (далее – АРПСС) [7]. На основе анализа выборочных автокорреляционной и частной автокорреляционной функции ряда первых разностей и ряда «сезонных»

разностей (с периодичностью в семь дней), а также расчета информационных критериев для исследуемых рядов динамики выбрали мультипликативную сезонную модель авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего вида:

$$(1 - \alpha_1 L)(1 - \alpha_1^7 L^7 - \alpha_2^4 L^4) \Delta^1 \Delta^7 \eta_t = \varepsilon_t, \quad (5)$$

где  $\eta_t$  – уровни временного ряда,  $\alpha$  – неизвестные параметры модели,  $L$  – оператор разности,  $\Delta^1, \Delta^7$  – разность первого и седьмого порядка соответственно,  $\varepsilon_t$  – белый шум [8].

Оценка модели САРПСС (1, 1, 0)(2, 1, 0) для ряда динамики числа посетителей имеет вид

$$(1 - 0,1991L)(1 - 0,624L^7 - 0,171L^{14}) \Delta^1 \Delta^7 Y_t = e_t. \quad (6)$$

Информационные критерий Акаике – 1706,53, критерий Шварца – 1719,207, Хеннана – Куина – 1712,285. Остатки модели  $e_t$  нормально распределены и не автокоррелированы, т. е. соответствуют свойствам белого шума.

Согласно прогнозу по модели САРПСС к концу апреля максимальное число посетителей может составить 1007 человек (28 апреля).

Для моделей АРПСС характерно завышение прогнозов по сравнению с другими моделями для одномерных временных рядов. Для сравнения осуществили прогнозирование числа посетителей на основе сезонной адаптивной модели экспоненциального сглаживания. Для прогнозирования использована модель Уинтерса, общий вид которой:

$$\begin{cases} y_t = f_t \cdot m_t + e_t; \\ f_t = \alpha_f \frac{y_t}{m_{t-7}} + (1 - \alpha_f)(f_{t-1} + c_{t-1}); \\ m_t = \alpha_m \frac{y_t}{f_t} + (1 - \alpha_m)m_{t-7}; \\ c_t = \alpha_c (f_t - f_{t-1}) + (1 - \alpha_c)c_{t-1}. \end{cases} \quad (7)$$

Оценка модели:

$$\begin{cases} \hat{y}_t = \hat{f}_t \cdot \hat{m}_t; \\ \hat{f}_t = 0,48 \frac{y_t}{m_{t-7}} + 0,52(\hat{f}_{t-1} + \hat{c}_{t-1}); \\ \hat{m}_t = 0,29 \frac{y_t}{f_t} + 0,71\hat{m}_{t-7}; \\ \hat{c}_t = \hat{c}_{t-1}. \end{cases} \quad (8)$$

Начальные условия (значения, определяемые на нулевой момент времени  $t = 0$ ):

$$\begin{cases} f_0 = 98,34; \\ c_0 = 3,77; \\ m_0 = 108,12; 105,21; 106,02; 105,01; 103,39; 86,997; 86,04. \end{cases} \quad (9)$$

Остатки модели неавтокоррелированы и нормально распределены. Прогноз по модели Уинтерса (8) представлен на рисунке.

Согласно прогнозу по модели Уинтерса в апреле максимальное число посетителей ожидается 25-го числа (1000 человек).

Верификация прогнозов показала, что модель Уинтерса дает качественный прогноз (средняя ошибка аппроксимации – 8,5%), а модель САРПСС дает завышенный прогноз, средняя ошибка аппроксимации 19%.

Аналогично осуществим прогнозирование числа проданных абонементов. При прогнозировании учтем тот факт, что фитнес-центр проводит акции, в эти дни абонементов продается больше. С 1 мая было проведено 9 акций – 9 мая, 28 июня, 10 сентября, 13 октября, 27 октября, 30 декабря, 14 февраля, 23 февраля, 8 марта [9]. Для учета акций введем в модель фиктивную переменную.

Общий вид модели САРПСС для числа проданных абонементов с фиктивной переменной:

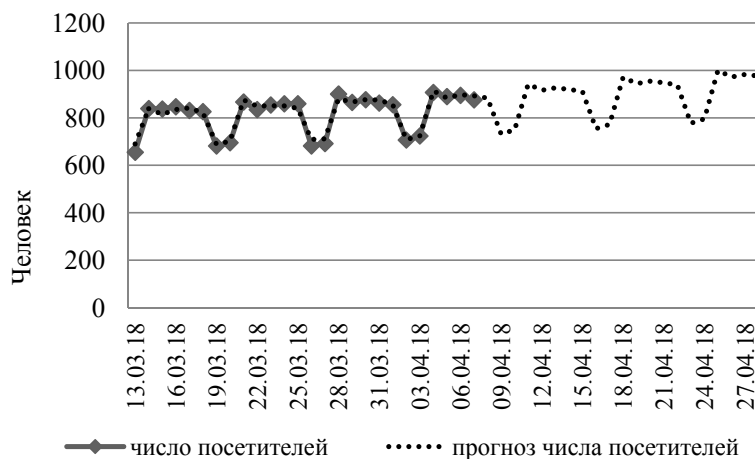


Рисунок. Прогноз числа посетителей по модели Уинтерса

$\Delta X_t = \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_7 \Delta X_{t-7} + \beta_7 \varepsilon_{t-7} + \gamma Action_t + \varepsilon_t$ , (10)  
 где  $\varepsilon_t$  – белый шум;  $Action_t$  – фиктивная переменная, принимающая значение 1 в указанные даты с акциями и принимающая значение 0 в другие дни.

Оценка модели:

$$\Delta \hat{X}_t = -0,748e_{t-1} + 0,979\Delta X_{t-7} - 0,875e_{t-7} + 12,44Action_t. \quad (11)$$

Также для прогнозирования использовали модель Уинтерса [10]. Оценка модели Уинтерса прогноза числа проданных абонементов:

$$\begin{cases} \hat{y}_t = \hat{f}_t \cdot \hat{m}_t; \\ \hat{f}_t = 0,17 \frac{y_t}{m_{t-7}} + 0,83(\hat{f}_{t-1} + \hat{c}_{t-1}); \\ \hat{m}_t = 0,1 \frac{y_t}{\hat{f}_t} + 0,9\hat{m}_{t-7}; \\ \hat{c}_t = \hat{c}_{t-1}. \end{cases} \quad (12)$$

Начальные условия:

$$\begin{cases} \hat{f}_0 = 30,02; \\ \hat{c}_0 = -0,124; \\ m_0 = 97,08; 112,5; 109,1; 104,1; 114,1; 82,95; 80,88. \end{cases} \quad (13)$$

Остатки модели (12) соответствуют свойствам белого шума. В табл. 1 представим результаты прогнозирования по обеим моделям.

Как видно из табл. 1, модель САРПСС дает завышенные прогнозы.

Очевидно, что рассматриваемые временные ряды оказывают взаимное влияние на уровни друг друга: число посетителей изменяется в зависимости от числа проданных абонементов, число проданных абонементов может зависеть от числа посетителей, так как гость может не купить абонемент, если фитнес-центр слишком загружен или, наоборот, рекомендации посетителей могут привлечь больше клиентов.

Таким образом, можно предположить наличие двусторонней связи. Исследование показало, что рассматриваемые ряды содержат один единичный корень, следовательно, при наличии коинтеграции такую зависимость можно моделировать с помощью векторной модели корректировки ошибками (далее – VECM) [11]. На основе теста Энгла – Гренджера определили, что изучаемые ряды коинтегрированы, т. е. они находятся в долгосрочном равновесии [12].

Для прогнозирования построена двумерная модель VECM, оценка которой имеет вид

$$\begin{cases} \Delta klient_t = 41,346 - 0,032EC_{1,t-1} + 116,87d_{t1} - \\ - 7,002d_{t2} + 15,192d_{t3} - 0,82d_{t6} \cdot t + 0,005d_{t7} \times \\ \times t + 2,085disc_t + 0,899z_{1,t-7} - 0,243\delta_{t-1} - 0,571\delta_{t-7}, \\ \Delta abonement_t = 16,92 - 0,017EC_{2,t-1} - 1,511d_{t1} + \\ + 1,561d_{t2} - 0,702d_{t3} - 0,030d_{t6} \cdot t - 0,032d_{t7} \cdot t + \\ + 12,006disc_t + 0,199z_{2,t-2} + 0,21z_{2,t-3}, \end{cases} \quad (14)$$

Т а б л и ц а 1

Результаты прогнозирования числа проданных абонементов, штук

Даты	Число проданных абонементов по модели Уинтерса	Число проданных абонементов по модели САРПСС	Реальное число проданных абонементов
11.04.2018	4	9	4
12.04.2018	4	8	4
13.04.2018	3	11	7
14.04.2018	4	9	7
15.04.2018	6	9	7
16.04.2018	5	11	7
17.04.2018	2	11	1
18.04.2018	1	13	0
19.04.2018	4	16	5
20.04.2018	3	9	3
21.04.2018	4	11	4
22.04.2018	2	11	3
23.04.2018	3	13	4
24.01.2018	3	14	5
25.04.2018	4	19	7
26.04.2018	4	11	5
27.04.2018	6	12	6
28.04.2018	5	11	7

где  $EC$  – корректирующая переменная, подправляющая отклонения от долгосрочного равновесия на предыдущем шаге;  $z_{t-i}$  – авторегрессия;  $d_{tk}$  – фиктивные переменные:  $d_{tk} = \begin{cases} 1 & \text{для } k \text{ дня недели;} \\ 0 & \text{иначе,} \end{cases}$   
 $disc$  – фиктивная переменная, принимает значение 1, если в этот день проводятся акции и дается скидка на абонементы, 0 – в другие дни.

В табл. 2 представлены прогнозы по исследуемым показателям.

Таким образом, согласно прогнозу, если бы 25 апреля была организована акция, дающая какие-либо скидки на приобретение абонемента, то было бы продано 24 абонемента. По прогнозу, число посетителей в день значительно не возрастало и приняло бы максимальное значение 14 апреля 2018 г. (918 посетителей в день).

Таким образом, построены модели на основе одномерных и многомерных временных рядов, позволяющие прогнозировать число проданных абонементов и число посетителей фитнес-центра в день. Согласно прогнозам, ожидается увеличение числа клиентов фитнес-центра, при этом установлено, что

в выходные дни посетителей меньше, чем в будни, а проведение акций увеличивает число проданных абонементов. Полученные прогнозы будут использованы при решении следующей задачи исследования.

Исходя из принятых пропорций числа персонала и посетителей, на основе полученных прогнозов определим потребность в тренерах (табл. 3).

Сформируем матрицу индивидуальных коэффициентов оплаты труда, принимая во внимание, что если специалист не имеет желания работать в выходные дни, то коэффициент устанавливается достаточно большим (например, 100), чтобы заведомо не включать его в график. В табл. 4 представлены коэффициенты по оплате труда.

В табл. 5 отражены результаты решения задачи с помощью модуля «Поиск решения» MS Excel на очередную неделю. В десятом столбце представлены ограничения по времени, т. е. ограничения по пятидневной рабочей неделе. Следует отметить, что согласно политике компании тренеры по желанию могут отработать меньше пяти дней.

В результате решения оптимизационной задачи формируется график работы тренеров на неделю,

Т а б л и ц а 2  
 Прогноз числа посетителей и количества продаваемых абонементов до 28 апреля 2018 г.

Дата	Число посетителей	Продано абонементов
11.04.2018	897	5
12.04.2018	756	6
13.04.2018	742	2
14.04.2018	918	7
15.04.2018	852	9
16.04.2018	863	10
17.04.2018	869	10
18.04.2018	876	9
19.04.2018	699	4
20.04.2018	701	5
21.04.2018	891	8
22.04.2018	823	9
23.04.2018	839	11
24.01.2018	838	13
25.04.2018	841	24
26.04.2018	687	5
27.04.2018	683	5
28.04.2018	843	9

Т а б л и ц а 3  
 Потребность в тренерах на неделю (по результатам прогноза)

День недели	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
Потребность в тренерах в день, чел.	16	16	17	17	16	4	4

Таблица 4

Индивидуальные коэффициенты по оплате труда (фрагмент)

Индивидуальный номер тренера	День недели						
	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	100	1,5
2	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	100
...	...	...	...	...	...	...	...
17	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	100	100
18	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

который позволяет, с одной стороны, минимизировать затраты предприятия на оплату труда сотрудников, а с другой – учесть предпочтения сотрудников по выбору выходных.

График работы тренеров можно пересматривать каждую неделю или месяц, в зависимости от прогноза числа посетителей, получаемого по разработанной многофакторной модели прогнозирования.

Следует отметить, что в выходные дни число посетителей значительно меньше, по этой причине руководству фитнес-центра можно рекомендовать внедрить мероприятия по увеличению числа посети-

телей в субботу и воскресенье, например, направленные на организацию семейного спорта, дополнительное время для занятий постоянных клиентов, скидки на предоставляемые услуги, развлекательные спортивные мероприятия, корпоративные программы.

Таким образом, продемонстрированы возможности комплексного применения математического инструментария, когда оптимизационная задача, дающая возможность составить графики работы тренеров фитнес-клуба, решается на базе результатов прогнозирования по построенным моделям на основе одномерных и многомерных временных рядов.

Таблица 5

Результаты решения задачи формирования графика работы тренеров

Индивидуальный номер тренера	День недели							Текущее состояние занятости	Ограничения по занятости
	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье		
1	1	1	0	1	1	0	1	5	5
2	1	0	1	1	1	1	0	5	5
3	1	0	1	1	1	1	0	5	5
4	1	1	1	1	0	1	0	5	5
5	0	1	1	1	1	1	0	5	5
6	1	1	1	1	1	0	0	5	5
7	0	1	1	1	1	0	1	5	5
8	1	1	1	1	1	0	0	5	5
9	1	1	1	1	1	0	0	5	5
10	1	1	1	1	1	0	0	5	5
11	1	1	1	1	1	0	0	5	5
12	1	1	1	1	1	0	0	5	5
13	1	1	1	1	1	0	0	5	5
14	1	1	1	1	1	0	0	5	5
15	1	1	1	1	1	0	0	5	5
16	1	1	1	0	1	0	1	5	5
17	1	1	1	1	1	0	0	5	5
18	1	1	1	1	0	0	1	5	5
Текущее количество тренеров	16	16	17	17	16	4	4	–	–
Потребность в тренерах, в день	16	16	17	17	16	4	4	–	–

ЛИТЕРАТУРА

1. Крипак Е. М. Оптимизация использования человеческих ресурсов предприятия на основе решения задачи о назначении с применением нечетко-множественного моделирования / Е. М. Крипак, Д. Н. Тимофеев // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 4–2 (45). – С. 743–747.
  2. Крипак Е. М. Управление предприятием : модели, методы и информационные технологии : [монография] / Д. В. Домашова, Е. М. Крипак, А. Г. Реннер. – М. : Спецкнига, 2012. – 288 с.
  3. Афанасьева Л. А. О необходимости исследования процессов планирования и прогнозирования потребности в персонале / Л. А. Афанасьева, М. А. Гребенникова // Научный вестник Волгоградского филиала РАНХиГС. Серия : Экономика. – 2015. – № 3. – С. 82–85.
  4. Старовойтова А. И. Планирование и прогнозирование потребности в персонале / А. И. Старовойтова // Гагаринские чтения – 2018 : сборник тезисов докладов XLIV Междунар. молодеж. науч. конф., 2018. – С. 156–157.
  5. Козлов А. Е. Разработка годовых планов по персоналу : необоснованное увеличение штатов по нормативам или необходимая потребность предприятия в кадрах (опыт разработки и построения современных моделей прогноза численности персонала на примере авиационной компании «ПРОГРЕСС») / А. Е. Козлов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 20. – С. 1241–1245.
  6. Туктамышева Л. М. О подходах к математическому моделированию рядов динамики со структурным скачком / Л. М. Туктамышева // Формирование основных направлений развития современной статистики и эконометрики : материалы I Междунар. науч. конф., Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : Университет, 2013. – С. 273–280.
  7. Луценко Б. Н. Идентификация и использование мультипликативных моделей авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего для прогнозирования процессов с сезонными колебаниями / Б. Н. Луценко // Вычислительные технологии. – 2008. – Т. 13. – № 4. – С. 71–88.
  8. Morimune K. ARIMA approach to the unit root analysis of macro economic time series / K. Morimune, K. Miyazaki // Mathematics and Computers in Simulation. – 1997. – Т. 43. – № 3–6. – С. 395–403.
  9. Кузнецова Е. Л. Лояльность клиентов как фактор роста эффективности продаж / Е. Л. Кузнецова, А. В. Гетманова // Финансовая аналитика : проблемы и решения. – 2016. – № 4 (286). – С. 38–52.
  10. Семенов М. Г. Модель Хольта – Уинтерса : математические аспекты и компьютерная реализация / М. Г. Семенов, Л. А. Унтилова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия : Экономика и управление. – 2016. – № 3 (26). – С. 64–67.
  11. Anderson R. G. A vector error-correction forecasting model of the us economy / R. G. Anderson, D. L. Hoffman, R. H. Rasche // Journal of Macroeconomics. – 2002. – Vol. 24. – No. 4. – С. 569.
  12. Энгл Р. Ф. Коинтеграция и коррекция ошибок : представление, оценивание и тестирование / Р. Ф. Энгл, К. У. Д. Грэнджер // Прикладная эконометрика. – 2015. – № 3 (39). – С. 106–135.
- Оренбургский государственный университет  
Крипак Е. М., доцент, кандидат экономических наук, доцент кафедры математических методов и моделей в экономике  
E-mail: kripak\_e@mail.ru
- Туктамышева Л. М., доцент, кандидат экономических наук, доцент кафедры математических методов и моделей в экономике  
E-mail: lmtuktamisheva@mail.ru
- Образцова Т. Н., старший преподаватель кафедры математических методов и моделей в экономике  
E-mail: mme@mail.osu.ru
- Orenburg State University  
Kripak E. M., Associate Professor, Candidate of Economics, Associate Professor of the Mathematical Methods and Models in Economics Department  
E-mail: kripak\_e@mail.ru
- Tuktamisheva L. M., Associate Professor, Candidate of Economics, Associate Professor of the Mathematical Methods and Models in Economics Department  
E-mail: lmtuktamisheva@mail.ru
- Obraztsova T. N., Senior Lecturer of the Mathematical Methods and Models in Economics Department  
E-mail: mme@mail.osu.ru