

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДИНАМИКУ ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ РЫНКА ТРУДА НА ОСНОВЕ БАЛАНСОВОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

А. П. Невечеря*, Е. В. Попова**

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар,

**ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», г. Краснодар

*✉ artiom1989@mail.ru, **✉ elena-popov@yandex.ru

Аннотация. Предложен подход к учёту управляющих воздействий на динамику отраслевой структуры рынка труда при прогнозировании показателей отраслевой занятости. Применяемая схема прогнозирования основана на балансовой математической модели межотраслевых перемещений трудовых ресурсов. В рассмотренном ранее одним из авторов варианте схемы прогнозирования тренды показателей, характеризующих межотраслевую мобильность рабочей силы, определялись независимо друг от друга. В настоящей работе осуществлена модификация данной схемы: предложен способ группировки показателей межотраслевых перемещений и критерий определения общего тренда показателей внутри каждой группы. С помощью модифицированной схемы прогнозирования вычислены прогнозы отраслевой занятости на рынке труда РФ в 2011–2016 гг., произведено сравнение с ранее полученными результатами. По данным отраслевой занятости и безработицы за 2017–2021 гг., предоставляемым согласно классификатору ОКВЭД-2, осуществлён прогноз ожидаемого уровня занятости в конце 2022 г. На примере рынка труда РФ в 2017–2022 гг. рассмотрен способ определения результатов управления: продемонстрированы изменения прогнозов отраслевой занятости в случае учёта управляющих воздействий на аграрный и промышленный сектора исследуемого рынка.

Ключевые слова: отраслевая структура рынка труда, балансовая математическая модель, межотраслевые перемещения трудовых ресурсов, управляющие воздействия, эффект управления, прогнозирование занятости, рынок труда.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость управления, воздействующего на динамику отраслевой структуры рынка труда, обусловлена стремлением управляющих акторов к повышению экономической эффективности процессов рынка труда [1, 2], созданием условий для эффективной и стабильной занятости населения [3, 4], обеспечением согласованности между спросом и предложением на квалифицированные трудовые ресурсы [5], достижением баланса между профессиональной структурой выпускников системы образования и востребованностью специалистов, обладающих определёнными наборами компетенций [6], необходимостью исключения

ситуаций возникновения острой нехватки кадров в сегментах рынка [7, 8], необходимостью предупреждения и преодоления процессов, способных спровоцировать кризисные явления на рынке труда [9, 10].

Основным актором, применяющим управляющие воздействия, является государство; сами управляющие воздействия могут принимать формы субсидирования программ переподготовки квалифицированных специалистов [11], корректировки образовательных стандартов высших учебных заведений [12], финансовой поддержки деловой активности в сегментах рынка труда [13], стимулирования исследований и разработок, направленных на переход к наукоёмким и высокотехнологичным производствам [14].



Результат выбираемых управляющих воздействий должен как можно больше соответствовать целям их принятия, в связи с чем необходим прогноз эффективности управления [15, 16]; одними из основных критериев эффективности являются отраслевые занятость и безработица [17, 18]. Прогнозирование влияния управляющих воздействий по данным критериям эффективности может быть осуществлено на основе схем прогнозирования, способных учитывать управляющие воздействия на уровне межотраслевого взаимодействия трудовых ресурсов и доставляющих качественные прогнозы показателей отраслевой структуры рынка труда.

Для прогнозирования отраслевых показателей занятости и безработицы применяются различные формализуемые и интуитивные модели динамики отраслевой структуры рынка труда [19, 20].

Применение интуитивных моделей влечёт риски уменьшения надёжности прогнозов вследствие субъективности основанных на данных моделях схем прогнозирования [21] и контринтуитивности социально-экономических, в частности рыночных, процессов [22, 23].

При прогнозировании отраслевых показателей рынка труда с помощью формализуемых моделей на надёжность результатов негативно влияет двойственность проблемы прогнозирования динамики отраслевой структуры: с одной стороны, отраслевые показатели рынка труда сильно агрегированы [24], вследствие чего при непосредственном прогнозировании по значениям этих показателей не учитываются тренды факторов, на которые данные показатели могут быть сегментированы [25]; с другой стороны, сегментирование агрегированных показателей приводит к появлению в математической модели факторов, регулярная объективная статистика по которым отсутствует [26].

Одним из решений двойственности проблемы прогнозирования является сегментирование показателей отраслевой занятости и безработицы с помощью балансовой математической модели [27]. Для этой модели:

- разработаны метод и алгоритм вычисления значений факторов, полученных в результате сегментирования, только по значениям отраслевых показателей рынка труда [28], при этом для вычисления отраслевых показателей рынка труда достаточно данных, предоставляемых Федеральной службой государственной статистики [29];

- реализована схема прогнозирования, в которой тренды сегментирующих показатели рынка

труда факторов определяются независимо друг от друга.

В настоящей работе рассмотрены общие принципы учёта управляющих воздействий на динамику отраслевой структуры рынка труда при применении схемы прогнозирования, основанной на такой балансовой математической модели. Также рассмотрен вариант модификации схемы, направленный на улучшение ожидаемого качества прогноза в случаях, когда тенденции группы факторов, сегментирующих один и тот же показатель рынка труда, задаются одним выбранным для конкретной группы видом тренда. Полученная на основе данной схемы методика прогнозирования отраслевой занятости с возможностью учёта эффектов управления была апробирована для рынка труда РФ.

1. БАЛАНСОВАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

В целях упрощения определения значений показателей рынка труда и показателей межотраслевых перемещений трудовых ресурсов введём обозначения для возможных состояний каждого элемента рабочей силы исследуемого рынка: $S_1^{(i)}$ – имеет занятость в отрасли i ; $S_2^{(i)}$ – является безработным, последнее место занятости которого было в отрасли i , $i = \overline{1, n}$, где n – количество отраслей; $S_2^{(0)}$ – является безработным, не имеющим занятости на исследуемом рынке труда с момента (последнего) появления на нём.

Рассмотрим следующие *показатели рынка труда*: $N_j^{(i)}(t)$ – численность рабочей силы, находящейся в конце года t в состоянии $S_j^{(i)}$, $j = 1, 2$, $i_1 = \overline{1, n}$, $i_2 = \overline{0, n}$. Для рынка труда РФ значения этих показателей можно вычислить по данным Федеральной службы государственной статистики. Математическая модель динамики отраслевой структуры рынка труда имеет следующий общий вид:

$$N_j^{(i)}(t+1) = N_j^{(i)}(t) + q_{j,\text{in}}^{(i)}(t) - q_{j,\text{out}}^{(i)}(t), \quad (1)$$

$$j = 1, 2, i = \overline{1, n},$$

$$N_2^{(0)}(t+1) = N_2^{(0)}(t) + \Delta N_2^{(0)}(t) - q_{2,\text{out}}^{(0)}(t). \quad (2)$$

Здесь $q_{j,\text{in}}^{(i)}(t)$ – объём рабочей силы, находящейся в конце года $t+1$ в состоянии $S_j^{(i)}$, а в конце года t

– в состоянии, отличном от $S_j^{(i)}$; $q_{j,\text{out}}^{(i)}(t)$ – объём рабочей силы, находящейся в конце года t в состоянии $S_j^{(i)}$, а в конце года $t+1$ – в состоянии, отличном от $S_j^{(i)}$; $\Delta N_2^{(0)}(t)$ – экзогенная переменная модели, приток трудовых ресурсов на рынок труда в течение года $t+1$; величина $q_{1,\text{in}}^{(i)}(t)$ также называется входящим потоком трудовых ресурсов в отрасль i в течение года $t+1$, величина $q_{1,\text{out}}^{(i)}(t)$ – исходящим потоком трудовых ресурсов из отрасли i в течение года $t+1$ [27]; $j = 1, 2$, $i, i_1 = \overline{1, n}$, $i_2 = \overline{0, n}$.

Построение балансовой математической модели динамики отраслевой структуры заключается в детализации величин $q_{j,\text{in}}^{(i)}(t)$, $q_{j,\text{out}}^{(i)}(t)$, $j = 1, 2$, $i, i_1 = \overline{1, n}$, $i_2 = \overline{0, n}$, позволяющей определять межотраслевые перемещения трудовых ресурсов на исследуемом рынке. Сравним два варианта детализации. Первый вариант [26, 27] выглядит следующим образом:

$$q_{1,\text{in}}^{(i)}(t) = \sum_{j=1}^n N_2^{(j)}(t) P_1^{(j,i)}(t) + \left[\Delta N_2^{(0)}(t) + N_2^{(0)}(t) \right] P_1^{(0,i)}(t) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n N_1^{(j)}(t) P_4^{(j,i)}(t), \quad (3)$$

$$q_{1,\text{out}}^{(i)} = N_1^{(i)}(t) \left[P_2^{(i)}(t) + P_3^{(i)}(t) \right] + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n N_1^{(j)}(t) P_4^{(i,j)}(t), \quad (4)$$

$$q_{2,\text{in}}^{(i)}(t) = N_1^{(i)}(t) P_2^{(i)}(t), \quad (5)$$

$$q_{2,\text{out}}^{(i)}(t) = N_2^{(i)}(t) \sum_{j=1}^{n+1} P_1^{(i,j)}(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

$$q_{2,\text{out}}^{(0)}(t) = \left[\Delta N_2^{(0)}(t) + N_2^{(0)}(t) \right] \sum_{j=1}^{n+1} P_1^{(0,j)}(t), \quad (6)$$

где $P_1^{(i,j)}(t)$ – вероятность того, что работник в течение года $t+1$ перейдёт из состояния $S_2^{(i)}$ (в конце года t) в состояние $S_1^{(j)}$ (в конце года $t+1$); $P_2^{(k)}(t)$ – вероятность того, что работник в течение

года $t+1$ перейдёт из состояния $S_1^{(k)}$ в состояние $S_2^{(k)}$; $P_3^{(k)}(t)$ – вероятность того, что работник в течение года $t+1$ перейдёт из состояния $S_1^{(k)}$ в состояние $S_2^{(n+1)}$; $P_4^{(k_1, k_2)}(t)$ – вероятность того, что работник в течение года $t+1$ перейдёт из состояния $S_1^{(k_1)}$ в состояние $S_1^{(k_2)}$; $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{1, n+1}$, $k, k_1, k_2 = \overline{1, n}$, $k_1 \neq k_2$. Переход в состояние $S_2^{(n+1)}$ следует интерпретировать как выход работника из исследуемого рынка труда.

Из определения этих вероятностей следует, что

$$P_1^{(i,j)}(t) \geq 0, \quad \sum_{k=1}^{n+1} P_1^{(i,k)}(t) \leq 1, \quad i = \overline{0, n}, \quad j = \overline{1, n+1}, \quad (7)$$

$$P_2^{(i)}(t), P_3^{(i)}(t), P_4^{(j,i)}(t) \geq 0, \quad P_2^{(i)}(t) + P_3^{(i)}(t) + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n P_4^{(i,k)}(t) \leq 1, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad i \neq j. \quad (8)$$

Математическую модель (1)–(8) назовём детализированной балансовой математической моделью.

В отличие от математической модели (1)–(8), в балансовой модели с уменьшенным уровнем детализации не рассматривается возможность смены отраслевой принадлежности занятого работника рынка труда в течение одного года [28]. Другими словами, в случае такого уменьшения детализации $P_4^{(k_1, k_2)}(t) = 0$, $k_1, k_2 = \overline{1, n}$, $k_1 \neq k_2$, в формулах (3), (4), (8).

Рассматриваемые вероятности являются показателями межотраслевых перемещений трудовых ресурсов, которые сегментируют показатели рынка труда с помощью соответствующей балансовой математической модели (детализированной или с уменьшенным уровнем детализации).

В обоих случаях уравнения (1), (2) балансовой математической модели можно представить в виде

$$N(t, t+1) = A(t) P(t). \quad (9)$$

Здесь

$$N(t, t+1) = \left(\Delta_1^1, \dots, \Delta_1^n, \Delta_2^1, \dots, \Delta_2^n, \Delta_2^0 \right)^T, \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta_1^i &= N_1^{(i)}(t+1) - N_1^{(i)}(t), \\ \Delta_2^i &= N_2^{(i)}(t+1) - N_2^{(i)}(t), \\ i &= \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (11)$$



$$\Delta_2^0 = N_2^{(0)}(t+1) - N_2^{(0)}(t) - \Delta N_2^{(0)}(t); \quad (12)$$

$P(t)$ – вектор показателей межотраслевых перемещений, используемых в конкретной балансовой математической модели; матрица $A(t)$ однозначно определяется видом векторов $N(t, t+1)$, $P(t)$.

Сформулируем задачу (7)–(9): найти вектор $P(t)$, удовлетворяющий уравнению (9) и неравенствам (7), (8).

Так как балансовая математическая модель (7)–(9) содержит $2n + 1$ показатель рынка труда и $n^2 + 5n + 1$ (для балансовой модели с уменьшенным уровнем детализации) или $2n^2 + 4n + 1$ (для детализированной балансовой модели) показателей межотраслевых перемещений, то задача (7)–(9) является некорректно поставленной. Метод её решения был рассмотрен ранее [28].

2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЫНКА ТРУДА НА ОСНОВЕ ОБЩИХ ВНУТРИОТРАСЛЕВЫХ ТРЕНДОВ

Под задачей прогнозирования показателей рынка труда подразумевается вычисление значений $N_j^{(i)}(t_0 + k + 1)$ по известным значениям показателей $N_j^{(i)}(t)$, $t = \overline{t_0, t_0 + k}$, $j = 1, 2$, $i_1 = \overline{1, n}$, $i_2 = \overline{0, n}$. Здесь $[t_0, t_0 + k]$ – период основания прогноза, $k + 1$ – длина периода основания прогноза.

2.1. Подходы к прогнозированию показателей рынка труда

Рассмотрим следующие подходы к прогнозированию:

1) непосредственно по показателям: значение каждого показателя $N_j^{(i)}(t_0 + k + 1)$ вычисляется по значениям этого же показателя посредством выбора и экстраполяции его тренда за период основания прогноза; для показателя выбирается тот тренд, который обеспечивает наилучшее качество его прогноза в год $t_0 + k$ по значениям этого же показателя в годы $t = \overline{t_0, t_0 + k - 1}$; $j = 1, 2$, $i_1 = \overline{1, n}$, $i_2 = \overline{0, n}$;

2) на основе балансовой модели (7)–(9) с уменьшенным уровнем детализации межотраслевых потоков ($P_4^{(k_1, k_2)}(t) = 0$, $k_1, k_2 = \overline{1, n}$, $k_1 \neq k_2$);

3) на основе детализированной балансовой модели (7)–(9).

В работе [26] предложены подходы к прогнозированию с помощью балансовой математической модели, основанные на определении тренда каждого показателя межотраслевых перемещений вне зависимости от трендов других показателей межотраслевых перемещений. В настоящей работе подходы, в которых используется балансовая математическая модель, основаны на выделении групп показателей межотраслевых перемещений, у которых могут быть общие тренды.

Приведём схему реализации данных подходов.

1. Этап предварительного получения данных.

Решим k задач (7)–(9) для значений $t = \overline{t_0, t_0 + k - 1}$, получим векторы $P(t)$, $t = \overline{t_0, t_0 + k - 1}$.

2. Этап верификации. Выбирается оптимальный вид тренда каждого показателя межотраслевых перемещений (из N заранее определённых видов линий тренда).

Критерий выбора трендов. В случае общих внутриотраслевых трендов для группы показателей межотраслевых перемещений, детализирующих показатель $N_j^{(i)}(t)$, выбирается тот вид тренда (с номером K), который обеспечивает наименьшее отклонение прогнозной величины $N_{j, \text{np}}^{(i)}(t_0 + k)$ от её фактического значения $N_j^{(i)}(t_0 + k)$, $j = 1, 2$, $i_1 = \overline{1, n}$, $i_2 = \overline{0, n}$. Величина $N_{j, \text{np}}^{(i)}(t_0 + k)$ вычисляется по значениям:

– соответствующей компоненты вектора

$$N_{\text{np}}(t_0 + k - 1, t_0 + k) = A(t_0 + k - 1) P_{\text{np}}(t_0 + k - 1),$$

где вектор $P_{\text{np}}(t_0 + k - 1)$ получен экстраполяцией векторов $P(t)$, $t = \overline{t_0, t_0 + k - 2}$, с помощью тренда K ;

– величины $N_j^{(i)}(t_0 + k - 1)$.

В общем случае при вычислении прогнозов различных показателей рынка труда для одних и тех же показателей межотраслевых перемещений могут быть выбраны различные виды линий тренда.

Формальная запись этапа верификации выглядит следующим образом.

2.1. Используя тип тренда с номером i , вычислим вектор $P_{\text{np}}^{(i)}(t_0 + k - 1)$, $i = \overline{1, N}$, экстраполируя временных рядов, образованных компонентами векторов $P(t)$, $t = \overline{t_0, t_0 + k - 2}$.

2.2. С помощью формулы (9) определим различные прогнозы показателей рынка труда в год

$t_0 + k$ на основе вычисленных векторов $P_{\text{np}}^{(i)}(t_0 + k - 1)$, $i = \overline{1, N}$:

$$N_{\text{np}}^{(i)}(t_0 + k - 1, t_0 + k) = A(t_0 + k - 1)P_{\text{np}}^{(i)}(t_0 + k - 1).$$

2.3. Определим функцию $\alpha: \{1, \dots, 2n + 1\} \rightarrow \{1, \dots, N\}$, сопоставляющую каждому показателю рынка труда линию тренда, которая позволяет экстраполировать показатели межотраслевых перемещений так, чтобы обеспечить наилучшее качество прогноза данного показателя. В этом случае для $i \in \{1, \dots, 2n + 1\}$

$$\begin{aligned} \alpha(i) = K_i \Leftrightarrow & \|S_i(N(t_0 + k - 1, t_0 + k) - \\ & - N_{\text{np}}^{(K_i)}(t_0 + k - 1, t_0 + k))\|_{2, 2n+1} \leq \\ & \|S_i(N(t_0 + k - 1, t_0 + k) - \\ & - N_{\text{np}}^{(j)}(t_0 + k - 1, t_0 + k))\|_{2, 2n+1}, \\ & \forall j \in \{1, \dots, N\}, \end{aligned}$$

где $\|\cdot\|_{2, 2n+1}$ – евклидова норма в \mathbb{R}^{2n+1} ; матрица S_i имеет следующий блочный вид:

$$S_i = \begin{pmatrix} \Theta_{i-1, i-1} & \Theta_{i-1, 1} & \Theta_{i-1, 2n+1-i} \\ \Theta_{1, i-1} & 1 & \Theta_{1, 2n+1-i} \\ \Theta_{2n+1-i, i-1} & \Theta_{2n+1-i, 1} & \Theta_{2n+1-i, 2n+1-i} \end{pmatrix},$$

где Θ_{i_1, i_2} – нулевая матрица размера $i_1 \times i_2$. Тогда i -я компонента вектора $H = S_i(N(t, t+1) - N_{\text{np}}^{(K_i)}(t, t+1))$ равна i -й компоненте разности $N(t, t+1) - N_{\text{np}}^{(K_i)}(t, t+1)$, остальные компоненты вектора H – нули.

Таким образом, получено сопоставление показателей рынка труда с типом тренда детализирующих их показателей межотраслевых перемещений. Результаты верификации используются далее.

3. Этап прогнозирования. Вычислим прогнозные значения каждого показателя рынка труда, используя векторы экстраполированных показателей межотраслевых перемещений. Для каждого показателя рынка труда экстраполяция показателей межотраслевых перемещений осуществляется типом тренда, сопоставленным с данным показателем на предыдущем шаге алгоритма.

Формальная запись этапа прогнозирования.

3.1. Используя тип тренда с номером i , вычислим вектор $P_{\text{np}}^{(i)}(t_0 + k)$, $i = \overline{1, N}$, экстраполяцией компонент векторов $P(t)$, $t = \overline{t_0, t_0 + k - 1}$.

3.2. Используя функцию $\alpha(i)$, определим вектор прогнозных значений показателей рынка труда

$$\begin{aligned} N_{\text{np}}(t_0 + k, t_0 + k + 1) = \\ = \sum_{i=1}^{2n+1} S_i A(t_0 + k) P_{\text{np}}^{(\alpha(i))}(t_0 + k). \end{aligned} \quad (13)$$

3.3. Прогноз показателей рынка труда вычислим по формулам (11), (12) из выражений (10), (13):

$$\begin{aligned} N_j^{(i)}(t_0 + k + 1) = & (N_{\text{np}}(t_0 + k, t_0 + k + 1))_{i+(j-1)n} + \\ & + N_j^{(i)}(t_0 + k), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = 1, 2, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} N_2^{(0)}(t_0 + k + 1) = & (N_{\text{np}}(t_0 + k, t_0 + k + 1))_{2n+1} + \\ & + N_2^{(0)}(t_0 + k) + \Delta N_{2, \text{np}}^{(0)}(t_0 + k), \end{aligned} \quad (15)$$

где $(N_{\text{np}}(t_0 + k, t_0 + k + 1))_i$ – i -я компонента вектора $N_{\text{np}}(t_0 + k, t_0 + k + 1)$; $\Delta N_{2, \text{np}}^{(0)}(t_0 + k)$ – приток трудовых ресурсов на исследуемый рынок в течение года $t_0 + k + 1$, который может быть вычислен экстраполяцией значений $\Delta N_2^{(0)}(t)$, $t = \overline{t_0, t_0 + k - 1}$ (ранее [28] было показано, что прогноз показателей отраслевой занятости устойчив к отклонениям величины $\Delta N_{2, \text{np}}^{(0)}(t_0 + k)$ от $\Delta N_2^{(0)}(t_0 + k)$).

Предложенная схема позволяет получать прогнозы показателей отраслевой занятости и безработицы по значениям этих показателей за период основания прогноза. При этом учитываются тренды показателей межотраслевых перемещений трудовых ресурсов на рынке труда.

2.2. Апробация и валидация схемы прогнозирования на статистических данных рынка труда Российской Федерации в 2006–2016 гг.

Согласно действовавшему до 2017 г. классификатору ОКВЭД-1 рынок труда РФ состоял из следующих 12-ти укрупнённых групп отраслей: № 1 – сельское и лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство; № 2 – добыча полезных ископаемых



мых; № 3 – обрабатывающие производства; № 4 – производство и распределение электроэнергии, газа и воды; № 5 – строительство; № 6 – оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования, гостиницы и рестораны; № 7 – транспорт и связь; № 8 – финансовая деятельность, операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг; № 9 – государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное обеспечение; № 10 – образование; № 11 – здравоохранение и предоставление социальных услуг; № 12 – другие виды экономической деятельности.

Используя данные, предоставляемые Федеральной службой государственной статистики [29], по значениям показателей рынка труда РФ в 2006–2015 гг. построим прогнозы показателей отраслевой занятости на данном рынке в 2011–2016 гг.; длина периода основания каждого прогноза – пять лет.

В качестве возможных трендов временных рядов показателей здесь и далее в работе будем рассматривать константный, линейный и нелинейный тренды [27]. Эмпирически установлено, что тренд вида $f(t) = c_1 + c_2\sqrt{t} + c_3t$ в среднем обеспечивает лучшее качество экстраполяции показателей межотраслевых перемещений рынка труда РФ 2006–2011 гг. по сравнению с квадратичным, логарифмическим, степенным и экспоненциальным трендами, в связи с чем в качестве используемого в

схеме прогнозирования нелинейного тренда выбран $f(t)$.

Результаты прогнозирования представлены в виде таблицы надёжности (табл. 1): в настоящей работе прогноз считается ненадёжным тогда и только тогда, когда погрешность прогноза больше 2%. Ненадёжные прогнозы обозначены цифрой 1, надёжные – цифрой 0. Строки таблицы соответствуют номеру отрасли рынка труда РФ, столбцы – номеру подхода (см. начало п. 2.1), который применялся для прогнозирования занятости в данной отрасли.

Таким образом, с помощью подходов к прогнозированию непосредственно по показателям рынка труда, на основе балансовой модели с уменьшенным уровнем детализации, на основе детализированной балансовой модели было получено соответственно 29, 25 и 28 ненадёжных прогнозов.

Для рассмотренного рынка труда в случае, когда для каждого показателя межотраслевых перемещений тренд устанавливается по отдельности независимо от трендов других показателей [26], надёжность прогноза на основе балансовой модели с уменьшенным уровнем детализации и на основе детализированной балансовой модели характеризовалась соответственно 13-ю и 11-ю ненадёжными прогнозами, что превосходит показатели надёжности, полученные для случая общих внутриотраслевых трендов на основе этих же балансовых математических моделей (25 и 28 соответственно).

Таблица 1

Надёжность прогнозов показателей 12-отраслевой структуры занятости на рынке труда Российской Федерации в 2011–2016 гг.

| № отрасли | 2011 г. | | | 2012 г. | | | 2013 г. | | | 2014 г. | | | 2015 г. | | | 2016 г. | | |
|-----------|---------|---|---|---------|---|---|---------|---|---|---------|---|---|---------|---|---|---------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Σ | 7 | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 5 | 8 | 6 | 4 | 3 | 5 | 2 | 4 | 4 | 6 | 1 | 2 |

2.3. Прогнозирование отраслевой занятости рынка труда Российской Федерации в конце 2022 г.

Таблица 2

С 2017 г. согласно классификатору ОКВЭД-2 рынок труда РФ содержит 20 отраслей (исключая деятельность экстерриториальных организаций): № 1 – сельское и лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство; № 2 – добыча полезных ископаемых; № 3 – обрабатывающие производства; № 4 – обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха; № 5 – водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений; № 6 – строительство; № 7 – торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов; № 8 – транспортировка и хранение; № 9 – деятельность гостиниц и предприятий общественного питания; № 10 – деятельность в области информации и связи; № 11 – деятельность финансовая и страховая; № 12 – деятельность по операциям с недвижимым имуществом; № 13 – деятельность профессиональная, научная и техническая (без учёта научных исследований и разработок); № 14 – научные исследования и разработки; № 15 – деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги; № 16 – государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение; № 17 – образование; № 18 – деятельность в области здравоохранения и социальных услуг; № 19 – деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений; № 20 – предоставление прочих видов услуг.

Применим рассмотренные в п. 2.1 подходы для получения прогноза показателей отраслевой структуры рынка труда в 2022 г., используя в качестве периода основания прогноза 2017–2021 гг. Результаты прогноза приведены в табл. 2; использовались подходы к прогнозированию: 1 – непосредственно по показателям, 2 – на основе балансовой математической модели с уменьшенным уровнем детализации; 3 – на основе детализированной балансовой математической модели.

Из табл. 2 видно, что наибольшая абсолютная величина разности значений прогнозов занятых, полученных для одной отрасли с помощью разных подходов, равняется 500,76 тыс. чел. (отрасль № 7; подходы 2 и 3), наибольшая величина разности относительно среднего прогнозируемого значения – 5,91 % (отрасль № 6; подходы 1 и 2). Таким образом, для подходов к прогнозированию, основанных на критерии выбора общих внутриотраслевых трендов показателей межотраслевых переме-

Прогнозы отраслевой занятости для рынка труда РФ в конце 2022 г., тыс. чел.

| № отрасли | Подходы к прогнозированию | | |
|-----------|---------------------------|------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 4 490,60 | 4 415,15 | 4 525,81 |
| 2 | 11 64,18 | 1 128,94 | 1 141,79 |
| 3 | 9 974,40 | 10 199,10 | 10 007,60 |
| 4 | 1 583,00 | 1 551,72 | 1 571,58 |
| 5 | 708,80 | 692,27 | 693,90 |
| 6 | 6 392,16 | 6 780,43 | 6 523,50 |
| 7 | 13 236,30 | 13 677,49 | 13 176,74 |
| 8 | 5 672,68 | 5 786,95 | 5 755,62 |
| 9 | 1 840,48 | 1 878,01 | 1 836,16 |
| 10 | 1 592,43 | 1 583,03 | 1 613,71 |
| 11 | 1 263,18 | 1 257,77 | 1 242,46 |
| 12 | 1 899,50 | 1 943,15 | 1 866,99 |
| 13 | 1 942,30 | 2 053,27 | 1 939,61 |
| 14 | 753,04 | 733,95 | 755,70 |
| 15 | 2 036,12 | 2 073,33 | 2 077,08 |
| 16 | 3 638,20 | 3 606,33 | 3 633,87 |
| 17 | 5 320,70 | 5 279,67 | 5 259,30 |
| 18 | 4 483,72 | 4 463,71 | 4 417,04 |
| 19 | 1 144,80 | 1 137,59 | 1 138,65 |
| 20 | 1 583,60 | 1 571,87 | 1 562,26 |
| Σ | 70 720,19 | 71 813,71 | 70 739,36 |

щений (и показателей рынка труда), остаётся актуальной задача сопоставления номера отрасли и применяемого для прогнозирования занятости в ней подхода.

Согласно теории прогностики, для получения качественного прогноза показателей рынка труда используются значения этих показателей за период основания прогноза и факторы, формализующие ожидаемое внешнее воздействие на динамику прогнозируемых показателей в течение периода упреждения прогноза [30, 31]. К таким внешним воздействиям относятся управленческие решения, способные оказать значимое влияние на динамику отраслевой структуры рынка труда.

3. УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ РЫНКА ТРУДА

Эффектом управляющего воздействия будем называть преобразования компонент вектора показателей межотраслевых перемещений трудовых ресурсов вследствие осуществляемого управления. *Результатом управляющего воздействия* – изменения показателей рынка труда.



В п. 2.2 продемонстрировано, что схема прогнозирования, основанная на балансовой математической модели (7)–(9), позволяет получать прогнозы отраслевой занятости, надёжность которых превосходит аналогичные прогнозы, полученные непосредственно по показателям отраслевой структуры рынка труда. Кроме того, рассматриваемая схема является модифицируемой: некоторые варианты схемы позволяют вдвое уменьшить количество ненадёжных прогнозов на конкретных примерах.

В связи с этим применение предложенной схемы может также способствовать увеличению точности прогнозов влияния управляющих воздействий. В данном параграфе рассмотрим подход, позволяющий учитывать управление динамикой отраслевой структуры рынка труда в схеме прогнозирования показателей рынка труда.

3.1. Преобразование показателей межотраслевых перемещений при управляющих воздействиях

Для определения преобразований показателей межотраслевых перемещений при управляющих воздействиях на динамику отраслевой структуры рынка труда введём в рассмотрение переменные: $P_1^{(i,n+2)}(t)$ – вероятность того, что находящийся в конце года t в состоянии $S_2^{(i)}$ работник в конце года $t+1$ также будет в состоянии $S_2^{(i)}$ (безработный с последним местом занятости в отрасли i останется таким же безработным); $P_4^{(i,i)}(t)$ – вероятность того, что находящийся в конце года t в состоянии $S_1^{(i)}$ работник в конце года $t+1$ также будет в состоянии $S_1^{(i)}$ (занятый в отрасли i останется занятым в этой же отрасли). В целях обеспечения возможности обобщения преобразований введём дополнительные определения для переменных: $P_1^{(n+i,j)}(t) \stackrel{\text{def}}{=} P_4^{(i,j)}(t)$, $P_1^{(n+i,n+1)}(t) \stackrel{\text{def}}{=} P_3^{(i)}(t)$, $P_1^{(n+i,n+2)}(t) \stackrel{\text{def}}{=} P_2^{(i)}(t)$, $i, j = \overline{1, n}$. Тогда из формул (7), (8) получим:

$$\begin{aligned} P_1^{(i,j)}(t) &\geq 0, \quad j = \overline{1, n+2}, \\ \sum_{k=1}^{n+2} P_1^{(i,k)}(t) &= 1, \quad i = \overline{0, 2n}. \end{aligned} \quad (16)$$

Переменные каждого из $(2n+1)$ -го уравнений в выражении (16) – вероятности событий, образующих полную группу. Вероятности в уравнении i будем называть показателями группы i . Заметим,

что показатели группы i являются характеристиками исходящих потоков из сегмента безработных с последней занятостью в отрасли i ($i \leq n$) или исходящих потоков занятых из $(i-n)$ -й отрасли ($i > n$). Номер отрасли, в которую направлен конкретный исходящий поток трудовых ресурсов, будем называть номером соответствующего показателя группы i (тогда $P_1^{(i,j)}(t)$, $i = \overline{0, 2n}$, $j = \overline{1, n+2}$, $-j$ -й показатель группы i).

Пусть эффектом управляющего воздействия является ожидаемое изменение m_1 показателей межотраслевых перемещений группы i с номерами i_j на $100(k_{i_j} - 1) \%$ (k_{i_j} – коэффициент изменения показателя группы i с номером i_j), $j = \overline{1, m_1}$, $1 \leq m_1 \leq n+2$. Тогда для $\sum_{j \in L_1} k_j P_1^{(i,j)}(t) \leq 1$, $k_j \geq 0$,

$j \in L_1$, где $L_1 = \{i_j | j = \overline{1, m_1}\}$, преобразованные показатели группы i , для которых заданы ожидаемые вследствие управляющего воздействия изменения, определяются следующим образом:

$$\dot{P}_1^{(i,j)}(t) = k_j P_1^{(i,j)}(t), \quad j \in L_1. \quad (17)$$

Отличные от нуля значения показателей группы i , ожидаемые изменения которых вследствие управляющего воздействия не заданы, могут быть определены из равенства отношений преобразованных и преобразуемых значений этих показателей:

$$\frac{\dot{P}_1^{(i,j_1)}(t)}{\dot{P}_1^{(i,j_2)}(t)} = \frac{P_1^{(i,j_1)}(t)}{P_1^{(i,j_2)}(t)}, \quad j_1, j_2 \in L, \quad (18)$$

где $L = \{1, 2, \dots, n+2\} \setminus (L_1 \cup L_2)$, L_2 – множество номеров показателей группы i , которые равны нулю.

Тогда из формул (17), (18) получаем определение значений всех преобразованных показателей группы i :

$$\dot{P}_1^{(i,j)}(t) = \begin{cases} 0, & j \in L_2, \\ \left(\frac{1 - \sum_{j \in L_1} k_j P_1^{(i,j)}(t)}{\sum_{j \in L} P_1^{(i,j)}(t)} \right) P_1^{(i,j)}(t), & j \in L, \\ k_j P_1^{(i,j)}(t), & j \in L_1. \end{cases} \quad (19)$$

Линейный оператор R , задающий преобразование (19), однозначно определяется: числом i – но-

мером группы показателей; множеством $M = \{(j, k_j) | j \in L_1\}$ – сопоставлениями номеров показателей группы i , для которых заданы ожидаемые изменения, с коэффициентами изменений этих показателей; вектором показателей межотраслевых перемещений $P(t) = (P_1^{(0,1)}(t), \dots, P_1^{(0,n+2)}(t), \dots, P_1^{(2n,1)}(t), \dots, P_1^{(2n,n+2)}(t))$. Матричная форма оператора R имеет вид:

$$R = R(i, M, P(t)) =$$

$$= \text{diag} \left(\begin{matrix} 1, \dots, 1, & p_1, \dots, p_{n+2}, & 1, \dots, 1 \\ (i-1)(n+2) & & (2n-i)(n+2) \end{matrix} \right),$$

$$\text{где } p_j = \begin{cases} 0, & P_1^{(i,j)}(t) = 0, \\ \frac{\dot{P}_1^{(i,j)}(t)}{P_1^{(i,j)}(t)}, & P_1^{(i,j)}(t) \neq 0. \end{cases}$$

В случае, если эффектом управляющего воздействия является ожидаемое изменение значений показателей в группах с номерами i_j , $j = \overline{1, m}$, оператор R , задающий преобразование вектора показателей межотраслевых перемещений, однозначно определяется: номерами групп показателей i_j , $j = \overline{1, m}$; M_j – множествами сопоставлений номеров показателей с коэффициентами изменений в группах i_j , $j = \overline{1, m}$; вектором $P(t)$ и имеет вид:

$$R = \prod_{j=1}^m R(i_j, M_j, P(t)). \quad (20)$$

3.2. Определение результатов управляющих воздействий

Если управление воздействует на прогноз, определяемый в соответствии с выражениями (13)–(15), тогда линейный оператор R_i (20) должен быть определён для каждого $P_{\text{пр}}^{(i)}(t_0 + k)$, $i = \overline{1, N}$ (N – количество рассматриваемых видов тренда), при фиксированных i_j , M_j , $j = \overline{1, m}$:

$$R_i = \prod_{j=1}^m R(i_j, M_j, P_{\text{пр}}^{(i)}(t_0 + k)), \quad i = \overline{1, N}. \quad \text{В этом}$$

случае результат управляющего воздействия (прогноз показателей отраслевой занятости) может быть вычислен по формуле (14) из прогнозного вектора показателей рынка труда

$$\begin{aligned} N_{\text{пр}}(t_0 + k, t_0 + k + 1) &= \\ &= \sum_{i=1}^{2n+1} S_i A(t_0 + k) R_{\alpha(i)} P_{\text{пр}}^{(\alpha(i))}(t_0 + k). \end{aligned} \quad (21)$$

В общем случае на момент осуществления управляющего воздействия его эффект не является однозначно установленным. Каждый из L ожидаемых эффектов будем называть сценарием, тогда сценарий с номером l , $l = \overline{1, L}$, определяется ли-

нейными операторами $R_{l,i} = \prod_{j=1}^m R(i_{l,j}, M_{l,j},$

$P_{\text{пр}}^{(i)}(t_0 + k))$, $i = \overline{1, N}$, и соответствующим ему прогнозным вектором показателей рынка труда $N_{\text{пр}_l}(t_0 + k, t_0 + k + 1)$, вычисляемым по формуле (21). Тогда вектор $N_{\text{пр}}(t_0 + k, t_0 + k + 1)$ можно определить как средневзвешенное значений $N_{\text{пр}_l}(t_0 + k, t_0 + k + 1)$ с соответствующими им весами ω_l , $l = \overline{1, L}$. Вес ω_l может быть интерпретирован либо как вероятность сценария l , $l = \overline{1, L}$, либо как доля влияния соответствующего этому сценарию эффекта на результирующее влияние управляющего воздействия.

3.3. Влияние управляющих воздействий на прогноз отраслевой занятости в аграрном и промышленном секторах рынка труда РФ в 2022 г.

В качестве примера управляющего воздействия рассмотрим государственное инвестирование в аграрный и промышленный сектора РФ (посредством финансирования программ высшего образования, направленных на подготовку узкоспециализированных работников, и прямых бюджетных ассигнований, направленных на поддержание предприятий секторов) [32–34]. Эти сектора включены в первые пять отраслей в классификаторе ОКВЭД-2.

Определим для данного управляющего воздействия следующие пять сценариев, дифференцированных по отраслям рынка труда РФ, испытывающим эффект управления в течение 2022 г.: увеличение интенсивности потока межотраслевых ресурсов из состояния $S_2^{(0)}$ в состояние $S_1^{(j)}$ вдвое (увеличение числа трудоустроенных в отрасли j работников из числа безработных, не имевших занятости на рынке) и двукратное уменьшение интенсивности потока трудовых ресурсов из состояния $S_1^{(j)}$ в состояние $S_2^{(j)}$ (уменьшение числа ра-



ботников, покидающих отрасль j и не получающих трудоустройство в других отраслях), $l = \overline{1,5}$.

Результаты рассматриваемых управляющих воздействий – изменения прогнозов отраслевой занятости на конец 2022 г., полученных с помощью детализированной балансовой математической модели (см. п. 2.3), определим для каждого сценария по формуле (21), где $t_0 + k = 2021$, а $P_{\text{пр}}^{(1)}(2021)$, $P_{\text{пр}}^{(2)}(2021)$, $P_{\text{пр}}^{(3)}(2021)$ – прогнозные векторы, полученные соответственно на основе константного, линейного и нелинейного трендов. Линейные операторы $R_{l,i}$ вида (20), заданные для конкретного сценария l и вида тренда i , $l = \overline{1,5}$, $i = \overline{1,3}$, определяются следующим образом:

$$R_{l,i} = R\left(0, M_{l,1}, P_{\text{пр}}^{(i)}(2021)\right) \times \\ \times R\left(n+l, M_{l,2}, P_{\text{пр}}^{(i)}(2021)\right), l = \overline{1,5}, i = \overline{1,3},$$

где $M_{l,1} = \{(l, \tilde{k})\}$, $M_{l,2} = \{(n+2, 1/\tilde{k})\}$, $\tilde{k} = 2$, $n = 20$ – количество рассматриваемых отраслей рынка.

Для заданных операторов $R_{l,i}$, $i = \overline{1,3}$, вычислим $N_{\text{пр},l}(2021, 2022)$, $l = \overline{1,5}$; каждое из этих значений – вектор прогнозных показателей рынка труда за 2022 г., учитывающий эффект управления сценария l . Прогноз отраслевой занятости для каждого сценария l , вычисленный согласно формуле (14) по значениям $N_{\text{пр},l}(2021, 2022)$, $l = \overline{1,5}$, приведён в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что для сценария l прогнозируемое количество занятых значительно изменяется только в отрасли l , $l = \overline{1,5}$. Оценки весов среднего геометрического (результатирующего влияния управления; см. п. 3.2) полученных прогнозов отраслевой занятости в каждом из сценариев могут быть различными. В случае с аграрным сектором (включён в отрасль № 1) отмечается неоднозначность влияния государственных инвестиций на динамику отраслевой занятости [34]: увеличение числа привлекаемых высококвалифицированных специалистов в отрасль компенсируется снижением общего числа работников в связи с цифровой трансформацией и изменениями технологических укладов [35]. Те же процессы цифровой трансфор-

Таблица 3

Прогнозы отраслевой занятости для рынка труда РФ в конце 2022 г. (тыс. чел.), полученные на основе детализированной балансовой модели для различных сценариев (эффектов управления)

| № отрасли | Сценарий l | | | | |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 4 666,44 | 4 519,90 | 4 516,47 | 4 520,14 | 4 523,12 |
| 2 | 1 138,90 | 1 226,71 | 1 136,18 | 1 138,31 | 1 140,15 |
| 3 | 10 051,24 | 10 039,97 | 10 543,40 | 10 041,78 | 10 058,18 |
| 4 | 1 575,46 | 1 574,99 | 1 573,76 | 1 672,87 | 1 577,56 |
| 5 | 693,63 | 694,14 | 693,00 | 694,16 | 733,93 |
| 6 | 6 516,41 | 6 512,62 | 6 508,91 | 6 513,49 | 6 519,01 |
| 7 | 13 161,80 | 13 148,77 | 13 143,83 | 13 151,78 | 13 166,03 |
| 8 | 5 780,17 | 5 773,82 | 5 766,45 | 5 774,85 | 5 783,99 |
| 9 | 1 832,88 | 1 832,56 | 1 830,03 | 1 832,64 | 1 834,44 |
| 10 | 1 615,62 | 1 615,19 | 1 611,62 | 1 615,11 | 1 617,03 |
| 11 | 1 246,00 | 1 245,13 | 1 241,79 | 1 245,16 | 1 247,40 |
| 12 | 1 863,43 | 1 862,64 | 1 860,15 | 1 862,82 | 1 865,01 |
| 13 | 1 936,15 | 1 935,61 | 1 933,06 | 1 935,74 | 1 937,75 |
| 14 | 755,91 | 756,33 | 755,13 | 756,41 | 757,25 |
| 15 | 2 081,83 | 2 081,23 | 2 079,79 | 2 081,84 | 2 084,33 |
| 16 | 3 647,07 | 3 644,00 | 3 643,66 | 3 645,53 | 3 650,08 |
| 17 | 5 287,04 | 5 279,88 | 5 271,08 | 5 281,02 | 5 291,53 |
| 18 | 4 440,84 | 4 434,70 | 4 426,83 | 4 435,66 | 4 444,80 |
| 19 | 1 136,00 | 1 135,70 | 1 133,69 | 1 135,77 | 1 137,25 |
| 20 | 1 559,94 | 1 560,62 | 1 557,57 | 1 560,33 | 1 560,97 |
| Σ | 70 986,76 | 70 874,49 | 71 226,40 | 70 895,40 | 70 929,81 |

магии могут способствовать более равномерному развитию отраслей промышленного сектора [36]. Если в соответствии с приведёнными исследованиями в рамках тестового расчёта первый сценарий рассматривать как невозможный, а веса остальных сценариев принять равными друг другу, то на основе анализа результирующего прогнозируемого влияния рассматриваемого управляющего воздействия можно получить следующие выводы: по сравнению с приведённым прогнозом отраслевой занятости (см. п. 2.3) ожидается:

- значительное увеличение числа занятых работников в отрасли № 2 (на 18,5 тыс. чел.), отрасли № 3 (на 163 тыс. чел. – до уровня 2017 года), отрасли № 4 (на 28 тыс. чел. – до уровня 2019 года), отрасли № 8 (на 19 тыс. чел. – изменяются в том числе прогнозы занятости в отраслях, отличных от тех, прямое воздействие на которые исследовалось в рассматриваемых сценариях) и отрасли № 17 (на 21,5 тыс. чел.);

- уменьшение числа занятых в отрасли № 1 (на 6 тыс. чел.), отрасли № 6 (на 10 тыс. чел.), отрасли № 7 (на 24 тыс. чел.) и отрасли № 12 (на 4,5 тыс. чел.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании приведён и апробирован подход к учёту управляющих воздействий на рынок труда при прогнозировании отраслевых показателей занятости. Эффективность подхода обусловлена надёжностью его составляющих: балансовой математической модели динамики отраслевой структуры рынка и схемы прогнозирования показателей рынка труда, основанной на данной модели.

Показано, что для рынка труда Российской Федерации 2011–2016 гг. в случае независимых друг от друга тенденций показателей межотраслевых перемещений качество прогноза динамики показателей отраслевой занятости лучше по сравнению со случаем, когда виды трендов показателей межотраслевых перемещений, детализирующих один и тот же показатель рынка труда, считаются одинаковыми (общие внутриотраслевые тенденции). Тем не менее, общие внутриотраслевые тенденции могут использоваться в схеме прогнозирования показателей рынка труда для проверки гипотезы об одинаковом виде трендовых линий у группы факторов, сегментирующих конкретный показатель рынка.

Также на рассматриваемом примере схема прогнозирования, основанная на общих внутриотраслевых трендах, показала такую же надёжность, как

подход к прогнозированию непосредственно по показателям рынка труда; при этом для ряда наблюдений (2011 и 2016 г.) предлагаемая схема обеспечивает существенно большую надёжность прогноза. Следовательно, существует группа случаев, когда применение рассмотренного в данной статье подхода к прогнозированию является предпочтительным. Формализация этой группы случаев и оценка того, насколько в данной группе эффективна предложенная схема прогнозирования – цель дальнейших исследований.

Основанный на представленной схеме прогнозирования подход к определению результатов управляющих воздействий на динамику отраслевой структуры рынка труда апробирован для случая, когда эффектом управления является ожидаемое изменение показателей межотраслевых перемещений. На примере рынка труда РФ 2017–2022 гг. показано, как заданные управляющие воздействия на аграрный и промышленный сектора влияют на общий прогноз отраслевой занятости в конце 2022 г.

Таким образом, рассмотренная в работе схема прогнозирования на основе балансовой математической модели и подход к учёту управляющих воздействий, ожидаемое влияние которых на межотраслевую мобильность трудовых ресурсов в течение периода упреждения прогноза известно, образуют методику прогнозирования результатов принятия управленческих решений на динамику отраслевой структуры рынка труда, которая может быть применена для предварительной оценки эффективности и рисков управления. Также применение данной методики может быть обобщено для произвольных многоотраслевых экономических систем, регулирующие действия над которыми могут быть представлены в виде изменений интенсивностей межотраслевых потоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева О.Д., Топилин А.В. Балансовый метод управления занятостью населения в плановой и рыночной экономике России // Научные труды: ИНП РАН. – 2016. – Т. 14. – С. 461–474. [Vorobieva, O.D., Topilin, A.V. Managing employment in Russia's planned and market economies: balance method with employment of the population in Russia's planned and market economies // Nauchnye trudy: INP RAN. – 2016. – Vol. 14. – P. 461–474. (In Russian)]
2. Вахтерова Е.О., Гоман И.В. Государственное регулирование рынка труда // Вестник Самарского государственного университета. Сер.: Экономика и управление. – 2014. – № 8 (119). – С. 168–171. [Vakhterova, E.O., Goman, I.V. State regulation of labor market // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie. – 2014. – No. 8 (119). – P. 168–171. (In Russian)]



3. Панкратьев А.А. Модель сбалансирования рынка труда как инструмент смягчения дефицита кадров на производстве // Организатор производства. – 2019. – Т. 27, № 4. – С. 7–18. [Pankratiev, A.A. Model balancing the labour market as a tool to mitigate the labour shortage in the manufacturing // Organizer of production. – 2019. – Vol. 27, no. 4. – P. 7–18. (In Russian)]
4. Токарский Б.Л., Нефедьева Е.И., Змановский И.С. Занятость трудовой деятельностью и ее прогноз как фактор формирования качества жизни населения // Известия Иркутской государственной экономической академии: электронный научный журнал. – 2010. – № 6. – С. 1–8. [Tokarskiy, B.L., Nefediyeva, E.I., Zmanovskiy, I.S. Employment and its forecast as factor of forming population's life quality // Izvestiya of Irkutsk State Economics Academy. – 2010. – No. 6. – P. 1–8. (In Russian)]
5. Нефедова Т.Г., Мкртчян Н.В. Региональные различия размещения и прогноза трудовых ресурсов сельского хозяйства России // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 1 (166). – С. 85–98. [Nefedova, T.G., Mkrtyan, N.V. regional differences of placing and forecasting labor resources of Russian agriculture // Studies on Russian Economic Development. – 2018. – Vol. 29, no. 1. – P. 62–71.]
6. Питухин Е.А., Мороз Д.М., Астафьева М.П. Прогнозирование кадровых потребностей региональной экономики в разрезе профессий // Экономика и управление. – 2015. – Т. 7, № 117. – С. 41–49. [Pitukhin, E.A., Moroz, D.M., Astafeva, M.P. Forecast of personnel needs by occupation for the regional economy // Economics and Management. – 2015. – Vol. 7, no. 117. – P. 41–49. (In Russian)]
7. Позубенкова Э.И., Кузнецова Е.В. Прогнозная модель управленческого кадрового состава сельского хозяйства Пензенской области // Нива Поволжья. – 2008. – Т. 1, № 6. – С. 82–85. [Pozubenkova, E.I., Kuznetsova, E.V. Prognostnaya model' upravlencheskogo kadrovogo sostava sel'skogo hozyajstva Penzenskoj oblasti // Niva Povolzh'ya. – 2008. – Vol. 1, no. 6. – P. 82–85. (In Russian)]
8. Cahuc, P., Malherbet, F., Prat, J. The detrimental effect of job protection on employment: evidence from France. IZA Discussion paper no. 12 384. – Bonn: IZA – Institute of Labor Economics, 2019. – 51 p.
9. Ernst, E., Merola, R., Reljic, J. Labour market policies for inclusiveness: A literature review with a gap analysis. ILO Working Paper no. 78. – Geneva: International Labour Organization, 2022. – 64 p.
10. Стрижов Е.В. Государственное регулирование структурных сдвигов в экономике // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. – 2011. – № 2 (40). – С. 26–28. [Strizhov, E.V. State regulation of structural shifts in economy // Scientific notes of Orel state university. – 2011. – No. 2 (40). – P. 26–28. (In Russian)]
11. Коровкин А.Г., Долгова И.Н., Королев И.Б. и др. Занятость и рынок труда в России: проблемы и ограничения // Проблемы прогнозирования. – 2005. – № 5. – С. 119–142. [Korovkin, A.G., Dolgova, I.N., Korolev, I.B., et al. Employment and the labor market in russia: problems and limitations // Studies on Russian Economic Development. – 2005. – Vol. 16, No. 5. – P. 510–524.]
12. Субанаква Т.О., Бюраева Ю.Г. Прогнозирование кадровых потребностей как метод достижения сбалансированности рынка труда и системы образования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2018. – № 3. – С. 36–55. [Subanakova, T.O., Byuraeva, Yu.G. Forecasting recruitment needs as a method of achieving a balance of the labour market and the education system // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Social'no-ekonomicheskie nauki. – 2018. – No. 3. – P. 36–55. (In Russian)]
13. Рудь М.А., Рудь Е.М., Кубасова И.В. Государственное регулирование рынка труда в России // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2007. – № 1 (15). – С. 170–173. [Rud', M.A., Rud', E.M., Kubasova, I.V. Gosudarstvennoe regulirovanie rynka truda v Rossii // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-ekonomicheskogo universiteta. – 2007. – No. 1(15). – P. 170–173. (In Russian)]
14. Рахимова С.А. Структурные сдвиги в экономике, основанные на инновационном процессе // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2016. – № 3 (35). – С. 41–52. [Rakhimova, S.A. Structural shifts in economy through formation and development of high-tech types of production based on the innovation process // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika. – 2016. – No. 3 (35). – P. 41–52. (In Russian)]
15. Змановский И.С. Прогнозирование на различных уровнях регулирования рынка труда // Известия Иркутской государственной экономической академии: электронный научный журнал. – 2011. – № 4. – С. 1–6. [Zmanovskiy, I.S. Forecasting at various levels of labor market regulation // Izvestiya of Irkutsk State Economics Academy. – 2011. – No. 4. – P. 1–6. (In Russian)]
16. Стукен Т.Ю., Лапина Т.А., Коржова О.С. Методы и инструменты оценки эффективности активной политики занятости в регионах // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2021. – Т. 19, № 1. – С. 120–130. [Stuken, T.Yu., Lapina, T.A., Korzhova, O.S. Methods and tools for assessing the effectiveness of regional active labor market policy // Herald of Omsk University. Series «Economics». – 2021. – Vol. 19, no. 1. – P. 120–130. (In Russian)]
17. Голованова Л.А. Методический подход к регулированию регионального рынка труда // Вестник ТОГУ. – 2020. – № 2 (57). – С. 47–56. [Golovanova, L.A. Methodical approach to regulation of the regional labor market // Bulletin of PNU. – 2020. – No. 2 (57). – P. 47–56. (In Russian)]
18. Кочетков В.В., Ратушняк Е.С. Показатели оценки эффективности управления // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – № 3(97). – С. 1–20. [Kochetkov, V.V., Ratushnyak, E.S. Pokazateli ocenki effektivnosti upravleniya // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyj nauchnyj zhurnal. – 2017. – No. 3(97). – P. 1–20. (In Russian)]
19. Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование. – М.: Наука, 1984. – 392 с. [Lotov, A.V. Introduction to economic and mathematical modeling. – Moscow: Nauka, 1984. – 392 s. (In Russian)]
20. Armstrong, J.S. Forecasting for marketing / In: Quantitative methods in marketing. Second Edition. Ed. by G.J. Hooley and M.K. Hussey. – London: International Thompson Business Press, 1999. – P. 92–119.
21. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: учебное пособие для вузов / под ред. Т.Г. Морозовой, А.В. Пиккулькина. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 279 с.

- [*Prognozirovanie i planirovanie v usloviyah rynka: uchebnoe posobie dlya vuzov / pod red. T.G. Morozovoj, A.V. Pikul'kina.* – М.: YUNITI-DANA, 2003. – 279 s. (In Russian)]
22. *Forrester, J.W.* Counterintuitive behavior of social systems // *Theory and Decision.* – 1971. – Vol. 2. – P. 109–140.
23. *Taleb, N.N.* The black swan. The impact of highly improbable. – London: Penguin Books, 2010. – 446 p.
24. *Кузьмин В.В., Кузнецов С.Г., Кулагина Н.М., Попов А.Д.* Проблемы прогнозирования параметров занятости и рынка труда // *Научные труды: ИНП РАН.* – 2010. – Т. 8. – С. 703–726. [*Kuzmin, V.V., Kuznetsov, S.G., Kulagina, N.M., Popov, A.D.* Parameters of employment and labor market: problems of forecasting // *Nauchnye trudy: INP RAN.* – 2010. – Vol. 8. – P. 703–726. (In Russian)]
25. *Невечеря А.П.* Задача прогнозирования динамики трудовых ресурсов // *Материалы II международной конференции «Наука. Новое поколение. Успех».* – Краснодар, 2021. – С. 24–26. [*Nevecherya, A.P.* Labor resources dynamics forecasting problem // *Materialy II mezhdunarodnoj konferencii «Наука. Новое поколение. Успех».* – Krasnodar, 2021. – P. 24–26. (In Russian)]
26. *Дроботенко М.И., Невечеря А.П.* Прогнозирование отраслевой структуры занятости населения // *Экономика и математические методы.* – 2023. – Т. 59, № 1. – С. 22–29. [*Drobotenko, M.I., Nevecherya, A.P.* Forecasting the sectoral structure of population employment // *Economics and mathematical methods.* – 2023. – Vol. 59, no. 1. – P. 22–29. (In Russian)]
27. *Дроботенко М.И., Невечеря А.П.* Прогнозирование динамики трудовых ресурсов на многоотраслевом рынке труда // *Компьютерные исследования и моделирование.* – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 235–250. [*Drobotenko, M.I., Nevecherya, A.P.* Forecasting the labor force dynamics in a multisectoral labor market // *Computer Research and Modeling.* – 2021. – Vol. 13, no. 1. – P. 235–250. (In Russian)]
28. *Невечеря А.П.* Исследование динамики трудовых ресурсов на основе многоотраслевой математической модели рынка труда // *Экономика и математические методы.* – 2016. – Т. 52, № 2. – С. 129–140. [*Nevecherya, A.P.* Analysis of labor force dynamics in intersectoral mathematical model of the labor market // *Economics and mathematical methods.* – 2016. – Vol. 52, no. 2. – P. 129–140. (In Russian)]
29. *Российский статистический ежегодник. 2022: статистический сборник / под ред. С.С. Галкина, С.Н. Бобылева, Е.А. Бурлаковой и др.* – М.: Росстат, 2022 – 691 с. [*Russian statistical yearbook. 2022: statistical handbook / pod red. S.S. Galkina, S.N. Bobyleva, E.A. Burlakovoj, et al.* – Moscow: Rosstat, 2022. – 691 s. (In Russian)]
30. *Anahita, S.* Workforce forecasting models: a systematic review // *Journal of forecasting.* – 2018. – Vol. 37, no. 7. – P. 739–753.
31. *Forecasting: principles and practice. 3rd ed. Ed. by R. Hyndman, G. Athanasopoulos.* – Melbourne: OTexts, 2021. – 292 p.
32. *Зверева Г.П., Яковлев Н.А.* Оценка инвестиций в формировании трудового потенциала для аграрного сектора экономики // *Инновации и инвестиции.* – 2019. – № 12. – С. 306–309. [*Zvereva, G.P., Yakovlev, N.A.* Assessment of investments in the formation of labor potential for the agricultural sector of the economy // *Innovation & Investment.* – 2019. – No. 12. – P. 306–309. (In Russian)]
33. *Ибяттов Ф.М., Мачульский М.А.* Реализация государственной политики в сфере субсидирования промышленных предприятий // *Вестник университета.* – 2020. – № 4. – С. 63–69. [*Ibyatov, F.M., Machul'skii, M.A.* Implementation of state policy in the field of subsidizing industrial enterprises // *Vestnik Universiteta.* – 2020. – No. 4. – P. 63–69. (In Russian)]
34. *Никулина Ю.Н.* Влияние аграрных субсидий на сельскую занятость // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий.* – 2020. – № 4. – С. 53–62. [*Nikulina, Yu.N.* Influence of agricultural subsidies on rural employment // *Economy of agricultural and processing enterprises.* – 2020. – No. 4. – P. 53–62. (In Russian)]
35. *Шагайда Н.И., Узун В.Я.* Тенденции развития и основные вызовы аграрного сектора России: аналитический доклад. – М.: Центр стратегических разработок, 2017. – 90 с. [*Shagaida, N., Uzun, V.* Development tendencies and challenges of Russian agriculture. – Moscow: Center for Strategic Research, 2017. – 90 p. (In Russian)]
36. *Astafyeva, O.E., Moiseenko, N.A., Kozlovsky, A.V.* Digitalization of the construction industry as a condition for sustainable development // *Proceedings of the International Scientific Conference «Smart nations: global trends in the digital economy».* – Moscow, 2022. – P. 379–385.

Статья представлена к публикации членом редколлегии
С.В. Ратнер.

Поступила в редакцию 28.08.2023,
после доработки 25.11.2023.
Принята к публикации 18.12.2023.

Невечеря Артём Павлович – преподаватель, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар,
✉ artiom1989@mail.ru,
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6736-4691>

Попова Елена Витальевна – д-р экон. наук, канд. физ.-мат. наук, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар,
✉ elena-popov@yandex.ru,
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8533-6897>

© 2024 г. Невечеря А. П., Попова Е. В.



Эта статья доступна по [лицензии Creative Commons «Attribution» \(«Атрибуция»\) 4.0 Всемирная.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



FORECASTING THE IMPACT OF CONTROL ACTIONS ON THE SECTORAL STRUCTURE DYNAMICS OF A LABOR MARKET BASED ON THE BALANCE MATHEMATICAL MODEL

A. P. Nevecherya* and E. V. Popova**

*Kuban State University, Krasnodar, Russia

**Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

*✉ artiom1989@mail.ru, **✉ elena-popov@yandex.ru

Abstract. This paper proposes an approach to considering control actions on the sectoral structure dynamics of a labor market when forecasting sectoral employment indicators. The forecasting scheme is based on the balance mathematical model of inter-sectoral labor resource movements. In the forecasting scheme considered previously, the trends of indicators characterizing inter-sectoral labor force mobility were determined independently of each other. In what follows, this forecasting scheme is modified by introducing a grouping method for the indicators of inter-sectoral labor resource movements and a criterion for determining the general trend of indicators within each group. The modified forecasting scheme is applied to calculate sectoral employment forecasts for the labor market of the Russian Federation in 2011–2016, and the forecasts are compared with the previous results. The expected employment rate is forecasted for the end of 2022 using sectoral employment and unemployment data for 2017–2021 according to the second edition of the All-Russian Classifier of Types of Economic Activity (OKVED). A method for determining the result of control actions is presented on an example of the Russian Federation labor market in 2017–2022: changes in the sectoral employment forecasts are demonstrated in the case of considering control actions on the agricultural and industrial sectors of the market.

Keywords: the sectoral structure of a labor market, balance mathematical model, inter-sectoral labor resource movements, control actions, the effect of control actions, employment forecasting, labor market.