

СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ КАДРОВОГО СОСТАВА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Д. Л. Горбунов, С. А. Федосеев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия
E-mail: call-of-monolit@yandex.ru, fsa@gelicon.biz

Моделирование рынка труда – один из наиболее актуальных вопросов современной экономической науки. На сегодняшний день не существует теоретически обоснованной, простой и одновременно универсальной модели, описывающей поведение элементов системы рынка труда. Предлагается новая, теоретически обоснованная имитационная модель промышленного предприятия. Согласно принятым гипотезам, все трудоустроенные субъекты делятся на три квалификационных категории, в зависимости от востребованности у работодателя. Имитационная модель, составленная на платформе прикладного программного обеспечения AnyLogic, позволяет отследить динамику изменения численности трудоустроенных и безработных субъектов каждой из квалификационных категорий во времени, а также спрогнозировать устойчивые значения в зависимости от входных данных.

SYSTEM-DYNAMIC MODEL FOR FORECASTING THE QUALIFICATIONS OF THE STAFF OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

D. L. Gorbunov, S. A. Fedoseev

Labor market modeling is one of the most urgent issues of modern economics. So far, there is no theoretically justified, simple and at the same time versatile model, describing how the elements of the labor market system behave. The paper provides a new, theoretically justified simulation model of an industrial enterprise. According to the accepted hypotheses; all employed subjects are divided into three qualification categories depending on the employer's demand for them. The simulation model based on the AnyLogic application software platform tracks the time behavior of changes in the number of employed and unemployed subjects of each of the qualification categories and forecasts stable values depending on the input data.

Введение.

В цивилизованных странах конъюнктура рынка труда является одним из важнейших вопросов. Невозможно переоценить роль трудоспособного населения в экономике: труд, как один из главных факторов производства, есть её «фундамент», основа. Важнейшим элементом экономики является рынок. Как система экономических отношений между людьми, рынок включает в себя все процессы производства, распределения, обмена и потребления материальных благ. Продукты, поступающие на рынок и выступающие в качестве товаров, создаются исключительно трудом. Участником этого процесса является трудоустроенное население, которому, в свою очередь, можно противопоставить безработных. Таким образом, данная проблема имеет самое непосредственное отношение к важнейшим экономическим процессам, а потому никогда не теряла

своей актуальности [1, 2].

1. Математическая модель.

В [2, 3] представлена математическая модель конъюнктуры рынка труда предприятия, состоящего из конечного числа подразделений. Согласно предложенной в [2] концепции, субъекты рынка труда делятся на три квалификационных категории: специалисты высокой категории, в которых работодатель заинтересован в первую очередь; специалисты средней категории, потенциально имеющие возможность получить высокую категорию в данной области, но без гарантии реализации этой возможности; специалисты низкой категории, в которых работодатель не заинтересован.

Предлагаемое в [3] обобщение одномерной модели из имеет вид 3q-мерной системы дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\alpha}_j(t) = \frac{A - M \sum_{i=1}^q \alpha_i(t)}{N} (\gamma_q(t) + k_q \beta_q(t)); \\ \dot{\beta}_j(t) = \frac{B - M \sum_{i=1}^q \beta_i(t)}{N} (\gamma_q(t) + k_q \beta_q(t)) - k_q \beta_q(t); \\ \dot{\gamma}_j(t) = \frac{G - M \sum_{i=1}^q \gamma_i(t)}{N} (\gamma_q(t) + k_q \beta_q(t)) - \gamma_q(t). \end{array} \right. \quad (1)$$

Здесь $j = \overline{1, q}$, A - общее число специалистов высокой категории на рынке труда, B - общее число специалистов средней категории на рынке труда, G - общее число специалистов низкой категории на рынке труда, M - общее число рабочих мест, занятых на предприятии, N - общее число безработных на рынке труда, q - количество подразделений предприятия; k_i - коэффициент подготовки кадров [3]. Далее $\alpha_i(t)$ - доля специалистов высокой категории i -го подразделения среди всех трудоустроенных субъектов рынка труда; $\beta_i(t)$ - доля специалистов средней категории i -го подразделения среди всех трудоустроенных субъектов рынка труда; $\gamma_i(t)$ - доля специалистов низкой категории i -го подразделения среди всех трудоустроенных субъектов рынка труда. Отметим, что $\alpha_i(t)$, $\beta_i(t)$, $\gamma_i(t)$ - неизвестные функции, тогда как A , B , G , M , N , q , k_i - целые положительные константы, причём $k_i \in (0; 1)$. По определению функций $\alpha_i(t)$, $\beta_i(t)$, $\gamma_i(t)$ имеем:

$$\sum_{i=1}^q \alpha_i(t) + \sum_{i=1}^q \beta_i(t) + \sum_{i=1}^q \gamma_i(t) \equiv 1.$$

Приняв $k_1 = k_2 = \dots = \hat{k}$, введя дополнительные обозначения $M/N = m$,

$B/N = b$, $G/N = g$ $\sigma_x = \sum_{i=1}^q x_i$, $\sigma_y = \sum_{i=1}^q y_i$, $m\beta_i = x_i$, $m\gamma_i = y_i$. и выполнив определённые замены переменных, получим [1,2,3]:

$$\dot{z}_p = \hat{k}(\sigma_y - g)z_p^2 + (1 + \hat{k}b - \hat{k} - g - \hat{k}\sigma_x + \sigma_y)z_p + b - \sigma_x \quad (2)$$

Имеем уравнение Риккати, которое, как известно, не решается в общем виде [4, 5]. Однако в [3] показано, что уравнение (4) имеет частное решение, откуда очевидно, что система (3) интегрируется в квадратурах.

Согласно [3], точное аналитическое решение системы (3) имеет вид:

- если $x_p(0) = y_p(0) = 0$, то $x_p(t) = y_p(t) \equiv 0$;
- иначе

$$y_p(t) = y_p(0)e^{\int_0^t ((g - \sigma_y)(1 + \hat{k}z_p) - 1) ds}, \quad x_p(t) = z_p y_p(0)e^{\int_0^t ((g - \sigma_y)(1 + \hat{k}z_p) - 1) ds}.$$

Также в [3] описан алгоритм нахождения точек равновесия системы (4).

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y_p(t) = \frac{y_p(0)}{\sigma_y(0)} \left(1 + \frac{I}{\xi_p(0)}\right) \sigma_{y_2}^*, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} x_p(t) = \frac{y_p(0)}{\sigma_y(0)} \left(1 + \frac{I}{\xi_p(0)}\right) \sigma_{x_2}^*,$$

где z_p, ξ_p - известные функции, алгоритм вывода которых описан в [3].

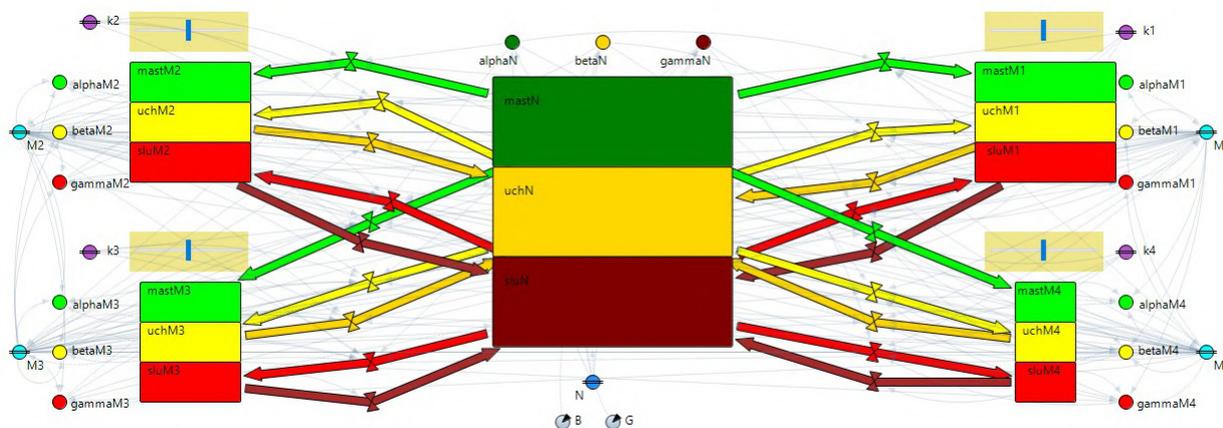
2. Имитационная модель.

По алгоритмам вышеприведённых выкладок с помощью прикладного ПО AnyLogic создана системно-динамическая модель, позволяющая спрогнозировать изменения на рынке труда предприятия, состоящего из четырёх подразделений (см. рисунок). Модель показывает кадровый квалификационный состав внутри каждого подразделения в каждый момент времени, а также позволяет перейти к пределу и вывести на экран устойчивые значения для всех квалификационных категорий внутри каждого подразделения.

В качестве входных данных для модели берутся параметры, принятые за константы на этапе математической постановки. Алгоритм обработки данных соответствует (1).

Три крупных массива по центру – это безработные субъекты, соответственно, высшей, средней и низкой квалификационных категорий. Массивы по углам – субъекты, соответственно, высшей, средней и низкой квалификационных категорий, трудоустроенная на подразделениях предприятия. Чем больше площадь массива, тем больше рабочих мест в подразделении. Массивы соеди-

нены друг с другом каналами, по которым перемещаются субъекты. Сверху над каждым подразделением предприятия – бегунок, позволяющий регулировать значение коэффициента селекции. Кружки рядом с массивами – доли субъектов каждой из квалификационных категорий. Они и являются искомым параметром, хотя модель выводит не только доли, но и натуральные значения. Остальные параметры являются заданными константами.



Структурные взаимосвязи модели

При запуске модель будет выводить доли и значения количества трудоустроенных и безработных субъектов каждой из квалификационных категорий на каждом временном шагу. Есть возможность перейти к пределу и увидеть устойчивые значения всех искомым параметров.

Заключение.

В настоящей работе предлагается новая математическая модель конъюнктуры рынка труда, описание которой проводится с помощью системы дифференциальных уравнений. Модель проста для понимания и представления, но при этом содержательна, поскольку проведенный в работе полный математический анализ системы позволил выявить интересные качественные и количественные характеристики, определяющие динамику рынка труда.

Предлагаемая математическая модель с помощью прикладного программного обеспечения AnyLogic может получить имитационное воплощение, позволяющее спрогнозировать изменения конъюнктуры рынка труда предприятия и её устойчивые значения при различных входных данных, не противоречащих её содержательному смыслу.

Модель пригодна для применения в отделах кадров предприятий. В зависимости от входных данных об уровне квалификации кадрового состава предприятия модель на выходе даст прогноз дальнейшей динамики уровня квалификации кадрового состава предприятия. Отсюда специалист по кадрам может сделать вывод о перспективах предприятия и об изменениях, которые необходимо внести на данном этапе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рынок труда, занятость населения, экономика ресурсов для труда / Под ред. А.И. Рофе. М. «МИК», 2007. 159 с.
2. *Gorbunov D. L.* Modeling of a closed mono-branch labor market conditions // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm. University Herald. Economy. 2018. Т. 13. № 3. С. 357- 371.
3. *Горбунов Д. Л., Федосеев С. А.* Модель управления конъюнктурой рынка труда предприятия в виде интегрируемой в квадратурах системы нелинейных дифференциальных уравнений // Прикладная математика и вопросы управления. 2019. № 4. С. 90-101.
4. *Беллман Р.* Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений. М. : Едиториал. УРСС, 2003. 395 с.
5. *Демидович Б. П.* Лекции по математической теории устойчивости. М. : Изд-во МГУ, 1998. 480 с.