

В. А. Курятков  
К. О. Коношевская

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЫНКА ТРУДА РЕГИОНА МЕТОДАМИ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ<sup>1</sup>

*В статье рассмотрены основные подходы к моделированию состояния и движения кадров на рынке труда, проанализированы возможности и недостатки существующих аналогов, приведено описание рынка труда в виде динамической системы потоков и накопителей, представлено математическое описание центрального блока модели прогнозирования рынка труда, обосновано использование различных типов статистических данных, определены условия функционирования модели.*

*Ключевые слова и словосочетания:* рынок труда, экономико-математические методы прогнозирования, системная динамика, математическая модель, экономически активное население, потоки движения населения.

В связи с актуализацией проблемы дефицита трудовых ресурсов, а также несогласованностью потребностей экономики в кадрах и структуры выпуска специалистов из образовательных учреждений в настоящее время разработаны как российские, так и зарубежные методики исследования рынка труда и прогнозирования его развития. Существующие методики основаны на различных методах моделирования и представляют собой сложные системы, построенные с помощью комбинации нескольких подходов.

#### **Методы прогнозирования**

Для прогнозирования социально-экономических процессов, в том числе процессов, происходящих на рынке труда, используются давно апробированные и зарекомендовавшие себя методы прогнозирования, в том числе применяемые в зарубежных аналогах:

- статистические;
- экономико-математические;
- эвристические.

Статистические методы включают в себя методы регрессионного и корреляционного анализа, методы экстраполяции и интерполяции сложившихся и выявленных тенденций. Экономико-математические методы представляют собой разработку многофакторных динамических моделей с использованием методов имитационного моделирования, из которых сформировались и наиболее широко применяются три основных подхода: дискретно-событийное

---

<sup>1</sup> Статья подготовлена по результатам проекта, реализуемого при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Постановление Правительства от 9 апреля 2010 г. № 218) в рамках договора № 13.G25.31.0065.

моделирование, системная динамика и агентное моделирование. Среди эвристических методов прогнозирования стоит выделить методы экспертных оценок и методы сценарного анализа.

Для создания модели такой сложной и неоднозначной в своем поведении системы, как рынок труда, применение привычных, пусть и давно апробированных методов экстраполяции и регрессионного анализа является недопустимым упрощением и априорным снижением качества полученной модели. Балансовые методы могут быть использованы для корректировки параметров и ограничений в модели, а также для верификации основных тождеств, учитываемых в модели. Однако их использование не может быть основой для построения модели рынка труда по той же причине, что и использование статистических методов, так как они опираются на сложившиеся тенденции. Среди всех существующих методов экономико-математического моделирования сложных социально-экономических систем оптимальным с точки зрения точности модели, ее приближения к оригиналу и адекватности полученных прогнозных значений является динамическое (имитационное) моделирование. Причем в случае моделирования рынка труда необходимо использовать как принципы системной динамики, так и некоторые подходы агентного моделирования, что позволит воссоздать картину процессов, происходящих на рынках труда, все основные взаимосвязи между принципиальными объектами, а также учесть поведение отдельных элементов рынка труда.

### Существующие аналоги

Приведем перечень нескольких наиболее известных (на российском рынке) и проверенных методик моделирования и прогнозирования состояния рынка труда:

1. ИАС «Мониторинг, анализ и прогнозирование динамики системы образования и рынка труда» Центра бюджетного мониторинга при Петрозаводском государственном университете<sup>1</sup>. Методика данной модели позволяет определять прогнозы потребностей экономики в квалифицированных кадрах по уровням образования и укрупненным группам специальностей.

2. Модель QUMMIR (QUarter Macroeconomic Model of Interactions for Russia) – квартальная макроэкономическая эконометрическая модель, описывающая взаимодействия основных макропеременных экономики РФ<sup>2</sup>. Модель предназначена для проведения сценарных прогнозных расчетов на краткосрочную и среднесрочную (до 5 лет) перспективу.

3. Методика Агентства трудовой статистики (Bureau of Labor Statistics) – осуществляет прогноз состояния рынка рабочей силы. Ее основная идея – количество и состав рабочей силы зависят от предположений о будущей численности населения, его составе, а также от тенденций изменения коэффициента участия в трудовой деятельности различных групп населения.

---

<sup>1</sup> URL: <http://openbudgetrf.ru/main/>

<sup>2</sup> См.: Миронова Е. С. Анализ и прогнозирование занятости в Российской Федерации по видам экономической деятельности // Проблемы прогнозирования. – 2010. – № 6; Широков А. А. Опыт моделирования платежного баланса в рамках квартальной макроэкономической модели // Научные труды ИПП РАН. – М., 2006.

4. Методика лаборатории прогнозирования трудовых ресурсов Института народнохозяйственного прогнозирования РАН – представляет собой комплексную систему оценки состояния и перспектив развития рынка труда на основе анализа существующих тенденций движения трудовых ресурсов и определения возможных сценариев развития ситуации на рынке труда<sup>1</sup>.

Представленные модели и методики прогнозирования используются относительно длительный период времени, предоставляя прогнозные оценки высокой точности. Тем не менее данные системы имеют ряд недостатков.

Модель ИАС наиболее сложная из всех разобранных методик. В ее основу положены математические методы моделирования, а также применяются методы экспертного оценивания и сценарного анализа. Разработанная методика позволяет смоделировать динамику всей системы и основных ее элементов, но упускает изменения в поведении более мелких объектов (групп человеческих ресурсов), которые можно отследить только с помощью элементов агентного моделирования. В отличие от разработанной модели состояния и движения рынка труда модель ИАС учитывает значительно меньшее число групп человеческих ресурсов на рынке труда и меньшее число переменных и факторов.

Модель QUMMIR представляет собой систему регрессионных уравнений, что априори говорит о недостоверности долгосрочных прогнозов и отсутствии возможности прогнозировать случайные и нестандартные ситуации на рынке труда. Данный факт частично компенсируется дополнительной корректировкой полученных прогнозных значений путем экспертных опросов. В модели QUMMIR представлено еще меньшее число групп человеческих ресурсов на рынке труда, меньшее число переменных и связей между ними.

Методика американского Агентства трудовой статистики и методика лаборатории прогнозирования трудовых ресурсов Института народнохозяйственного прогнозирования РАН используют методы сценарного анализа, комбинированные с опросом экспертов и результатами экстраполяции тенденций изменения значений некоторых основных показателей. Реализация методик требует больших трудозатрат в части анализа показателей, создания и отбора различных сценариев, проведения экспертных опросов, корректировки полученных прогнозных значений показателей и ежегодной корректировки индикаторов состояния рынка труда. Данные методики требуют сбора и анализа значительного объема статистических данных, существенная часть которых недоступна в России.

Исследование существующих методик прогнозирования состояния и движения на рынке труда позволяет сделать вывод, что все существующие методики либо используют неэффективные с точки зрения результативности и трудозатрат подходы, либо требуют значительного объема исходных статистических данных, либо, даже если в основе модели лежит мощный математический инструмент, недостаточно детально описывают процессы, происходя-

---

<sup>1</sup> См.: Коровкин А. Г., Полежаев А. В., Андрюнин А. В. Структурные изменения и взаимодействия региональных рынков труда: методы и анализ // Проблемы прогнозирования. – 2002. – № 4.

щие на рынке труда, и неспособны прогнозировать нестационарное развитие рынка труда.

### **Математическая модель**

Задача прогнозирования рынка труда требует построения математической модели, увязывающей некоторый набор социально-экономических, демографических показателей, показателей рынка труда и системы образования в единую систему, внутри которой осуществляется их комплексное взаимодействие и прогнозирование. Такая система включает в себя многочисленные функциональные связи (в том числе обратные), сила и характер которых могут изменяться во времени в зависимости от текущей структуры системы. Наиболее удобным методом математического моделирования подобных социально-экономических систем является системная динамика. Рынок труда представляется в виде множества элементов-«емкостей» и связующих потоков с некоторыми динамическими интенсивностями. Трудовые ресурсы выступают в данной системе своеобразным веществом, перетекающим от элемента к элементу. Взаимосвязи системы строятся таким образом, чтобы учесть логику значимых (с точки зрения решаемой задачи) процессов, происходящих на рынке труда. В результате формируется саморегулирующаяся модель, способная прогнозировать не только стационарное, но и нестационарное развитие рынка труда.

В отличие от существующих аналогов разработанная модель прогнозирования состояния и движения рабочей силы на рынке труда имеет следующие преимущества:

- учитывает недочеты существующих методик;
- использует в своей основе оптимальную комбинацию различных методов моделирования (подходы системной динамики, агентного моделирования, экспертных оценок и сценарного анализа);
- учитывает значительное количество факторов и переменных;
- позволяет с достаточной точностью формировать траектории перемещения тех или иных групп человеческих ресурсов на рынке труда.

Центральной частью модели является экономически активное население, включающее в себя занятое население в разрезе видов экономической деятельности, образовательных и половозрастных групп; безработное население в разрезе образовательных и половозрастных групп. Здесь осуществляется моделирование процессов трудоустройства выпускников и безработного населения, сокращения занятого населения, движения занятого и безработного населения между видами экономической деятельности, между образовательными группами с учетом возможностей трудоустройства и динамики заработных плат, процессов маятниковой и межрегиональной миграции, выхода на пенсию, получения инвалидности, старения, смертности.

Выпуск системы профессионального образования моделируется в разрезе уровней образования и образовательных групп с учетом выпусков школ, выпусков на более низких уровнях профессионального образования, миграции абитуриентов, процессов перехода на следующий курс обучения, отсева. Выпуск школ моделируется с учетом численности детей школьного возраста и

рождаемости. Рождаемость моделируется с учетом численности женщин в детородном возрасте и возрастных коэффициентов рождаемости.

Рассмотрим более детально математическую постановку задачи прогнозирования рынка труда. В рамках статьи остановимся лишь на центральном блоке модели – экономически активном населении.

Данный блок включает в себя три составные части: занятое население, безработное население, а также промежуточный накопитель, аккумулирующий тех, кто трудоустраивается на текущий момент. Он представляет собой своеобразный узел, который на входе принимает желающих трудоустроиться по всем возможным источникам, а на выходе распределяет их по всем возможным направлениям трудоустройства. Назовем его «трудоустраивающееся население».

Пусть  $t$  – индекс времени,  $e$  – индекс образовательной группы,  $b$  – индекс вида экономической деятельности ( $T$  – множество индексов  $t$ ,  $E$  – множество индексов  $e$ ,  $B$  – множество индексов  $b$ ).

Примем  $Labor$  в качестве обозначения занятого населения,  $Unemp$  – в качестве обозначения безработного населения,  $Stock$  – в качестве обозначения трудоустраивающегося населения.

Динамика занятого населения  $Labor_e^b(t)$  в  $b$ -м виде экономической деятельности по  $e$ -й образовательной группе в момент  $t$  задается следующим уравнением:

$$\frac{\partial Labor_e^b(t)}{\partial t} = \sum_{e' \in E} [fEmp_{e',e}^b(t)] - fQuit_e^b(t) - fDismiss_e^b(t) - fLeave_e^b(t),$$

где  $fEmp_{e',e}^b(t)$  – входящий поток трудоустройства из  $e'$ -й образовательной группы;

$fQuit_e^b(t)$  – исходящий поток увольнения занятого населения по собственному желанию;

$fDismiss_e^b(t)$  – исходящий поток сокращения занятого населения в связи со структурными изменениями в отраслях экономики;

$fLeave_e^b(t)$  – исходящий поток выбытия занятого населения по причине исходящей миграции, выхода на пенсию, потери трудоспособности, смертности и прочих причин.

Динамика трудоустраивающегося населения  $Stock_e(t)$  по  $e$ -й образовательной группе в момент  $t$  задается следующим уравнением:

$$\frac{\partial Stock_e(t)}{\partial t} = fGrad_e(t) + fUnemp_e(t) + \sum_{b \in B} [fQuit_e^b(t)] + fCome_e(t) - \sum_{e' \in E, b \in B} [fEmp_{e',e}^b(t)],$$

где  $fGrad_e(t)$  – входящий поток выпускников системы образования;

$fUnemp_e(t)$  – входящий поток безработного населения;

$fQuit_e^b(t)$  – входящий поток увольнения занятого населения  $b$ -го вида экономической деятельности по собственному желанию;

$fCome_e(t)$  – входящий поток желающих трудоустроиться по прочим источникам (входящая миграция, возврат экономически неактивного населения на рынок труда и пр.);

$fEmp_{e,e}^b(t)$  – исходящий поток трудоустройства в  $b$ -м виде экономической деятельности по  $e$ -й образовательной группе.

Динамика безработного населения  $Unemp_e(t)$  по  $e$ -й образовательной группе в момент  $t$  задается следующим уравнением:

$$\frac{\partial Unemp_e(t)}{\partial t} = \sum_{b \in B} [fDismiss_e^b(t)] - fUnemp_e(t),$$

где  $fDismiss_e^b(t)$  – входящий поток сокращения занятого населения в  $b$ -м виде экономической деятельности в связи со структурными изменениями в отраслях экономики;

$fUnemp_e(t)$  – исходящий поток трудоустройства безработного населения.

Опишем вкратце технологию формирования указанных потоков.

Поток трудоустройства  $fEmp_{e,e}^b(t)$  определяется следующим уравнением:

$$fEmp_{e,e}^b(t) = Stock_{e,e}(t) \cdot pQual_{e,e}(t) \cdot pEmp_e^b(t),$$

где  $pQual_{e,e}(t)$  – вероятность трудоустройства по  $e$ -й образовательной группе для имеющих образование по  $e$ -й группе;

$pEmp_e^b(t)$  – вероятность трудоустройства в  $b$ -м виде экономической деятельности для трудоустраивающихся по  $e$ -й образовательной группе.

Указанные вероятности определяются исходя из набора факторов, таких, как:

- возможность трудоустройства;
- уровень заработных плат;
- престиж профессии.

Здесь возможность трудоустройства и уровень заработных плат – экзогенные переменные, рассчитываемые в модели экономического роста.

Поток увольнения по собственному желанию  $fQuit_e^b(t)$  определяется исходя из соотношения уровня заработных плат в  $e$ -й образовательной группе  $b$ -го вида экономической деятельности с уровнем заработных плат в некоторой  $e'$ -й образовательной группе некоторого  $b'$ -го вида экономической деятельности в сочетании с фактором возможности трудоустройства.

Поток сокращения занятого населения  $fDismiss_e^b(t)$  определяется сокращением кадровой потребности по соответствующим видам экономической деятельности в связи со структурными изменениями в отраслях экономики. Остальные потоки определяются в других блоках модели, отвечающих за систему образования, миграцию, выход на пенсию, инвалидность, смертность и

пр. Для построения такой системы необходим некоторый объем статистических данных, на основе которых определяются ключевые законы движения тех или иных групп населения. Недостаток статистических данных компенсируется данными опросов предприятий, экономически активного населения, учащихся учреждений профессионального образования, экспертов. Законы движения определяются при помощи многомерных статистических методов, а также при помощи построения эконометрических моделей. Кроме того, статистические данные позволяют сформировать отправную точку модели – значения каждого показателя на нулевой момент модельного времени. Далее система функционирует по заложенным в нее законам, и формируется развернутый прогноз по всем описанным категориям данных.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Системное прогнозирование рынка труда, связывающее модели экономического развития, демографические модели, образовательные модели, модели трудового движения населения, является на сегодняшний день необходимым условием для формирования информационной базы для принятия согласованных управленческих решений различными органами власти.

2. На текущий момент системное прогнозирование рынка труда в нашей стране находится в зачаточном состоянии и требует развития как в отношении математического моделирования, так и в отношении сбора и накопления необходимого объема статистических данных.

3. Модель, описанная в данной статье, представляет собой первый шаг на пути к построению реально функционирующей системы принятия управленческих решений органами власти на основе прогноза рынка труда.

#### Список литературы

1. *Миронова Е. С.* Анализ и прогнозирование занятости в Российской Федерации по видам экономической деятельности // Проблемы прогнозирования. – 2010. – № 6.

2. *Степанов А. В.* Динамическая модель состояния и движения трудовых ресурсов в регионе // Известия Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова : электрон. науч. журн. – 2011. – № 1. – URL: <http://www.rea.ru/UserFiles/veynberg/ИЗВЕСТИЯ%20РЭУ%201.pdf>

3. *Stepanov A. V., Kosorukov O. A.* Model of State and Moving of Workforce in the Region // Recent Researches in Automatic Control and Electronics. Proceedings of the 14th International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation (ACMOS '12). Proceedings of the 11th International Conference on Microelectronics, Nanoelectronics, Optoelectronics (MINO '12). Saint Malo&Mont Saint-Michel, France, April 2–4, 2012. – URL: <http://www.wseas.us/books/2012/SaintMalo/ACMIN.pdf>