УДК 338.27

Регион: экономика и социология, 2017, № 1 (93), с. 101–120

Р.В. Фаттахов, М.М. Низамутдинов, В.В. Орешников

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА НА БАЗЕ АДАПТИВНО-ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье рассматривается подход к разработке адаптивно-имитационной модели региональной социально-экономической системы. Данный подход предполагает три ключевых уровня (экономических агентов, управления и макросреды) и основывается на последовательной адаптации как стратегий поведения агентов, так и управляющего воздействия к изменению экономической ситуации. В качестве инструментария исследования использованы системный анализ, методы экономико-математического моделирования, статистического, структурного и динамического анализа, корреляционного и регрессионного анализа, нечеткой логики. Апробация подхода проведена на данных по Республике Башкортостан. Представленная оценка результатов сценарных расчетов развития региона обосновывает предпочтительность адаптивной стратегии развития. По результатам анализа проведенных модельных экспериментов разработаны направления стимулирования социально-экономического развития региона. Подобные экономико-математические модели могут быть применены при прогнозировании социально-экономического развития территориальных систем, при оценке последствий реализации различных мер государственной политики. Предложенный подход позволяет проводить вычислительные эксперименты с учетом согласования ресурсных возможностей и интересов как отдельных экономических агентов, так и подсистемы управления региональной социально-экономической системы в рамках единой методической, процедурной и расчетной базы.

Ключевые слова: адаптивно-имитационное моделирование; регион; прогноз; экономическая политика; сценарии развития

Повышение эффективности управления должно основываться не только на анализе информации об объекте управления, но и на прогнозе развития объекта, на выборе стратегических альтернатив. Перспективным направлением в данной сфере представляется применение современных технологий экономико-математического моделирования, позволяющих учитывать и оценивать последствия одновременного влияния множества пересекающихся воздействий [5; 11].

Сегодня используется ряд различающихся подходов к моделированию социально-экономических систем. В частности, могут быть выделены классы моделей, основанные на принципах экономического равновесия, на поиске вероятностно-статистических закономерностей, на имитационном подходе, на интеллектуальных технологиях и т.д. Многие существующие модели совмещают в себе элементы разных классов и поэтому отнести их к какой-либо одной группе не представляется возможным. Вместе с тем практика применения данных моделей и информационных систем показывает, что несмотря на широкие функциональные возможности, им также присущи некоторые недостатки, препятствующие получению качественных прогнозов.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ АДАПТИВНО-ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

При моделировании региональной социально-экономической системы (РСЭС) будем рассматривать ее как многоаспектную и многоуровневую систему, важнейшие элементы которой, а также связывающие их экономические и хозяйственные механизмы характеризуются особыми математическими моделями [4]. При этом внимание следует уделить вопросам отражения в модельном инструментарии базовых свойств элементов данной системы, и в первую очередь свойства адаптивности [1; 12; 14]. В связи с этим предлагается использовать адаптивно-имитационную модель (АИМ) региона, концепция

построения которой базируется на пошаговой адаптации как поведения самих агентов, так и параметров управляющей подсистемы к изменению различных факторов. В то же время результаты адаптации сами являются факторами, воздействующими на других экономических агентов (ЭА).

Можно выделить два механизма реакции на внешнее воздействие, соответствующих двум последовательно задействуемым уровням управления: 1) саморегуляцию со стороны экономического агента A_i; 2) реакцию со стороны системы управления U при определении направления регионального развития в целом. В первом случае внешнее влияние оценивается экономическим агентом наравне с влиянием иных внутрирегиональных факторов V_{ij} и параметров системы управления Reg_{ij}. Во втором случае реакция системы управления основывается на сравнении параметров индикативного плана Y_{ij}^{Id} и фактически наблюдаемых параметров функционирования экономических агентов Y_{ij}.

В рамках нашего исследования были рассмотрены три экономических агента: «Домохозяйства», «Производители» и «Государство». Совокупность агентов, их функций и поддерживаемых связей образует РСЭС, выступающую в качестве управляемой подсистемы. Модель регионального управления отвечает за представление управляющей подсистемы и соответствует следующему уровню иерархии. Ее целью является формирование параметров развития территориальной системы и принятие мер, направленных на достижение данных параметров [9]. Модель управления включает блок целеполагания (определение индикативного плана развития региона Y_t^{Id}, представляющего собой вектор целевых значений развития региона) и блок регулирования (формирование параметров управления, обеспечивающих достижение параметров индикативного плана). Кроме того, на развитие системы оказывают влияние внешняя макросреда, которая представлена в виде экзогенных показателей. Модель макросреды определяется через параметры и ресурсы внешней среды, задаваемые посредством сценарных карт *Sc* для каждого момента времени *t*.

Процесс моделирования предполагает вложенность вычислений: последовательный расчет *i*-го ($i, i = \overline{1; i_k}$, где i_k – количество пара-

метров в индикативном плане) элемента индикативного плана $Y_t^{Id\_i}$ с учетом внутренних и внешних факторов для момента времени t включает вложенную процедуру расчета ij-й комбинации reg_t^{ij} ($j, j = \overline{1; j_k}$, где j_k – количество управляемых параметров), в рамках которой происходит моделирование адаптивного функционирования экономических агентов. По итогам мониторинга степени достижения $Y_t^{Id\_i}$ принимается решение о корректировке параметров reg_t^{ij}, $Y_t^{Id\_i}$ или о переходе к следующему периоду t. Данный подход позволяет реализовать механизм взаимной адаптации интересов и стратегий экономических агентов как во взаимодействии друг с другом, так и при взаимодействии с управляющей подсистемой в процессе разработки и реализации среднесрочных программ регионального развития в итеративном режиме. Применение этого модельного инструментария обоснования стратегий регионального развития позволит в том числе решать актуальную задачу упреждающего управления.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ АГЕНТОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Механизм адаптивного поведения экономических агентов представляет собой замкнутый контур, который увязывает факторы поведения, стратегии функционирования ЭА и получаемые в итоге результаты. Результат функционирования ЭА выступает в роли входного параметра для прочих агентов и в случаях, предусмотренных моделью, передается на ее вышестоящие уровни. Агрегированная схема адаптивного поведения агента включает следующие этапы:

1) для i-го показателя ($i, i = \overline{1; i_k}$) вычисляются значения воздействующих факторов и значение данного показателя;

2) из множества ранее заданных классов определяется класс ситуации для i-го показателя;

3) производится корректировка значения i-го показателя на заранее заданную величину λ;

4) обновленные данные подаются в АИМ и производится пересчет;

5) по окончании пересчета i принимает значение, равное единице, и осуществляется возврат к первому этапу;

6) если класс ситуации не предусматривает изменений, то значение i-го показателя остается неизменным. Если i-й показатель был последним из адаптируемых, то алгоритм согласования завершается и данные о параметрах системы передаются на уровень управления. Если данный показатель не был последним (т.е. $i < i_k$), осуществляются переход к $(i + 1)$ показателю и возврат к первому шагу.

Представленный алгоритм обеспечивает последовательную адаптацию взаимодействующих агентов по рассматриваемым параметрам. В рамках модели поведение ЭА «Домохозяйства» носит в большей степени ответный характер, инициатором изменений выступают иные экономические агенты. В частности, реализована процедура адаптивного поведения ЭА «Домохозяйства» на рынке труда, где корректировка численности занятого населения L_t^{cp} является ответной реакцией на действия ЭА «Производитель» и определяется величиной заработной платы на одного работника W_{gt}, численностью населения в трудоспособном возрасте P_t^{em} и величиной прочих доходов $InH_t^{\Sigma n\_p}$:

$$L_t^{cp\_q} = \begin{cases} L_t^{cp\_q-1} + \lambda^L, & P_t^{em} \quad e^{a\, e^{b\,(Wg_t / InH_t^{\Sigma n})}} > L_t^{cp\_q-1} \\ L_t^{cp\_q-1}, & P_t^{em} \quad e^{a\, e^{b\,(Wg_t / InH_t^{\Sigma n})}} = L_t^{cp\_q-1} \\ L_t^{cp\_q-1} - \lambda^L, & P_t^{em} \quad e^{a\, e^{b\,(Wg_t / InH_t^{\Sigma n})}} < L_t^{cp\_q-1} \end{cases}. \qquad (1)$$

Адаптивный механизм реализуется через согласование спроса и предложения на рынке труда и отражает степень удовлетворенности ЭА «Домохозяйства» сложившимися условиями, что формализуется через корректировку численности занятого населения на величину λ^L на q-м шаге итерационного алгоритма. Аналогичным образом формализуются остальные взаимосвязи.

Для ЭА «Домохозяйства» множество входных координат V_t^H представлено кортежем объектов:

$$V_t^H = < InH_t^i, H_t^i, WH_t^i, RegH_t^i >, \qquad (2)$$

где INH_t^i – источники доходов ЭА «Домохозяйства»; H_t^i – параметры состояния ЭА «Домохозяйства»; WH_t^i – параметры среды ЭА «Домохозяйства»; $RegH_t^i$ – параметры регулирующего воздействия подсистемы управления на ЭА «Домохозяйства».

В качестве управляемых параметров ЭА «Домохозяйства» выступают предложение рабочей силы на рынке труда, величины расходов на конечное потребление, сбережений и смешанных расходов. Множество выходных координат Y_t^H представлено кортежем объектов:

$$Y_t^H =< P_t^n, OutH_t^i, MH_t^i >, \quad (3)$$

где P_t^n – численность населения в n-й половозрастной группе; $OutH_t^i$ – направления расходов ЭА «Домохозяйства»; MH_t^i – множество параметров ЭА «Домохозяйства», оказывающих влияние на среду функционирования агента.

По завершении данного комплекса вычислений производится переход к итерационному алгоритму реализации стратегии ЭА «Производитель». Множество входных координат V_t^B представлено кортежем объектов:

$$V_t^H =< PB_t^i, B_t^i, WB_t^i, RegB_t^i >, \quad (4)$$

где PB_t^i – параметры формирования выпуска и доходов предприятий; B_t^i – параметры состояния ЭА «Производитель»; WB_t^i – параметры среды ЭА «Производитель»; $RegB_t^i$ – параметры регулирующего воздействия подсистемы управления на ЭА «Производитель».

Управляемыми параметрами агента являются величина среднемесячной заработной планы работников организаций Wg_t, уровень загрузки мощностей Ld_t, величина инвестиций в основной капитал из прибыли предприятий I_t^{pr}, величина дохода собственника от предпринимательской деятельности $OutB_t^{Own}$, величина финансовых вложений организаций $OutB_t^{dep}$.

Множество выходных координат Y_t^B представлено кортежем объектов:

$$Y_t^B =< OutB_t^i, MB_t^i >, \quad (5)$$

где $OutB_t^i$ – объемы расходования финансовых ресурсов ЭА «Производитель» по *i*-м направлениям; MB_t^i – множество параметров ЭА «Производитель», оказывающих влияние на среду агента.

На следующем этапе осуществляется переход к итерационному алгоритму реализации стратегии ЭА «Государство», функционирование которого выражается через параметры консолидированного бюджета. Множество входных координат V_t^G представлено кортежем объектов:

$$V_t^G =< InG_t^i, G_t^i, WG_t^i, RegG_t^i >, \quad (6)$$

где InG_t^i – поступления финансовых ресурсов в консолидированный бюджет региона; G_t^i – параметры состояния ЭА «Государство»; WG_t^i – параметры внешней среды; $RegG_t^i$ – параметры регулирующего воздействия подсистемы управления на ЭА «Государство».

Управляемым параметром ЭА «Государство» в рамках модели является структура расходов консолидированного бюджета субъекта РФ. Множество выходных координат Y_t^G представлено кортежем объектов:

$$Y_t^G =< OutGr_t^i, MG_t^i >, \quad (7)$$

где $OutGr_t^i$ – расходы ЭА «Государство» по различным направлениям; MG_t^i – множество параметров ЭА «Государство», влияющих на внешнюю среду.

Остальные элементы модели также описаны через систему входных и выходных координат. При этом особенности региональной социально-экономической системы выступают предпосылками формирования дисбалансов на различных уровнях [8]. На уровне экономических агентов балансировка производится при определении соответствия стратегии формирования расходов агента и его ресурсов. Макробаланс экономики региона достигается с применением матрицы финансовых потоков.

Таким образом, был формализован комплекс моделей, позволяющий описать социально-экономическую систему региона как совокупность взаимодействующих экономических агентов. Данный комплекс может быть расширен с целью описания других аспектов функ-

ционирования РСЭС, например экологических последствий реализации экономических проектов. Исходя из представленных параметров функционирования отдельных агентов формируется вектор выходных координат региональной системы, соответствующий индикаторам социально-экономического развития.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ В РАМКАХ ОБОСНОВАНИЯ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Управление региональной системой в рамках разработанной модели включает определение значений индикативного плана, представляющего собой количественное выражение основных целей регионального развития (блок целеполагания), а также путей их достижения (блок регулирования).

В блоке целеполагания осуществляются определение и корректировка индикативного плана $Y_t^{Idi} = \{Y_t^{Id1}, Y_t^{Id2}, ..., Y_t^{Idn}\}$ с использованием алгоритмов нечеткой логики [3]. Предлагаемая методика предусматривает этапы фаззификации, композиции и дефаззификации. Обобщенную модель данной процедуры можно представить в виде композиции нечетких отношений семантических пространств $R = V \rightarrow Resh$, где R – нечеткое отношение между регулируемыми и факторными параметрами, V – множество входных параметров, $Resh$ – выходной параметр, т.е. решение относительно корректировки значений индикативного плана.

На этапе фаззификации следующие критерии состояния системы, образующие множество входных параметров V, были выражены в лингвистической форме:

1) уровень достижения индикативного плана по рассматриваемому параметру $PD_i = \{PD_1, PD_2, \ldots, PD_n\}$;

2) изменение темпов роста показателя $TRP_i = \{TRP_1, TRP_2, \ldots, TRP_n\}$;

3) соотношение темпа роста данного показателя с темпами роста других показателей $RPd_i = \{RPd_1, RPd_2, \ldots, RPd_n\}$;

4) наличие иных показателей из индикативного плана с превосходящими темпами роста.

Для каждого из критериев сформированы кортежи лингвистических переменных, включающие перечень возможных значений и границы интервальных оценок, например:

<Уровень достижения индикативного плана, % {перевыполнен, достигнут, не достигнут}, [0–200]>
$PD = \{pd, d, nd\}$.

Рассчитанные значения критериев определяют итоговое решение относительно изменений индикативного плана $Resh_i = \{Resh_1, Resh_2, \ldots, Resh_n\}$.

Кортеж лингвистической переменной «изменение индикативного плана» имеет вид

<Изменение индикативного плана, % {существенно понизить, понизить, оставить текущее значение, повысить, существенно повысить}, [80–120]>
$Resh = \{mn, n, s, v, mv\}$.

Исходя из выделенных критериев и анализа предметной области сформирована база знаний, позволяющая осуществлять логический вывод решения, определены параметры функций принадлежности. Далее была проведена процедура дефаззификации, в ходе которой был применен метод «первый максимум» и получены числовые значения выходных параметров.

Следующим этапом является увязка целей отдельных агентов и системы в целом. В процессе этого осуществляется настройка регуляторов управляющей подсистемы. Таким образом, система целеполагания направлена на корректировку параметров индикативного плана, а система регулирования обеспечивает достижение значений параметров данного плана за счет изменения значений управляемых параметров.

В рамках предложенного подхода вектор управляющих воздействий Reg_t^j ($j, j = \overline{1;4}$) включает в себя следующие составные элементы:

$$Reg_t^j = \{\Delta I_t^{pr}, \Delta Wg_t, \Delta OutGr_t^{ec}, \Delta OutGr_t^{soc}\}, \quad (8)$$

где ΔI_t^{pr} – корректировка объема инвестиций из прибыли предприятий; ΔWg_t – корректировка размера среднемесячной заработной платы; $\Delta OutGr_t^{ec}$ – корректировка величины расходов консолидированного бюджета региона на экономику; $\Delta OutGr_t^{soc}$ – корректировка величины расходов консолидированного бюджета региона на социальную сферу.

Достижению необходимых значений параметров должны соответствовать социальная, инвестиционная и бюджетная политики органов управления. Базовым правилом определения значений управляющих параметров выступает достижение максимально возможного уровня всех индикаторов. На каждом шаге моделирования будет получен один из следующих результатов.

1. Все индикаторы достигнуты в равной степени, но ресурс Gr_t^s распределен не полностью – система регулирования подает на уровень целеполагания информацию о возможности повышения индикативного плана:

$$(Y_t^{fi} \geq Y_t^{Idi}) \quad \left(\frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \frac{Y_t^{fi+1}}{Y_t^{Idi+1}}\right) \quad (Gr_t^s > 0) \rightarrow Y_t^{Idi} = Y_t^{Idi} + \lambda^j. \quad (9)$$

2. Степени достижения индикаторов различаются, а ресурс распределен не полностью – регулирующее воздействие направлено на повышение степени достижения отстающего индикатора:

$$\left(\frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \frac{Y_t^{fi+1}}{Y_t^{Idi+1}}\right) \quad (Gr_t^s > 0) \rightarrow \begin{cases} reg_t^{ij} = reg_t^{ij} + \lambda^j, & \frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \min\left(\frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}}\right) \\ reg_t^{ij} = reg_t^{ij}, & \frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} \neq \min\left(\frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}}\right). \end{cases} \quad (10)$$

3. Все индикаторы в равной степени не достигнуты, ресурс распределен не полностью – увеличивается объем финансирования по любому из направлений за счет нераспределенных средств:

$$(Y_t^{fi} < Y_t^{Idi}) \quad \left(\frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \frac{Y_t^{fi+1}}{Y_t^{Idi+1}}\right) \quad (Gr_t^s > 0) \rightarrow reg_t^{ij} = reg_t^{ij} + \lambda^j. \qquad (11)$$

4. Все индикаторы достигнуты в равной степени, ресурс распределен полностью – осуществляется переход к последующему периоду:

$$(Y_t^{fi} \geq Y_t^{Idi}) \quad \left(\frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \frac{Y_t^{fi+1}}{Y_t^{Idi+1}}\right) \quad (Gr_t^s = 0) \rightarrow$$
$$\rightarrow \begin{cases} t = t+1, & t < T \\ завершение\_алгоритма, & t = T \end{cases}. \qquad (12)$$

5. Степени достижения различных индикаторов различаются, ресурс распределен полностью – производится перераспределение ресурсов:

$$\left(\frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \frac{Y_t fi+1}{Y_t^{Idi+1}}\right) \quad (Gr_t^s = 0) \rightarrow \begin{cases} reg_t^{ij} = reg_t^{ij} - \lambda^j, \dfrac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \max\left(\dfrac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}}\right) \\ reg_t^{ij} = reg_t^{ij} + \lambda^j, \dfrac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \min\left(\dfrac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}}\right) \end{cases}. \qquad (13)$$

6. Все индикаторы в равной степени не достигнуты, ресурс распределен полностью – система регулирования формирует сигнал о целесообразности снижения параметров индикативного плана:

$$(Y_t^{fi} < Y_t^{Idi}) \quad \left(\frac{Y_t^{fi}}{Y_t^{Idi}} = \frac{Y_t^{fi+1}}{Y_t^{Idi+1}}\right) \quad (Gr_t^s = 0 \rightarrow Y_t^{Idi}) \rightarrow Y_t^{Idi} - \lambda^j. \qquad (14)$$

Предложенный механизм позволяет увязать модель функционирования отдельных экономических агентов и модель формирования целей регионального развития в обобщенную систему управления региональным развитием с обратными связями.

АПРОБАЦИЯ АДАПТИВНО-ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Предложенный подход был апробирован на данных по Республике Башкортостан. Для настройки модельного комплекса использованы материалы за период 2000–2014 гг. Параметры макросреды заданы исходя из данных, представленных Министерством экономического развития РФ. Экспертным путем в качестве индикаторов определены агрегированные параметры: ВРП, уровень рождаемости, денежные доходы на душу населения, уровень бюджетной обеспеченности по расходам и величина налоговых и неналоговых доходов консолидированного бюджета. Для реализации принципа вариантности сформулированы альтернативные стратегии развития региона [10]: базовая, социально-ориентированная, производственно-ориентированная и адаптивная. Формирование адаптивной стратегии развития Башкортостана подразумевает задействование в вычислительном эксперименте разработанной АИМ региона (табл. 1).

Большая часть показателей в случае адаптивной стратегии определяется на промежуточном уровне между социально-ориентированной и производственно-ориентированной стратегиями. В частности, к 2017 г. объемы ВРП и инвестиций в основной капитал по сравнению с социально-ориентированной стратегией возрастут на 6,6 и 12,8% соответственно, однако снизятся по сравнению с производственно-ориентированной стратегией на 4,5 и 4,6%. Ожидается повышение роста заработной платы по сравнению с производственно-ориентированной стратегией на 9,1%. Одновременно наблюдается снижение уровня рождаемости по сравнению с социально-ориентированной стратегией. При этом бюджет региона станет более сбалансированным. Представленная оценка обосновывает относительную предпочтительность адаптивной стратегии (табл. 2).

Среднее значение относительной результативности адаптивной стратегии по представленным показателям составило 104,1% по сравнению с базовой, 100,7% по сравнению с социально-ориентированной и 104,4% по сравнению с производственно-ориентированной. Отставание по отдельным параметрам компенсируется совокупным полу-

Таблица 1

Динамика основных показателей социально-экономического развития Республики Башкортостан

Показатель	2014	2015	2016	2017
Валовой региональный продукт, млн руб.	1343857	1449583	1574069	1709068
Инвестиции в основной капитал, млн руб.	285520	316941	349278	385606
Номинальная начисленная среднемесячная оплата труда, руб.	24988	26801	28763	31163
Денежные доходы на душу населения, руб. в месяц	25945	28357	31373	35043
Среднегодовая численность занятых в экономике, тыс. чел.	1752,0	1743,3	1744,5	1748,4
Численность населения на начало года, тыс. чел.	4071,0	4066,0	4066,0	4071,0
Рождаемость, ‰	14,8	14,0	14,0	13,3
Обеспеченность жильем, кв.м/чел.	23,0	24,0	25,0	26,0
Доходы консолидированного бюджета, млн руб.	165756	169933	183377	198677

чаемым эффектом. Разработанный подход к формированию стратегий регионального развития на базе АИМ позволил обеспечить согласование ресурсных стратегий экономических агентов и целевых параметров развития Республики Башкортостан.

Прогнозные оценки базируются на экзогенных параметрах, сформированных исходя из данных Министерства экономического развития РФ, которые претерпевают существенные изменения. Подобные изменения не влияют на принципиальные основы работы модели, поскольку сводятся к замене параметров сценарной карты макросреды региона.

Для оценки точности модели дополнительно был разработан ретроспективный прогноз развития Башкортостана на 2014 г., а результаты сопоставлены с фактическими данными (см. табл. 2). Средняя точность полученных с использованием АИМ региона прогнозов по

Таблица 2

Соотношение оценок изменения параметров развития Республики Башкортостан в 2017 г. и точности ретроспективных прогнозов, %

Показатель	Соотношение параметров адаптивной и базовой (а), социально-ориентированной (б), производственно-ориентированной (в) стратегий			Отклонение от факт. значений в 2014 г.	
	а	б	в	Без АИМ РСЭС	На базе АИМ РСЭС
Валовой региональный продукт	106,2	106,6	95,5		
Инвестиции в основной капитал	105,0	112,8	95,4	29	17
Номинальная начисленная среднемесячная оплата труда	105,6	95,8	109,1	–4	1
Денежные доходы на душу населения	105,2	93,6	122,0	–2	5
Среднегодовая численность занятых в экономике	101,4	99,6	100,7	2	0
Численность населения на начало года	100,7	99,8	100,1	0	0
Рождаемость	105,6	98,2	116,9	6	4
Обеспеченность жильем	106,0	99,9	100,9	0	0
Доходы консолидированного бюджета	101,3	100,1	98,6	–13	–7

рассмотренным показателям составила около 95,2%, что на 5,1 п.п. выше точности прогнозов, полученных без использования АИМ. Кроме того, рассмотрена возможность прогнозирования с применением методов экстраполяции данных. Полученные результаты также обосновывают предпочтительность использования методов моделирования.

Результаты проведенных экспериментов показывают, что целесообразна разработка комплексных мер по стимулированию разви-

тия региона. Важнейшим направлением должно стать повышение производительности труда. Подход к данному вопросу предусматривает разработку мер по модернизации существующих и организации новых высокотехнологичных производств, по корректировке структуры экономики региона, а также по переориентации финансовой политики на средне- и долгосрочные цели социально-экономического развития [6; 7]. Перспективными видами экономической деятельности в Башкортостане определены агропромышленный комплекс, глубокая переработка сельхозпродукции [2], машиностроение, энергетика и энергосбережение, кластер информационных технологий, сфера услуг и туризма. Их поддержка должна заключаться в первую очередь в обеспечении доступа к долгосрочным заемным средствам. Все это необходимо осуществлять в условиях снижения зависимости экономики региона от внешнеэкономической конъюнктуры, что потребует качественного изменения структуры инвестиций. Одновременно с этим следует активизировать работу по диверсификации экономики.

В социальной сфере выявлено повышение актуальности проблемы безработицы. С учетом рисков снижения в ближайшие несколько лет численности населения трудоспособного возраста необходимо сформировать комплекс мер по планированию в этой сфере, в том числе в части повышения трудовой мобильности населения, с оценкой последствий данных процессов как в целом для региона, так и для входящих его состав муниципальных образований [13]. Обоснована необходимость формирования условий для роста уровня оплаты труда и для создания дополнительных рабочих мест с учетом развития самозанятости населения.

Кроме того, выявлено сохранение разбалансированности региональных бюджетов в Российской Федерации. В частности, каждый из представленных сценариев развития в существующих внешнеэкономических условиях предполагает формирование дефицита бюджета региона. В связи с этим указано на необходимость не только увеличения доходов, но и обеспечения эффективности расходов.

* * *

Следует отметить, что реализация большинства из указанных направлений требует качественного научно обоснованного прогноза последствий принимаемых мер. Поэтому расширение опыта применения экономико-математического моделирования для решения вопросов управления социально-экономическим развитием регионов остается актуальной задачей [8; 15]. Предложенный подход к разработке и использованию модельного инструментария на основе адаптивно-имитационного моделирования позволяет проводить вычислительные эксперименты с учетом согласования ресурсных возможностей и интересов как отдельных экономических агентов, так и подсистемы управления региональной социально-экономической системы в рамках единой методической, процедурной и расчетной базы. В то же время надо отметить, что использование указанных методов наиболее эффективно в совокупности с применением методов экспертной оценки и требует высокой квалификации специалистов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-29-12883)

Список источников

1. *Багриновский К.А.* Модели и методы совершенствования механизмов инновационного развития экономики России на основе адаптивного управления // Экономика и математические методы. – 2011. – Т. 47, № 4. – С. 111–121.

2. *Баринова Ю.А., Суслов С.А.* Продовольственная безопасность, развитие сельского хозяйства и демографические тенденции на отдельных территориях РФ // Вестник НГИЭИ. – 2013. – № 1 (20). – С. 3–24.

3. *Гамалей Я.В.* Применение аппарата нечетких категорий в управлении экономикой региона // TERRA ECONOMICUS. – 2008. – № 4-2. – С. 319–326.

4. *Гранберг А.Г., Суспицын С.А.* Введение в системное моделирование народного хозяйства. – Новосибирск: Наука, 1988. – 302 с.

5. *Ивантер В.В., Суворов А.В., Сутягин В.С.* Основные задачи и принципы социально-экономического прогнозирования // Управление. – 2015. – Т. 3, № 1. – С. 8–17.

6. *Ивантер В.В., Узяков М.Н., Ксенофонтов М.Ю. и др*. Новая экономическая политика – политика экономического роста // Проблемы прогнозирования. – 2013. – № 6. – С. 3–16.

7. *Клейнер Г.Б*. Системное управление в трансформирующейся экономике // Эффективное антикризисное управление. – 2014. – № 5. – С. 54–59.

8. *Лексин В.Н*. К методологии исследования и регулирования процессов территориального развития // Регион: экономика и социология. – 2009. – № 3. – С. 19–40.

9. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д*. Компьютерное моделирование взаимодействия между муниципалитетами, регионами, органами государственного управления // Проблемы управления. – 2013. – № 6. – С. 31–40.

10. *Макарова Е.А*. Формирование сценариев управления поведением секторов экономики на основе динамической модели макроэкономического кругооборота // Вестник УГАТУ. – 2009. – Т. 13, № 2 (35). – С. 136–147.

11. *Петров А.А., Поспелов И.Г*. Математические модели экономики России // Вестник РАН. – 2009. – Т. 79, № 6. – С. 492–506.

12. *Рожков М.Н*. Адаптация и адаптивность как основные категории адаптивного управления социально-экономическими системами // Экономика, статистика и информатика. – 2010. – № 2. – С. 51–53.

13. *Строев П.В*. Трансформации пространственной структуры России // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2014. – № 4. – С. 61–70.

14. *Тинякова В.И*. Модели формирования адаптивно-рациональных прогнозных траекторий развития социально-экономических систем // Менеджмент: теория и практика. – 2006. – № 1. – С. 98–109.

15. *Amisano G., Geweke J*. Prediction Using Several Macroeconomic Models / Working Paper Series No. 1537. – 2013. – 43 p. – URL: http://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1537.pdf (дата обращения 15.05.2016).

Информация об авторах

Фаттахов Рафаэль Валиахметович (Россия, Москва) – доктор экономических наук, профессор, руководитель департамента. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (125993, Москва, Ленинградский просп., 49, e-mail: fattakhov@mail.ru).

Низамутдинов Марсель Малихович (Россия, Уфа) – кандидат технических наук, заведующий сектором. Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН (450054, Уфа, просп. Октября, 71, e-mail: marsel_n@mail.ru).

Орешников Владимир Владимирович (Россия, Уфа) – кандидат экономических наук, научный сотрудник. Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН (450054, Уфа, просп. Октября, 71, e-mail: voresh@mail.ru).

DOI: 10.15372/REG20170105

Region: Economics & Sociology, 2017, No. 1 (93), p. 101–120

R.V. Fattakhov, M.M. Nizamutdinov, V.V. Oreshnikov

TOOLS FOR JUSTIFYING THE PARAMETERS OF STRATEGIC REGIONAL DEVELOPMENT BASED ON ADAPTIVE SIMULATION

The article considers an approach to creating an adaptive simulation model of the regional socio-economic system. This approach involves three fundamental levels (economic agents, management, and macro-environment) and lies upon a coherent adaptation of both agents' behavior strategies and control actions aimed at changing the economic situation. We used the following research tools: systems analysis, methods of economic and mathematical modeling, methods of statistical, structural, and dynamic analysis, methods of correlation and regression analysis, and fuzzy logic. The approach was tested on data from the Republic of Bashkortostan. The assessment of scenario forecasting for regional development, presented in the article, substantiates the preference for adaptive strategies. Following the analysis of model runs, we determined areas of focus to promote regional socio-economic development. Such economic and mathematical models can be used in forecasting the socio-economic development of territorial systems and evaluating the impact of various government policies. The proposed approach allows for simulation experiments if they regard for matching resource capabilities and interests of not only individual economic agents but also the control subsystem of a regional socio-economic system within a single methodology, procedural, and computational framework.

Keywords: adaptive simulation; region; forecast; economic policy; development scenarios

The publication is prepared within the framework of the project No. 16-29-12883 supported by funding from the Russian Foundation for Basic Research

References

1. *Bagrinovsky, K.A.* (2011). Modeli i metody sovershenstvovaniya mekhanizmov innovatsionnogo razvitiya ekonomiki Rossii na osnove adaptivnogo upravleniya [Models and methods for improving the mechanisms of innovation development in the Russian economy based on adaptive control]. Ekonomika i matematicheskie metody [Economics and Mathematical Methods], Vol. 47, No. 4, 111–121.

2. *Barinova, Yu.A.* & *S.A. Suslov*. (2013). Prodovolstvennaya bezopasnost, razvitie selskogo khozyaystva i demograficheskie tendentsii na otdelnykh territoriyakh RF [Food safety, development of agriculture and demographic tendencies for separate territories of the Russian Federation]. Vestnik NGIEI [Bulletin of NGIEI], 1 (20), 3–24.

3. *Gamaley, Ya.V.* (2008). Primenenie apparata nechetkikh kategoriy v upravlenii ekonomikoy regiona [Application of fuzzy categories in managing the economy of the region]. TERRA ECONOMICUS, 4-2, 319–326.

4. *Granberg, A.G.* & *S.A. Suspitsin*. (1988). Vvedenie v sistemnoe modelirovanie narodnogo khozyaystva [Introduction to System Modeling the National Economy]. Novosibirsk, Nauka Publ., 302.

5. *Ivanter, V.V., A.V. Suvorov* & *V.S. Sutyagin*. (2015). Osnovnye zadachi i printsipy sotsialno-ekonomicheskogo prognozirovaniya [The main objectives and principles of socio-economic forecasting]. Upravlenie [Administration], Vol. 3, No. 1, 8–17.

6. *Ivanter, V.V., M.N. Uzyakov, M.Yu. Ksenofontov et al*. (2013). Novaya ekonomicheskaya politika – politika ekonomicheskogo rosta [The new economic policy – the policy of economic growth]. Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development], 6, 3–16.

7. *Kleyner, G.B.* (2014). Sistemnoe upravlenie v transformiruyushcheysya ekonomike [Systemic management in a transforming economy]. Effektivnoe antikrizisnoe upravlenie [Effective Crisis Management], 5, 54–59.

8. *Leksin, V.N*. (2009). K metodologii issledovaniya i regulirovaniya protsessov territorialnogo razvitiya [Towards methodology of the research and regulation of spatial development]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 3, 19–40.

9. *Makarov, V.L., A.R. Bakhtizin* & *E.D. Sushko*. (2013). Kompyuternoe modelirovanie vzaimodeystviya mezhdu munitsipalitetami, regionami, organami gosudarstvennogo upravleniya [Computer simulation of interaction between municipalities, regions, government authorities]. Problemy upravleniya [Control Sciences], 6, 31–40.

10. *Makarova, E.A.* (2009). Formirovanie stsenariev upravleniya povedeniem sektorov ekonomiki na osnove dinamicheskoy modeli makroekonomicheskogo krugoobo-

rota [Formation of scenarios managements of behaviour of sectors of economy on the basis of dynamic model macroeconomic circle]. Vestnik UGATU [Herald of UGATU], Vol. 13, No. 2 (35), 136–147.

11. *Petrov, A.A.* & *I.G. Pospelov*. (2009). Matematicheskie modeli ekonomiki Rossii [Mathematical models of the Russian economy]. Vestnik RAN [Herald of the Russian Academy of Sciences], Vol. 79, No. 6, 492–506.

12. *Rozhkov, M.N*. (2010). Adaptatsiya i adaptivnost kak osnovnye kategorii adaptivnogo upravleniya sotsialno-ekonomicheskimi sistemami [Adaptation and adaptability as the main categories of socio-economic systems adaptive management]. Ekonomika, statistika i informatika [Economics, Statistics and Informatics], 2, 51–53.

13. *Stroev, P.V*. (2014). Transformatsii prostranstvennoy struktury Rossii [The transformation ofthe spatial structure of Russia]. Vestnik Instituta ekonomiki Rossiyskoy akademii nauk [Herald of the Institute of Economics RAS], 4, 61–70.

14. *Tinyakova, V.I*. (2006). Modeli formirovaniya adaptivno-ratsionalnykh prognoznykh traektoriy razvitiya sotsialno-ekonomicheskikh sistem [Models for creating adaptive rational forecasting development trajectories of socio-economic systems]. Menedzhment: teoriya i praktika [Management: Theory and Practice], 1, 98–109.

15. *Amisano, G*. & *J. Geweke*. (2013). Prediction Using Several Macroeconomic Models. Working Paper Series No. 1537, 43. Available at: http://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1537.pdf (date of access: 15.05.2016).

Information about the authors

Fattakhov, Rafael Valiakhmetovich (Moscow, Russia) – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of Department at Financial University affiliated with the Government of the Russian Federation (49, Leningradsky av., Moscow, 125993, Russia, e-mail: fattakhov@mail.ru).

Nizamutdinov, Marsel Malikhovich (Ufa, Russia) – Candidate of Sciences (Engineering), Head of Sector at the Institute for Socio-Economic Research, Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (71, Oktyabrya av., Ufa, 450054, Russia, e-mail: marsel_n@mail.ru).

Oreshnikov, Vladimir Vladimirovich (Ufa, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Researcher at the Institute for Socio-Economic Research, Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (71, Oktyabrya av., Ufa, 450054, Russia, e-mail: voresh@mail.ru).

Рукопись статьи поступила в редколлегию 07.11.2016 г.