

3.9. ПОДХОД К ФОРМАЛИЗОВАННОМУ ОПИСАНИЮ АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ФИНАНСОВОГО РЫНКА В РАМКАХ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

Низамутдинов М.М., к.т.н., заведующий сектором
экономико-математического моделирования;
Ямилова Л.С., к.ф.-м.н., с.н.с. сектора
экономико-математического моделирования

*Институт социально-экономических исследований
Уфимского научного центра Российской Академии наук*

В статье рассматривается концепция построения имитационной модели развития региона в долгосрочной перспективе, разрабатываемая как инструмент выработки условий и параметров устойчивого развития региона в условиях изменяющейся макросреды. Основное внимание уделено описанию формализованной модели и алгоритма поведения экономического агента «финансовый рынок» как одной из основных функциональных подсистем имитационной модели. Приведены результаты апробации модели в рамках долгосрочной прогнозной оценки отдельных параметров финансовой системы Республики Башкортостан.

Регион, являясь сложной социально-экономической системой, включает в себя множество разнородных элементов взаимодействующих между собой и с элементами внешней среды. Для описания всей совокупности данных взаимодействий требуется большое количество показателей. При этом само управление характеризуется высокой динамичностью, сложностью, многоаспектностью, наличием пересекающихся потоков управляющих воздействий, исходящих одновременно из различных источников. Разработка решений в сфере управления системами такого масштаба требует глубокого и всестороннего анализа их возможных последствий. В связи с этим объективно необходимым является создание научно-обоснованного инструментария, позволяющего анализировать альтернативные варианты развития экономики региона, разрабатывать его прогноз и формировать рекомендации по достижению поставленных целей. Учитывая особенности подобных социально-экономических систем, наиболее целесообразным представляется использовать для решения поставленных задач комплексные экономико-математические модели, основанные на системном описании объекта управления.

К настоящему времени разработано достаточно большое число экономико-математических моделей, описывающих социально-экономическое развитие региона. Как показывает анализ, большинство конструируемых сегодня подходов в целом основаны на свойствах известных классических моделей, таких как модели межотраслевого баланса, модели общэкономического равновесия, модели системной динамики и т.д. Наиболее динамично развиваются в последнее время модели, ориентированные на совместное применение методов имитационного моделирования, агент-ориентированного моделирования и теории принятия решений с использованием возможностей современной вычислительной техники.

Предлагаемая нами концепция моделирования экономики региона сочетает в себе преимущества имитационных и поведенческих моделей, с одной стороны, и свойств классических балансовых и динамических моделей – с другой, и представляет собой иерархически структурированную и логически связанную триаду моделей – комплекса моделей поведения экономических агентов; системы динамических балансовых моделей, обеспечивающих сохранение основных производственных пропорций производства и распределения конечного продукта при согласовании финансовых потоков между агентами; и модели управления, выполняющую в рамках комплексной модели функции планирования и регулирования всей макроэкономической деятельности [3, с. 52-54]. Центральным звеном предложенной концепции выступает комплекс моделей поведения экономических агентов, таких как «совокупный производитель», «домохозяйства», «государство (региональный уровень)», «финансовый сектор», «внешний мир», которые в совокупности целостно отражают логику развития региональной системы. Общая логика моделирования поведения экономических агентов заключается в некотором формализованном механизме трансформации накопленных агентами ресурсов в конечный результат деятельности через реализацию определенной экономической стратегии с учетом динамически изменяющейся макросреды. Отличительной чертой предложенной концепции является увязка собственной стратегии каждого экономического агента со стратегиями других экономических агентов через систему горизонтальных взаимосвязей и с условиями и ограничениями, задаваемые ему моделями более высокого уровня иерархии через систему вертикальных связей, что позволяет формировать средние и долгосрочные стратегии развития региона с учетом взаимного влияния целей и результатов деятельности субъектов различного уровня.

В данной работе подробнее остановимся на моделировании поведения экономического агента «финансовый рынок» как одной из функциональных подсистем динамической имитационной модели региона. Агент «финансовый рынок» в рамках модели является основным сберегателем свободных финансовых ресурсов и поставщиком кредитных ресурсов для остальных экономических агентов. Экономическая стратегия агента заключается в механизме поиска рыночного объема предложения кредитных ресурсов, обеспечивающих процентной ставки по кредитам и вкладам на основе величины спроса и предложения на денежном рынке. Логическая схема итерационного алгоритма, формализующего стратегию агента, описана в работе [3, с. 61-63]. Модель поведения агента «финансовый рынок» описана в рамках предложенной стратегии поведения экономических агентов по схеме «доходы – расходы – результат – стратегия» и практически реализована в системе визуального моделирования SIMULINK интегрированного пакета MATLAB 6.5. (рис. 1). Отметим, что на блок-схеме для обозначения входов и выходов модели введены графические символы в виде овалов. Входные потоки представлены овалами с выходящей стрелкой, выходные – с входящей стрелкой. Нумерация входов и выходов является локальной и относится к соответствующей подсистеме или модели.

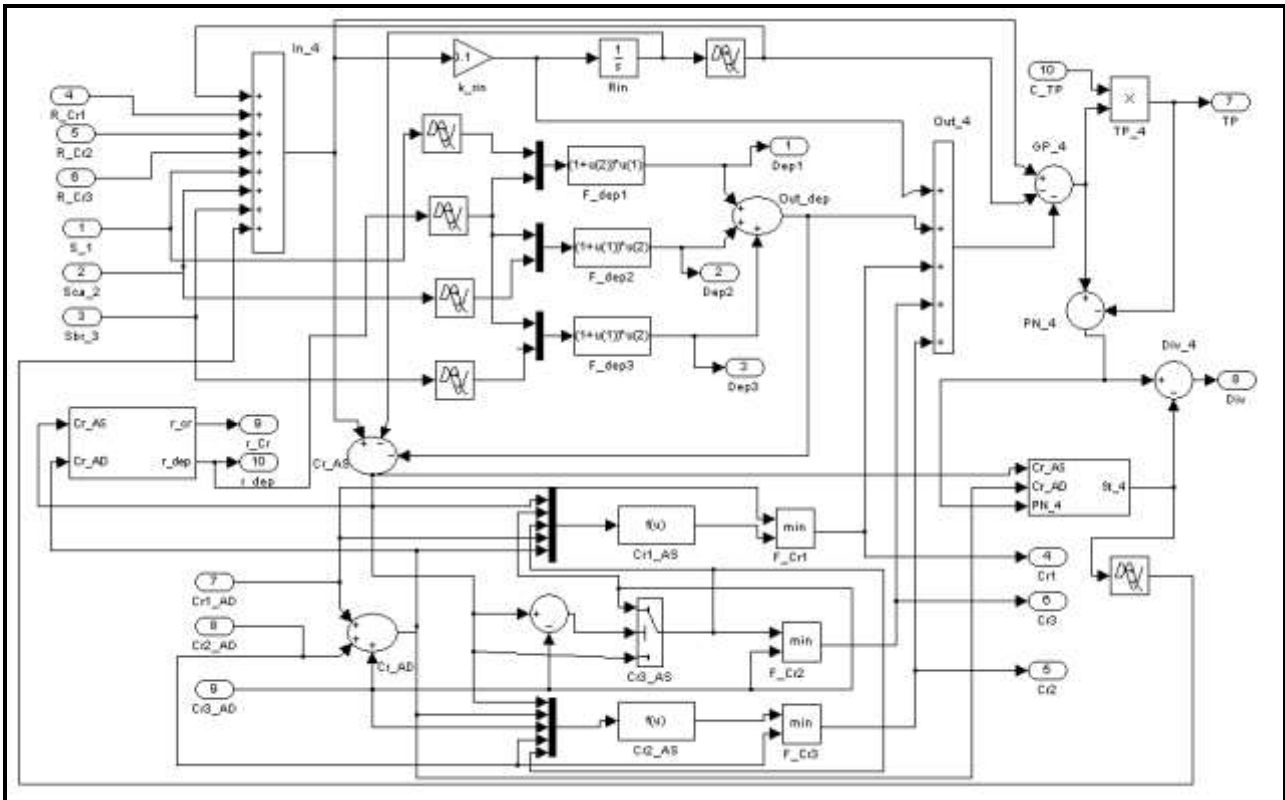


Рис. 1. Имитационная модель агента «финансовый рынок»

Доходы агента $In_4(t)$ на текущий момент времени t формируются на основе доходов от кредитования $In_{cr}(t)$, привлеченных депозитов $In_{dep}(t)$, накопленного страхового резерва $\sum_{i=t_0}^{t-1} Rin(i)$ предыдущих лет и запаса капитала $St_4(t-1)$, согласно формуле:

$$In_4(t) = In_{cr}(t) + In_{dep}(t) + \sum_{i=t_0}^{t-1} Rin(i) + St_4(t-1).$$

Доходы от кредитования $In_{cr}(t)$ складываются из объемов возвратов кредитов остальными агентами:

$$In_{cr}(t) = \sum_{i=1}^3 RCr_i(t),$$

где $RCr_i(t)$, $i = 1, 2, 3$ – объемы погашения кредитов «совокупным производителем», «домохозяйствами» и «государством (региональный бюджет)» соответственно. Потоки $RCr_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, являются входными для модели агента «финансовый рынок» и формируются как статьи расходов в моделях поведения соответствующих экономических агентов.

Доходы от привлеченных депозитов формируются, согласно формуле:

$$In_{dep}(t) = S_1(t) + S_2^{ca}(t) + S_3^{br},$$

где

$S_1(t)$ – сбережения совокупного производителя,

$S_2^{ca}(t)$ – сбережения домохозяйств во вкладах,

$S_3^{br}(t)$ – сбережения во вкладах агента «государство (региональное правительство)».

При этом потоки $S_1(t)$, $S_2^{ca}(t)$, $S_3^{br}(t)$ являются входными параметрами модели «финансовый рынок» и формируются в моделях поведения соответствующих агентов.

Объем средств, направленных на страховой резерв $Rin(t)$ является эндогенным параметром модели и определяется как статья расходов агента, формирование которой рассмотрим ниже.

Запас капитала $St_4(t-1)$ также выступает в качестве эндогенного параметра модели, величина которого зависит от принятой стратегии агента в предыдущем году.

Расходы агента «финансовый рынок» $Out_4(t)$ в текущем году складываются из объемов возврата вкладов $Out_{dep}(t)$, страхового резерва $Rin(t)$ и выданных кредитов $Cr(t)$ согласно формуле:

$$Out_4(t) = Out_{dep}(t) + Rin(t) + Cr(t).$$

Объем возврата вкладов $Out_{dep}(t)$ формируется за счет возврата агентам их финансовых вложений по формуле:

$$Out_{dep}(t) = \sum_{i=1}^3 Dep_i(t),$$

где $Dep_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, – объемы возврата финансовых вложений агентам «совокупный производитель», «домохозяйства» и «государство (региональное правительство)» соответственно. Расчет значений $Dep_i(t)$, $i = 1, 2, 3$ осуществляется на основе финансовых вложений соответствующих агентов в предыдущем году $S_i(t-1)$ и сложившейся на тот период бан-

ковской ставки по вкладам $r_{cr}(t-1)$ в соответствии с формулой:

$$Dep_i(t) = (1 + r_{dep}(t-1))S_i(t-1).$$

Банковская ставка по вкладам $r_{dep}(t)$ выступает в качестве эндогенного управляющего параметра модели, формирование величины которой рассмотрим ниже. Потоки $Dep_i(t)$ являются выходными параметрами модели и направляются в качестве входных координат в модели поведения соответствующих агентов.

Объем страхового резерва $Rin(t)$ в текущем году рассчитывается пропорционально доходам агента $In_i(t)$ согласно формуле:

$$Rin(t) = k_{rin}In_i(t),$$

где коэффициент k_{rin} определяет норму резервирования и выступает в качестве константы модели.

Объем выданных кредитов $Cr(t)$ в текущем году складывается из объемов кредитов, выданных остальным агентам по формуле:

$$Cr(t) = \sum_{i=1}^3 Cr_i(t),$$

где $Cr_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, – объемы выданных кредитов агентам «совокупный производитель», «домохозяйства» и «государство (региональное правительство)» соответственно. Объемы выданных кредитов агентам $Cr_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, для текущего года t определяются исходя из их спроса и предложения финансовым рынком кредитов согласно формуле:

$$Cr_i(t) = \min(Cr_i^{AS}(t); Cr_i^{AD}(t)), \quad i = 1, 2, 3,$$

где

$Cr_i^{AD}(t)$, $i = 1, 2, 3$, – спрос на кредиты,

$Cr_i^{AS}(t)$, $i = 1, 2, 3$, – предложение кредитов агентам «совокупный производитель», «домохозяйства», «государство (региональное правительство)» соответственно.

Здесь потоки $Cr_i^{AD}(t)$ являются входными для модели агента «финансовый рынок» и формируются при моделировании поведения соответствующих агентов. Потоки $Cr_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, являются выходными и направляются в качестве входных координат в модели поведения соответствующих агентов.

Объемы предложенных агентам финансовым рынком кредитов $Cr_i^{AS}(t)$, $i = 1, 2, 3$, формируются на основе совокупного предложения кредитов $Cr^{AS}(t)$, величина которого определяется по формуле:

$$Cr^{AS}(t) = In_4(t) - Out_{dep}(t) - \sum_{i=t_0}^{t-1} Rin(i).$$

Объем предложения кредита $Cr_3^{AS}(t)$ агенту «государство (региональное правительство)» в текущем году t рассчитывается согласно правилу:

$$Cr_3^{AS}(t) = \begin{cases} Cr_3^{AD}(t), & \text{если } Cr^{AS}(t) > Cr_3^{AD}(t); \\ Cr^{AS}(t), & \text{если } Cr^{AS}(t) < Cr_3^{AD}(t). \end{cases}$$

Объемы предложения кредитов производителям и домохозяйствам $Cr_i^{AS}(t)$, $i = 1, 2$, рассчитывается

пропорционально их спросу $Cr_i^{AD}(t)$ согласно соотношению:

$$Cr_i^{AS}(t) = \frac{Cr^{AS}(t) - Cr_3^{AS}(t)}{Cr^{AD}(t) - Cr_3^{AD}(t)} Cr_i^{AD}(t), \quad i = 1, 2,$$

где компонента $Cr^{AD}(t)$ характеризует совокупный спрос на кредиты и определяется по формуле:

$$Cr^{AD}(t) = \sum_{i=1}^3 Cr_i^{AD}(t).$$

Здесь же производится перерасчет величины ставки по кредитам $r_{cr}(t)$ в зависимости от изменения соотношения совокупного спроса $Cr^{AD}(t)$ и предложения на кредитные ресурсы согласно формуле:

$$r_{cr}(t) = r_{cr}(t-1) \frac{Cr^{AD}(t)}{Cr^{AS}(t)}.$$

Величина ставки по вкладам $r_{dep}(t)$ в текущем году рассчитывается пропорционально динамике процентной ставки по кредитам по формуле:

$$r_{dep}(t) = r_{dep}(t-1) \frac{r_{cr}(t)}{r_{cr}(t-1)}.$$

Оставшаяся часть дохода агента составляет валовую прибыль $GP_4(t)$ финансового рынка в текущем году t и находится из следующего балансового уравнения:

$$GP_4(t) = In_4(t) - Out_4(t) - \sum_{i=t_0}^{t-1} Rin(i).$$

Финансовым результатом деятельности агента «финансовый рынок» в текущем году t является получение чистой прибыли $PN_4(t)$, объем которой рассчитывается согласно уравнению:

$$PN_4(t) = GP_4(t) - TP_4(t),$$

где $TP_4(t)$ – налог на прибыль финансового рынка, значение которого определяется пропорционально его доле в валовой прибыли $GP_4(t)$ агента по формуле:

$$TP_4(t) = c_{TP}(t) GP_4(t).$$

Здесь коэффициент $c_{TP}(t)$ выступает в качестве внешнего сценарного параметра стратегии агента «государство (региональное правительство)». Поток $TP_4(t)$ является выходным и направляется согласно соответствующим коэффициентам пропорциональности в модели поведения агентов «государство (региональное правительство)» и «внешний мир».

На следующем этапе согласно стратегии агента идет распределение чистой прибыли $PN_4(t)$ на две составляющие: увеличение запаса капитала $\Delta St_4(t)$ и выплаты дивидендов собственникам $Div_4(t)$.

Объем средств, направленных на увеличение запаса капитала финансового рынка в текущем году, рассчитывается пропорционально его доле в чистой прибыли согласно формуле:

$$\Delta St_4(t) = u_{sk}(t) PN_4(t).$$

Здесь коэффициент $u_{sk}(t)$ отражает долю прибыли, направленную на увеличение запаса капитала и рассчитывается по формуле:

$$u_{sr}(t) = u_{sr}(t-1) \frac{Cr^{AD}(t) Cr^{AS}(t-1)}{Cr^{AS}(t) Cr^{AD}(t-1)}$$

В начальный момент времени величина коэффициента $u_{sr}(t_0)$ задана.

Процесс формирования запаса капитала агента «финансовый рынок» в t -м году описывается уравнением:

$$\frac{dSt_4(t)}{dt} = \Delta St_4(t)$$

Объем выплат дивидендов собственникам $Div_4(t)$ рассчитывается как разница между чистой прибылью $PN_4(t)$ и объемом средств, направленных на увеличение запаса капитала $\Delta St_4(t)$:

$$Div_4(t) = PN_4(t) - \Delta St_4(t)$$

Здесь $Div_4(t)$ является выходным параметром модели и направляется в качестве входной координаты в модель поведения агента «домохозяйства».

По аналогичной схеме реализован комплекс имитационных моделей поведения остальных экономических агентов [см., например 4], которые затем логически встроены в единую вычислительную схему в среде имитационного моделирования Matlab-Simulink. Разработанная комплексная имитационная модель региона и реализующая ее в практическом аспекте информационная система позволяют проводить экспериментальные модельные расчеты по обоснованию различных стратегий социально-экономического развития региона, расчета экономического эффекта от применения различных инструментов регулирования экономики региона. При этом предложенная модель не столько прогнозирует развитие экономики на средне- и долгосрочную перспективу, сколько позволяет оценить степень его устойчивости к возникновению возможных дисбалансов, кризисным явлениям при разной степени нагрузки на экономику, задаваемое в модели в виде индикативного плана. Индикативный план определяет целевые параметры развития экономики на долгосрочную перспективу. В качестве основного индикатора в модели заложен объем валового регионального продукта (ВРП) (темпа экономического роста).

На основе предложенной модельной конструкции проведена оценка устойчивости финансовой сферы экономики Республики Башкортостан при индикативном плане, задающем средний темп роста ВРП (на уровне порядка 5-6%) на долгосрочную перспективу до 2030 г. В качестве ориентира динамики ВРП в модели приняты темпы экономического роста, обозначенные в рамках Концепции долгосрочного развития РФ до 2020 г., Стратегии социально-экономического развития Республики Башкортостан до 2020 г., в долгосрочной перспективе до 2030 г. заложенный тренд был экстраполирован. На основе заданного индикативного плана рассчитаны базовые параметры финансовой сферы региона, обеспечивающие достижение заданных темпов экономического роста (рис. 2).

Экспериментальные расчеты позволили сделать вывод о том, что при априорно заданной в рамках индикативного плана средней динамики экономического роста на долгосрочную перспективу до 2030 г. на уровне порядка 5-6%, финансовая сфера экономики

Республики Башкортостан сохранит устойчивость по базовым показателям.

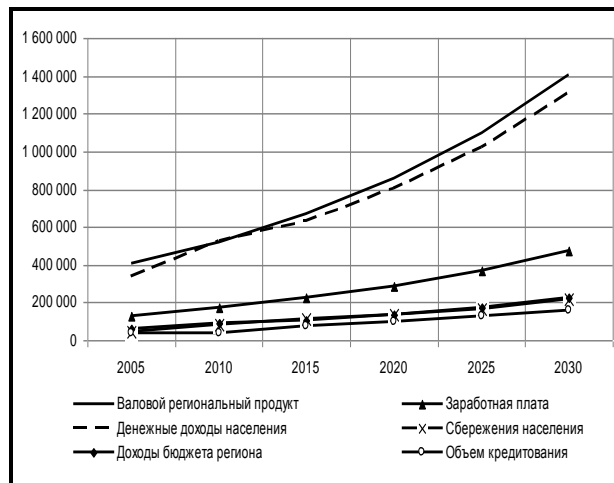


Рис. 2. Прогнозная оценка отдельных параметров Республики Башкортостан в долгосрочной перспективе, млн. руб. в ценах базового 2005 г.

В целом результаты апробации предложенной динамической имитационной модели свидетельствуют о достаточной степени адекватности и достоверности прогнозных оценок, что позволяет использовать ее в качестве практического инструмента решения прогнозных и аналитических задач при планировании развития регионов на средне- и долгосрочную перспективу.

Низамутдинов Марсель Малихович

Ямилова Ляйсан Салимьяновна

Литература

- Макаров В.Л. и др. CGE модель социально-экономической системы России со встроенными нейронными сетями [Текст] / Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В. — М. : ЦЭМИ РАН, 2005. — 152 с.
- Низамутдинов М.М. Имитационное моделирование как инструмент обоснования среднесрочных стратегий регионального развития [Текст] / М.М. Низамутдинов // Экономика и управление. — 2009. — №5. — С. 104-111.
- Низамутдинов М.М. К вопросу о подходах к построению модели экономики регионов [Текст] / М.М. Низамутдинов, Л.С. Ямилова // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. — 2010. — Т. 3. — №4. — С. 52-63.
- Низамутдинов М.М. Описание экономической стратегии домохозяйств в рамках комплексного моделирования развития региона [Текст] / М.М. Низамутдинов, Л.С. Ямилова // Аудит и финансовый анализ. — 2011. — №5. — С. 161-166.
- Олейник А.Г. Инструментальная система комплексного концептуального моделирования задач регионального управления [Текст] / А.Г. Олейник // Информационные ресурсы России. — 2005. — №2. — С. 33-36.
- Путилов В.А. Технология автоматизированной разработки динамических моделей для поддержки принятия решений [Текст] / В.А. Путилов, А.В. Горохов, А.Г. Олейник // Информационные ресурсы России. — 2004. — №1. — С. 30-33.
- Снетков Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст] : учеб.-практ. пособие / Н.Н. Снетков. — М. : Изд. центр ЕАОИ, 2008. — 228 с.
- Цыбатов В.А. Моделирование экономического роста [Текст] / В.А. Цыбатов ; под науч. ред. Г.Р. Хасаева. — Самара : Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2006. — 385 с.

Ключевые слова

Экономический агент; финансовый рынок; имитационная модель; экономическая стратегия; устойчивое развитие регионов; индикативный план.

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность проблемы. Эффективное управление сложными территориальными социально-экономическими системами регионального уровня требует от лица, принимающего решение, тщательного анализа сложившейся ситуации, позволяющего предвидеть ее развитие и оценить последствия принимаемых решений для всех сфер жизнедеятельности общества. В связи с этим требуется соответствующий инструментарий, позволяющий решать задачи нормативного и индикативного прогнозирования и планирования.

Научная новизна и практическая значимость. Авторами исследования в качестве такого инструментария предложена динамическая имитационная комплексная экономико-математическая модель региона, которая, в отличие от существующих подходов, позволяет формировать средние и долгосрочные стратегии развития региона с учетом взаимовлияния целей и результатов деятельности экономических агентов на микроуровне и приоритетов социально-экономического развития на мезоуровне. Концепция построения предложенной модельной конструкции основана на композиции моделей поведения экономических агентов, динамических балансовых моделей и модели управления. Существенным элементом построенной модели является механизм адаптации агентов к текущим стратегиям друг друга в рамках каждого модельного момента времени и одновременно условиям и ограничениям, задаваемым им через систему регуляторов более высокого уровня. Посредством такого механизма обеспечивается достижение локальных и глобальной целей, формирующих устойчивую динамику экономического роста. В данной работе основное внимание уделено описанию экономической стратегии агента «финансовый сектор».

Практическая реализация предложенной модели в среде имитационного моделирования Matlab-Simulink позволяет проводить экспериментальные модельные расчеты, которые могут использоваться для обоснования стратегий социально-экономического развития региона, расчета экономического эффекта от применения различных инструментов регулирования экономики региона. В частности, в работе приведены результаты модельных расчетов по обоснованию долгосрочной стратегии социально-экономического развития Республики Башкортостан на период до 2030 г.

Заключение: Рецензируемая статья отвечает требованиям, предъявляемым к научным публикациям, и может быть рекомендована к опубликованию.

*Гатауллин Р.Ф., д.э.н., проф., главный научный сотрудник
Института социально-экономических исследований Уфимского
научного центра Российской Академии наук*