УДК 330.44; 332.1
JEL C67, H60, H72, R15
DOI 10.25205/2542-0429-2018-18-3-104-116

А. О. Баранов^{1,2}, З. Б.-Д. Дондоков³, В. Н. Павлов¹

¹ *Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН*

² *Новосибирский национальный исследовательский государственный университет*

³ *Бурятский научный центр СО РАН*

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ МОДЕЛИ С НЕЧЕТКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ БУРЯТИИ *

Аннотация

Целью исследования является апробация в практических прогнозных расчетах построенной авторами динамической межотраслевой модели (ДММ) экономики Республики Бурятия (РБ) с нечеткими параметрами, изучение надежности полученных с ее использованием прогнозных показателей и устойчивости динамики основных показателей экономики региона по отношению к вариации инвестиций в основной капитал и сальдо ввоза-вывоза. В статье приводится также описание понятий нечеткого множества, совпадения нечетких множеств, коэффициента надежности совпадения двух нечетких показателей и коэффициента устойчивости экономических показателей, которые используются при прогнозировании развития экономики РБ. В статье сделан акцент именно на применении нечетко-множественного подхода к прогнозированию экономики региона. В результате прогнозных расчетов показана достаточно высокая надежность прогноза регионального валового выпуска по отношению к варьированию инвестиций в основной капитал и сальдо ввоза-вывоза в экономике РБ в период 2018–2021 гг. При переходе к более высоким темпам роста инвестиций в оптимистическом варианте надежность прогноза регионального валового выпуска по отношению к варьированию инвестиций снижается. Одновременно повышается надежность прогноза относительно вариации сальдо ввоза-вывоза. Прогнозные расчеты показали очень низкую устойчивость динамики валового выпуска экономики РБ по отношению к изменению инвестиций в основной капитал. Это говорит о возможности резкого ускорения экономического роста в РБ за счет существенного наращивания инвестиций.

Ключевые слова

динамическая межотраслевая модель, нечетко-множественные методы, экономика Республики Бурятия

Основные направления использования нечетко-множественных методов в межотраслевых макроэкономических исследованиях

В настоящее время в России отмечается активная научная разработка методических и методологических вопросов применения нечетко-множественных методов в анализе макроэкономических процессов. Это подтверждается большим количеством диссертаций, защищен-

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-02-00650.

ных российскими экономистами по этой тематике. Подавляющее большинство этих исследований базируются на результатах докторской диссертации А. О. Недосекина [1], где автор разработал основополагающие подходы к нечетко-множественному анализу макроэкономических и финансовых процессов. Применение нечетко-множественных методов к анализу рисков выполнено в [2].

Неопределенность макроэкономических прогнозов, полученных с использованием межотраслевых динамических моделей, порождается неопределенностью, содержащейся в межотраслевой статистике. Особенностью этой неопределенности является высокий уровень устойчивости статистических параметров. Так, например, еще Н. Ф. Шатилов [3] доказал, что параметры межотраслевых связей первого квадранта таблицы «Затраты-Выпуск» со степенью надежности, близкой к единице, можно считать постоянными или очень медленно меняющимися. Эта особенность межотраслевой статистики приводит к необходимости оценивать статистически мало значимые уровни неопределенности. Теоретико-вероятностные методы в чистом виде здесь не обеспечивают достаточного уровня достоверности полученных результатов. Разработанная в [4] методика нечетко-множественного описания экономических показателей при соответствующем подборе параметров фазификации успешно решает проблему оценки надежности показателей, вычисленных с использованием межотраслевых динамических моделей. Эта методика включена в систему КАМИН (комплексный анализ межотраслевой информации) и в настоящее время используется для исследования неопределенности межотраслевых прогнозов.

Теоретико-вероятностные и нечетко-множественные методы анализа экономической неопределенности

Для математического исследования неопределенности в настоящее время разработаны две теории: теория вероятностей и теория нечеткости. Основным объектом теории вероятностей является случайная точка, а основным объектом теории нечеткости – нечеткое множество, которое обобщает понятие четкого (Канторовского) множества.

Наш интерес к одновременному использованию этих двух теорий для исследования неопределенности связан с тем, что они отличаются по применяемым подходам и в известной степени дополняют друг друга. Теоретико-вероятностные методы в настоящее время хорошо известны, математическое обоснование применения нечетко-множественных методов в макроэкономических исследованиях выполнено в монографии [4].

Определение нечеткого множества. Нечеткое множество $A \subseteq X$ определяется функцией принадлежности $f_A : X \rightarrow [0;1]$, удовлетворяющей в каждой точке $x \in X$ условию $0 \leq f_A(x) \leq 1$. Здесь число $f_A(x)$ называется степенью принадлежности точки $x \in X$ нечеткому множеству $A \subseteq X$. В терминах многозначной логики функцию принадлежности нечеткого множества можно проинтерпретировать следующим образом. Если $f_A(x) = 0$, то высказывание $x \in A$ абсолютно ложное. Если $f_A(x) = 1$, то высказывание $x \in A$ абсолютно истинное. Если $0 < f_A(x) < 1$, то степень правдоподобности высказывания $x \in A$ равна $f_A(x)$.

Для вычисления наиболее правдоподобного значения s_0 нечеткого показателя $S \subseteq X$ решается задача максимизации функции принадлежности f_S :

$$f_S(x_0) = \sup_{x \in X} f_S(x).$$

Для исследования неопределенности, сопровождающей принятие решений в экономике, все источники неопределенности агрегируются в две группы: неопределенность цели и неопределенность располагаемых ресурсов. Располагаемые ресурсы определяют множество допустимых решений, а цель определяет выбор конкретного решения из множества допустимых.

Особенность описания неопределенности располагаемых ресурсов на языке теории вероятностей заключается в том, что она должна быть описана случайным точечно-множественным отображением. В монографии [4] разработана концепция исследования свойств случайных точечно-множественных отображений на основе их нечетко-множественного описания. Основным математическим результатом, на котором базируются исследования в работе [4], является установленное авторами соответствие F , которое каждому случайному точечно-множественному отображению $\xi: \omega \rightarrow \xi(\omega) \subseteq X$, где ω – случайный элемент вероятностного пространства Ω , ставит в соответствие нечеткое множество $F(\xi) \subseteq X$ в том же пространстве, порожденное отображением ξ . Обратное преобразование $F(\xi) \rightarrow \xi$ нечеткого множества в случайное точечно-множественное отображение неоднозначно, т. е. одному нечеткому множеству соответствует целый класс K случайных точечно-множественных отображений. Важным свойством соответствия F является то, что $\xi \in K = F^{-1}(F(\xi))$.

Продуктивность идеи перехода от случайных точечно-множественных отображений к нечетким множествам заключается в следующем. Во-первых, нечеткое множество $F(\xi)$ сохраняет многие свойства исходного отображения ξ ; во-вторых, для анализа нечетких множеств в настоящее время разработаны прикладные пакеты программ, которые отсутствуют для случайных точечно-множественных отображений.

Совпадение нечетких множеств. Пусть X – некоторое пространство с мерой μ . Обозначим через $\mathfrak{Z}(X)$ совокупность нечетких множеств в пространстве X . Пусть $A, B \in \mathfrak{Z}(X)$. Так как для всякого $x \in X$ справедливо неравенство $f_{A \cap B}(x) \leq f_B(x)$ (см. [4]), то имеем

$$\int_X f_{A \cap B} d\mu \leq \int_X f_B d\mu.$$

Следовательно, неотрицательное число

$$Pl(A; B) = \frac{\int_X f_{A \cap B} d\mu}{\int_X f_B d\mu}$$

не превосходит единицы.

Определение. Назовем неотрицательное число

$$T(A; B) = \min \{Pl(A; B); Pl(B; A)\}$$

правдоподобностью совпадения нечетких множеств A и B .

Очевидно, справедливо равенство $T(A; B) = T(B; A)$.

Коэффициент надежности совпадения двух нечетких показателей. Пусть даны два экономических показателя a и b , вычисленных в виде нечетких множеств x и y . Тогда коэффициент надежности совпадения значений этих показателей $N(a, b)$ определяется как коэффициент правдоподобности $T(x, y)$ совпадения нечетких множеств x и y , т. е. $N(a, b) = T(x, y)$.

Коэффициент устойчивости экономических показателей. Устойчивость экономических показателей, согласно общепринятому пониманию, означает их устойчивость относительно некоего уровня, определяемого их трендом; таким образом, предполагается детерминистский подход к анализу экономического развития. Однако в условиях высокой неопределенности экономических систем само понятие тренда является, на наш взгляд, размытым, а использование подобного подхода не позволяет в полной мере учитывать сложные взаимосвязи экономического развития и ограничивает сферу решаемых на его основе задач.

Предлагаемый инструментарий дает возможность не только количественно оценить уровень устойчивости, но и соотнести степень согласованности неопределенности прогнозной траектории исследуемого показателя с неопределенностью траектории экзогенных параметров модели. Благодаря этому реализуемый подход позволяет измерить степень увеличения или уменьшения исходной неопределенности экономической системы в динамике различных анализируемых показателей и по-новому взглянуть на традиционное понятие устойчивости динамики экономических показателей.

Пусть $D \in R^n$ есть набор экзогенных параметров некоей экономико-математической модели, и x – прогнозируемый показатель по этой модели. Будем считать, что процедура вычисления прогнозируемого показателя x по этой модели имеет вид $x = F(D)$.

Если экзогенные параметры содержат ошибки измерения $\tilde{D}_j = D_j \pm r_j$, то прогнозируемый показатель также содержит ошибку $\tilde{x} = x \pm \Delta x$. Если функция F непрерывно дифференцируема по каждой переменной, то для ошибки прогнозируемого параметра справедливо равенство

$$\Delta x = \sum_j \frac{\partial F(D)}{\partial D_j} \cdot r_j + o(\|r\|),$$

где через $o(\|r\|)$ обозначена бесконечно малая по сравнению с максимальной величиной ошибка.

Если через r_j задается максимальная величина ошибки j -го параметра, а фактическая ошибка распределена по интервалу $(D_j - r_j, D_j + r_j)$ с заданной функцией распределения, то ошибка прогнозируемого параметра также является случайной величиной.

Количественное измерение устойчивости траектории исследуемого показателя основывается на расчете коэффициента устойчивости (u), расчет которого, в свою очередь, основывается на коэффициенте степени согласованности нечетких значений экзогенных параметров и нечеткого значения прогнозируемого показателя.

Определение коэффициента согласованности функций принадлежности предполагает сравнение функции принадлежности одного показателя с функцией принадлежности другого. Для сопоставимости данных по степени согласованности нескольких экономических показателей необходимо выбрать единую базу для их сравнения, т. е. или задать один из рассматриваемых показателей в качестве эталона, или ввести некую эталонную функцию принадлежности. Нами реализован второй подход, одним из преимуществ которого является обеспечение сопоставимости результатов, полученных в рамках различных исследований, при условии использования единой эталонной функции принадлежности.

При анализе устойчивости A является заданным нечетким множеством с функцией принадлежности $f_A(t)$. Множество A играет роль эталона. Эталон подбирается так, чтобы для каждого исследуемого нечеткого показателя x нашлось s и множество положительной меры $G \subseteq R$, чтобы для всякого $t \in G$ было справедливо неравенство $f_A(t-s) \geq f_x(t)$. Если через A_s обозначить нечеткое множество, имеющее функцию принадлежности $f_A(t-s)$, то для каждого нечеткого экономического показателя x определяется степень его устойчивости $u(x)$ относительно эталона A по формуле $u_A(x) = T(A_s, x)$.

В работе [5] показано, что при замене эталона A на B относительные показатели устойчивости для всех x одновременно увеличиваются или уменьшаются с обязательным выполнением условия: если $u_A(x) > u_A(y)$, то $u_B(x) > u_B(y)$.

Если же сравниваются всего два нечетко описанных показателя X и Y , то без потери общности один из них, например X , можно считать эталоном. Тогда правдоподобность совпадения объявленного эталонным нечеткого множества (X) с самим собой равна 1, а правдоподобность совпадения множества Y с X меньше единицы. В ситуации, когда два сравниваемых нечетких множества описывают один и тот же экономический показатель при различных па-

раметрах D , эту правдоподобность совпадения можно считать устойчивостью исследуемого экономического показателя. В данной статье речь идет именно об этом типе устойчивости прогнозируемого валового выпуска РБ в 2021 г. как функции от инвестиций в основной капитал.

Прогнозирование развития экономики Республики Бурятия с использованием динамической межотраслевой модели с нечеткими параметрами¹

Имеется достаточно обширная литература, в которой рассматриваются проблемы, тенденции и основные направления перспективного развития отраслей и секторов экономики Республики Бурятия. Прежде всего, необходимо выделить работу «Стратегия регионального развития: Республика Бурятия – 2015», которая была подготовлена авторским коллективом под общей редакцией А. Г. Гранберга, П. А. Минакира и Л. В. Потапова [6]. В рамках описанного в монографии исследования прогнозные расчеты развития экономики Республики Бурятия выполнялись с использованием региональной макроэкономической модели, разработанной в ИСЭМ СО РАН.

В работе И. Г. Сангадиевой исследованы особенности формирования системы институционального обеспечения стратегического планирования РБ [7]. В. Г. Беломестнова и К. П. Хардаева рассматривали проблемы формирования стратегии социально-экономического развития региона на примере Республики Бурятия. Ими была описана концепция формирования «полихромной» эколого-ориентированной экономики и социо-эколого-экономического замещения ресурсов, а также возможные механизмы реализации региональной стратегии [8]. Необходимо отметить работу Н. И. Булатовой и П. В. Тихоновой, в которой проведен анализ ключевых проблем развития Республики Бурятия и выделены основные направления государственной региональной политики, способствующие их решению [9].

Одной из ключевых особенностей Республики Бурятия является значительное влияние на развитие ее экономики жестких экологических ограничений. Эта проблема, в частности, рассматривается в статьях Л. В. Потапова и других исследователей [12].

Отметим также, что в последние годы в статьях, посвященных перспективам развития Республики Бурятия, значительное внимание уделяется проблемам создания экономического коридора «Китай – Монголия – Россия». Центральная ось этого коридора проходит по территории Бурятии: Тяньцзинь – Пекин – Эрэн-Хото (Эрлян) – Улан-Батор – Наушки / Кяхта – Улан-Удэ. В статьях Н. И. Атанова, Г. О. Борисова, З. Б.-Д. Дондокова и В. О. Намжиловой рассматриваются вопросы сопряжения и гармонизации проектов Евразийского экономического союза и Экономической зоны Великого шёлкового пути, а также дается экспертная характеристика программы создания этого коридора [10].

Необходимо отметить, что, за исключением работы [6], в исследованиях перспектив развития экономики РБ не применялись какие-либо экономико-математические модели. Публикации носили в основном описательный и концептуальный характер. В связи с этим приведенные ниже результаты и выполненные ранее работы [11] возобновляют исследования перспектив развития экономики РБ с использованием аппарата экономико-математического моделирования.

Экспериментальные прогнозные расчеты по экономике РБ выполнялись на период 2018–2021 гг. Информационная база для ДММ экономики РБ была разработана для 2014 г. в основных ценах этого же года с использованием информации из таблиц Затраты-Выпуск для РБ за 2011 г. [12]. Прогнозные расчеты проводились в три этапа. На первом этапе на основе отчетных данных о развитии экономики РБ в 2015–2017 гг. были построены траектории региональных и отраслевых показателей экономики республики, максимально точно имитирующие реальную динамику в ретроспективе. На втором этапе был выполнен прогноз развития экономики РБ на период 2018–2021 гг. Отличие от выполненных ранее прогнозных

¹ В силу ограниченности рамками статьи акцент сделан на анализе динамики экономических показателей для региона в целом, без рассмотрения особенностей отраслевой динамики.

расчетов [11] состояло в следующем: 1) были учтены отчетные данные по динамике отраслей экономики РБ в 2017 г.; 2) базовый и оптимистический варианты прогноза были выполнены с использованием аппарата нечетких множеств.

Результаты прогнозных расчетов для экономики РБ на период 2018–2021 гг. по базовому и оптимистическому вариантам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Темпы роста макропоказателей экономики Республики Бурятия
в 2018–2021 гг. по двум вариантам прогноза, %

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2018- 2021 гг.
Валовой выпуск - всего					
базовый вариант	100,5	101,2	101,9	102,5	106,4
оптимистический вариант	101,6	102,2	103,4	104,3	112,0
Производство средств производства и промежуточных услуг					
базовый вариант	100,6	101,1	101,6	102,0	105,4
оптимистический вариант	101,7	102,1	103,2	103,9	111,4
Производство предметов потребления и услуг для домашних хозяйств					
базовый вариант	100,4	101,4	102,4	103,3	107,8
оптимистический вариант	101,4	102,4	103,7	104,9	112,9
Валовой региональный продукт					
базовый вариант	101,1	101,9	102,6	103,2	109,1
оптимистический вариант	102,2	102,9	104,1	105,0	115,0
Инвестиции в основной капитал					
базовый вариант	102,3	102,5	103,6	104,0	113,0
оптимистический вариант	103,2	104,5	105,7	106,0	120,8
Основные фонды					
базовый вариант	100,6	100,8	101,0	101,2	103,6
оптимистический вариант	101,0	101,2	101,3	101,5	105,2
Материалоемкость валового выпуска					
базовый вариант	99,5	99,5	99,4	99,4	97,8
оптимистический вариант	99,5	99,4	99,4	99,4	97,7
Фондоемкость валового выпуска по основным фондам					
базовый вариант	100,1	99,5	99,1	98,7	97,4
оптимистический вариант	99,4	99,0	98,0	97,3	93,9

Источник: результаты расчетов авторов с использованием ДММ экономики РБ.

*Основные предположения базового варианта прогноза
для Республики Бурятия*

1. В базовом варианте предполагается, что в экономике России в прогнозном периоде не произойдет заметного ускорения экономического роста и будет реализован инерционный вариант развития, характеризующийся пассивной монетарной и фискальной политикой.

2. Экономическое развитие Республики Бурятия характеризуется значительной инерционностью: общие для экономики России тенденции в республике проявляются, как правило, с запаздыванием примерно на 1–2 года. С 2016 г. в большинстве отраслей Бурятии начался полномасштабный спад производства, предпосылки которого, помимо общероссийских, были заложены гораздо раньше. Кризисные явления в экономике республики в значительной степени обусловлены снижением выпуска продукции крупнейшими промышленными предприятиями, включая Улан-Удэнский авиационный завод и завод металлоконструкций. Поэтому в базовом варианте прогнозируются незначительные темпы роста ВРП и валового выпуска в 2018–2019 гг. Более значительные темпы роста этих ключевых макропоказателей прогнозируются лишь в 2020–2021 гг.

3. Негативное влияние на развитие республики оказало снижение объема инвестиций в экономику региона, имевшее место в 2014–2016 гг. В наибольшей степени это сказалось на строительстве. Положительные темпы роста инвестиций в основной капитал и валового выпуска строительства возобновились лишь в 2017 г., когда объем валового выпуска строительства в сопоставимых ценах возрос на 7,5 % и, по нашей оценке, таким же темпом росли инвестиции. В базовом варианте предполагается продолжение роста инвестиций в основной капитал и валового выпуска строительства незначительными темпами (2–4 %) в 2018–2021 гг. (см. табл. 1).

*Основные предположения оптимистического варианта прогноза
для Республики Бурятия*

1. В оптимистическом варианте предполагается, что в России в прогнозном периоде будет проводиться более мягкая кредитно-денежная политика и активная фискальная политика, содействующая ускорению экономического роста. Более благоприятные макроэкономические условия окажут позитивное воздействие на развитие экономики РБ.

2. Как уже отмечалось [11], перспективы развития экономики Республики Бурятия зависят от использования двух ключевых факторов, определяющих специфику региона: географическая близость к Китаю – второй экономике мира, и «Байкальский фактор», создающий условия для развития туризма и смежных с ним видов экономической деятельности. В условиях складывающейся геополитической ситуации активизируется «восточный» вектор развития Российской Федерации, включающий усиление экономического взаимодействия с КНР. Открываются большие возможности совместного с Китаем использования Транссибирской и Байкало-Амурской магистрали, что подразумевает увеличение перевозки российских и китайских грузов по участкам железных дорог, проходящих по территории Республики Бурятия. Развитию автомобильного транспорта будет способствовать создание экономического коридора Россия – Китай – Монголия в увязке с китайской инициативой «Экономический пояс Шелкового пути», монгольской концепцией «Степной путь» и российской идеей строительства Евразийского экономического союза. Предполагается увеличение объема перевозок по автомобильной дороге федерального значения «Байкал» между Улан-Удэ и Кяхтой. Реконструкция взлетной полосы в аэропорту Улан-Удэ и открытие новых авиационных маршрутов создадут условия для увеличения объемов пассажирских и грузовых авиаперевозок в РБ. Создание туристического маршрута «Великий чайный путь» будет способствовать увеличению потоков китайских туристов, развитию сети гостиниц, предприятий общественного питания, туристических баз. Большое значение имеет принятое новым руководством Республики Бурятия решение о возрождении проекта по созданию особой экономической зоны туристско-рекреационного типа «Байкальская гавань» на территории Прибайкальского района. В связи с этим в оптимистическом варианте предполагалось ускоренное развитие таких ви-

дов экономической деятельности, как «Гостиницы и рестораны», «Здравоохранение и предоставление социальных услуг», «Транспорт и связь».

3. В оптимистическом варианте предполагалось, что ускоренное развитие отраслей по производству услуг потребует восстановления инвестиционного комплекса в республике, ускоренного роста инвестиций в основной капитал и отрасли «Строительство». Кроме того, более мягкая кредитно-денежная политика, проводимая в рамках оптимистического варианта Банком России на макроуровне, будет содействовать оживлению инвестиционного процесса в республике.

*Результаты прогнозных расчетов развития экономики РБ
с использованием динамической межотраслевой модели с нечеткими параметрами*

При проведении прогнозных расчетов по оценке перспектив развития экономики РБ на период 2018–2021 гг. с использованием ДММ с применением аппарата нечетких множеств было принято решение о варьировании таких ключевых для экономики республики показателей, как инвестиции в основной капитал и сальдо ввоза-вывоза. Инвестиции играют определяющую роль в формировании динамике ВРП республики. Ввоз и вывоз, включая импорт и экспорт, составляет в валовом выпуске республики значительную долю (примерно 17 % для каждого из показателей в 2014 г.). Особенно важна роль внешних связей в таких видах экономической деятельности в РБ, как «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Сельское хозяйство» и «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» (в части вывоза).

Инвестиции в основной капитал и сальдо ввоза-вывоза продукции варьировались («раскачивались») в пределах $\pm 10\%$ от их значений, экзогенно заданных в каждом году прогнозного периода при расчете с детерминированными параметрами ДММ экономики РБ.

На рис. 1 приведены функция принадлежности валового выпуска экономики РБ в 2021 г. и функция принадлежности треугольного эталона. В случае «раскачки» инвестиций в основной капитал для базового варианта расчетов надежность прогноза валового выпуска равна 73,3 %.

Рис. 1. Геометрическая интерпретация надежности прогнозирования валового выпуска экономики РБ в 2021 г. по отношению к варьированию инвестиций по базовому варианту
(в рис. 1–4 сплошная линия – функция принадлежности валового выпуска в 2021 г.,
пунктирная – функция принадлежности эталона)

Геометрическая интерпретация надежности прогнозируемого показателя (в данном случае – валового выпуска) состоит в следующем. Она равна минимуму из отношения площади пересечения подграфиков функций принадлежности валового выпуска и эталона (заштрихованная площадь) к общей площади подграфика эталона и к общей площади подграфика валового выпуска. Показатели надежности прогнозирования валового выпуска экономики РБ для базового и оптимистического вариантов для 2021 г. приведены в табл. 2.

Таблица 2

Надежность прогноза валового выпуска экономики РБ для 2021 г.
при варьировании инвестиций в основной капитал и сальдо ввоза-вывоза, %

Показатель	Базовый вариант	Оптимистический вариант
Валовой выпуск		
вариация инвестиций в основной капитал	73,3	64,1
вариация сальдо ввоза -вывоза	63,3	78,2

Источник: результаты расчетов авторов с использованием ДММ экономики РБ с нечеткими параметрами.

Рис. 2. Геометрическая интерпретация надежности прогнозирования валового выпуска экономики РБ в 2021 г. по отношению к варьированию сальдо ввоза-вывоза по базовому варианту

В случае «раскачки» сальдо ввоза-вывоза надежность прогноза валового выпуска для базового варианта расчетов она равна 63,3 % (рис. 2).

Показатели надежности прогнозирования валового выпуска экономики РБ для оптимистического варианта для 2021 г. для случаев варьирования инвестиций в основной капитал и сальдо ввоза-вывоза приведены на рис. 3 и 4.

На рис. 5 дана геометрическая интерпретация устойчивости величины валового выпуска по отношению к «раскачке» инвестиций в основной капитал. Геометрической характеристикой устойчивости является отношение площади пересечения двух подграфиков анализируемого показателя к площади этих подграфиков. Из данных рис. 5 следует, что устойчивость валового выпуска экономики РБ по отношению к изменению инвестиций очень низка и равна примерно 9 % – см. заштрихованную область на рис. 5. Рост инвестиций в оптимистическом варианте приводит к существенному увеличению валового выпуска экономики РБ – график функции принадлежности валового выпуска для 2021 г. резко смещается вправо.

Рис. 3. Геометрическая интерпретация надежности прогнозирования валового выпуска экономики РБ в 2021 г. по отношению к варьированию инвестиций по оптимистическому варианту

Рис. 4. Геометрическая интерпретация надежности прогнозирования валового выпуска экономики РБ в 2021 г. по отношению к варьированию сальдо ввоза-вывоза по оптимистическому варианту

Рис. 5. Геометрическая интерпретация устойчивости валового выпуска по отношению к изменению инвестиций в базовом (сплошная линия) и оптимистическом (пунктирная линия) вариантах прогноза для 2021 г.

Основные выводы

1. Анализ экономической литературы показал, что метод нечетких множеств до настоящего времени не получил широкого распространения в региональных исследованиях ни за рубежом, ни в России.
2. Использование нечетко-множественного подхода позволило выявить достаточно высокую надежность прогноза регионального валового выпуска по отношению к варьированию инвестиций в основной капитал и сальдо ввоза-вывоза в экономике РБ в период 2018–2021 гг. Надежность прогноза валового выпуска для 2021 г. колеблется в пределах 63–78 %.
3. При переходе к более высоким темпам роста инвестиций в оптимистическом варианте надежность прогноза регионального валового выпуска по отношению к варьированию инвестиций снижается с 73 до 64 %. Одновременно повышается надежность прогноза относительно вариации сальдо ввоза-вывоза с 63 до 78 % (см. табл. 2).
4. Прогнозные расчеты показали очень низкую устойчивость динамики валового выпуска экономики РБ по отношению к изменению инвестиций в основной капитал (см. рис. 5). Это говорит о возможности резкого ускорения экономического роста в РБ за счет существенного наращивания инвестиций.

Список литературы

1. Недосекин А. О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: Дис. ... д-ра экон. наук. СПб., 2003. 280 с.
2. Абдулаева З. И. Разработка методов управления рисками инновационной деятельности: Дис. ... канд. экон. наук. СПб., 2013.
3. Шатилов Н. Ф. Анализ зависимостей расширенного воспроизводства и опыт его моделирования. Новосибирск, Наука, 1974.
4. Павлов А. В., Павлов В. Н. Нечетко-случайные методы исследования неопределенности и их макроэкономические приложения. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 188 с.
5. Гильмундинов В. М., Павлов А. В., Павлов В. Н. Устойчивость прогнозируемых экономических показателей в системе KAMIN-FUZZY // Сибирская финансовая школа. 2008. № 2 Март-Апрель. С. 17–20.
6. Стратегия регионального развития: Республика Бурятия – 2015 / Под общ. ред. А. Г. Гранберга, П. А. Минакира, Л. В. Потапова; Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Ин-т экон. исследований. М.: Экономика, 2005. 664 с.
7. Сангадиева И. Г. Стратегические ориентиры социально-экономического развития региона // Экономика и предпринимательство. 2016. № 11-2 (76-2). С. 1127–1130.
8. Беломестнов В. Г., Хардаев К. П. К вопросу о формировании региональной стратегии социально-экономического развития в условиях становления новой экономической политики (на примере Республики Бурятия) // Проблемы современной экономики. 2017. № 1. С. 120–125.
9. Булатова Н. Н., Тихонова П. В. Проблемы и основные положения формирования стратегии социально-экономического развития регионов (на примере Республики Бурятия) // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 6. С. 106–118.
10. Борисов Г. О., Дондоков З. Б.-Д., Намжилова В. О. Экономический коридор Китай – Монголия – Россия: режим ожидания // ЭКО. 2017. № 5. С. 98–106.
11. Баранов А. О., Дондоков З. Б.-Д., Дырхеев К. П., Павлов В. Н., Сулов В. И. Построение среднесрочного прогноза развития Республики Бурятия с использованием динамической межотраслевой модели // Регион: экономика и социология. 2017. № 4. С. 177–199.
12. Баранов А. О., Дондоков З. Б.-Д., Дырхеев К. П., Павлов В. Н., Сулов В. И. Методические проблемы формирования информационной базы динамической межотраслевой модели экономики Республики Бурятия // Регион: экономика и социология. 2016. № 4. С. 47–68.

Материал поступил в редколлегию 15.06.2018

A. O. Baranov^{1,2}, Z. B.-D. Dondokov³, V. N. Pavlov¹

¹ Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS

² Novosibirsk National Research State University

³ Buryatia Scientific Center SB RAS

EXPERIENCE OF USING A DYNAMIC INPUT-OUTPUT MODEL WITH FUZZY PARAMETERS FOR FORECASTING THE ECONOMY OF BURYATIA

Abstract

The purpose of the study is to test in practical predictive calculations the dynamic input-output model (DIOM) with fuzzy parameters constructed by the authors for the economy of the Republic of Buryatia (RB) with fuzzy parameters and a study of the reliability of the forecast indicators obtained with its use and stability of the dynamics of the main indicators of the region's economy in relation to the variation of investment in fixed assets and net export. The article also describes the concepts of fuzzy set, the coincidence of fuzzy sets, the reliability factor of the coincidence of two fuzzy indicators and the coefficient of stability of economic indicators, which are used in forecasting the development of the Buryatia economy. The article emphasizes the application of the fuzzy-sets approach to forecasting the regional economy. As a result of the forecast calculations, the reliability of the forecast of the regional gross output in relation to the variation in investments in fixed assets and the net export in the economy of the Republic of Belarus in the period 2018–2021 is shown to be quite high. When moving to higher growth rates of investment in an optimistic variant, the reliability of the regional gross output forecast relative to the investment variation is reduced. At the same time, the reliability of the forecast for the variation in the net export increases. Forecast calculations showed very low stability of the dynamics of the gross output of the economy of the Republic of Buryatia in relation to changes in investments in fixed assets. This indicates the possibility of a sharp acceleration of economic growth in the Republic of Butyatia due to a significant increase in investment.

Keywords

dynamic input-output model, fuzzy-sets methods, economy of the Republic of Buryatia

References

1. Nedosekin A. O. Metodologicheskie osnovy modelirovaniya finansovoy deyatel'nosti s ispol'zovaniem nechetko-mnozhestvennykh opisaniy. Diss. Doctor of Economics. St. Petersburg, 2003, 280 p. (in Russ.)
2. Abdulaeva Z. I. Razrabotka metodov upravleniya riskami innovatsionnoy deyatel'nosti. Diss. Cand. of Economics. St. Petersburg, 2013. (in Russ.)
3. Shatilov N. F. Analiz zavisimostey rasshirennogo vosproizvodstva i opyt ego modelirovaniya. Novosibirsk, Nauka, 1974. (in Russ.)
4. Pavlov A. V., Pavlov V. N. Nechetko-sluchaynyye metody issledovaniya neopredelennosti i ikh makroekonomicheskiye prilozheniya. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2012, 188 p. (in Russ.)
5. Gilmundinov V. M., Pavlov A. V., Pavlov V. N. Ustoychivost' prognoziruyemykh ekonomicheskikh pokazateley v sisteme KAMIN-FUZZY. *Sibirskaya finansovaya shkola*, 2008, no. 2 March – April, p. 17–20. (in Russ.)
6. Strategiya regional'nogo razvitiya: Respublika Buryatiya – 2015. Eds. A. G. Granberg, P. A. Minakir, L. V. Potapov. Moscow, Ekonomika, 2005, 664 p. (in Russ.)
7. Sangadiyeva I. G. Strategicheskiye oriyentiry sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 2016, no. 11-2 (76-2), p. 1127–1130. (in Russ.)
8. Belomestnov V. G., Khardayev K. P. K voprosu o formirovanii regional'noy strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya v usloviyakh stanovleniya novoy ekonomicheskoy politiki (na primere Respubliki Buryatiya). *Problemy sovremennoy ekonomiki*, 2017, no. 1, p. 120–125. (in Russ.)
9. Bulatova N. N., Tikhonova P. V. Problemy i osnovnyye polozheniya formirovaniya strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regionov (na primere Respubliki Buryatiya). *Nauchno-tekhni-*

cheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskiye nauki, 2017, vol. 10, no. 6, p. 106–118. (in Russ.)

10. Borisov G. O., Dondokov Z. B.-D., Namzhilova V. O. Ekonomicheskiy koridor Kitay – Mongoliya – Rossiya: rezhim ozhidaniya. *ECO*, 2017, no. 5, p. 98–106. (in Russ.)

11. Baranov A. O., Dondokov Z. B.-D., Dyrkheyev K. P., Pavlov V. N., Suslov V. I. Postroeniye srednesrochnogo prognoza razvitiya Respubliki Buryatii s ispol'zovaniyem dinamicheskoy mezhotraslevoy modeli [Medium-Term Forecasting of the Development of the Buryat Republic with a Dynamic Input-Output Model]. *Region: Economics and Sociology*, 2017, no. 4, p. 177–199. (in Russ.)

12. Baranov A. O., Dondokov Z. B.-D., Dyrkheyev K. P., Pavlov V. N., Suslov V. I. Metodicheskiye problemy formirovaniya informatsionnoy bazy dinamicheskoy mezhotraslevoy modeli ekonomiki Respubliki Buryatii [The Methodical Problems in Creating an Information Base for a Dynamic Input-Output Model of the Economy of the Buryat Republic]. *Region: Economics and Sociology*, 2016, no. 4, p. 47–68. (in Russ.)

Информация об авторах / Information about the Authors

Баранов Александр Олегович, доктор экономических наук, профессор, заместитель директора по науке Института экономики и организации промышленного производства СО РАН (пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия); заведующий кафедрой экономической теории Новосибирского национального исследовательского государственного университета (ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия)

Alexander O. Baranov, Doctor of Science (Economics), Professor, Deputy Director for Research, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS (17 Academician Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); Head of Economic Theory Chair, Novosibirsk National Research State University (1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)

baranov@ieie.nsc.ru

ORCID: 0000-0001-7388-700X

Scopus AuthorID: 7201565132

Дондоков Зорикто Бато-Дугарович, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Отдел региональных экономических исследований, Бурятский научный центр СО РАН (ул. Сахьяновой, 8, Улан-Удэ, 670047, Россия)

Zorikto B.-D. Dondokov, Doctor of Science (Economics), Professor, Chief Researcher of the Department of Regional Economic Investigations, Buryatia Scientific Center SB RAS (8 Sakhyanova Str., Ulan-Ude, 670047, Russian Federation)

dzorikto@mail.ru

Павлов Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия)

Victor N. Pavlov, Doctor of Sciences (Technics), Professor, Chief Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS (17 Academician Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)

victor_n_pavlov@mail.ru

Scopus AuthorID: 7402575976

Для цитирования / For citation

Баранов А. О., Дондоков З. Б.-Д., Павлов В. Н. Опыт использования динамической межотраслевой модели с нечеткими параметрами для прогнозирования развития экономики Бурятии // Мир экономики и управления. 2018. Т. 18, № 3. С. 104–116. DOI 10.25205/2542-0429-2018-18-3-104-116

Baranov A. O., Dondokov Z. B.-D., Pavlov V. N. Experience of Using a Dynamic Input-Output Model with Fuzzy Parameters for Forecasting the Economy of Buryatia. *World of Economics and Management*, 2018, vol. 18, no. 3, p. 104–116. (in Russ.) DOI 10.25205/2542-0429-2018-18-3-104-116