

УДК 519.2

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО АПК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕД НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

**Шатырко Д.В., Токарев К.Е., Кузьмин В.А.**

*ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград,  
e-mail: tke.vgsha@mail.ru*

Инструментарий, реализующий нечеткую оценку индикаторов развития регионального АПК, производится средствами Fuzzy Logic Toolbox среды MatLab. Для общего анализа адекватности нечеткой модели были построены поверхности нечеткого вывода, что позволило оценить и скорректировать влияние изменения входных данных на значения выходных нечетких переменных. Модуль Fuzzy позволяет строить нечеткие системы типа Мамдани. Это наиболее распространенный способ логического вывода в нечетких системах. В нем используется минимаксная композиция нечетких множеств, наиболее подходящих для анализа, оценки и прогнозирования характеристик развития регионального АПК. Разработка таких моделей требует создания, адаптации и использования адекватных экономико-математических методов, позволяющих учитывать неточность, неполноту и трудности формализации исходных данных и специфического взаимодействия рассматриваемых показателей с позиций устойчивого развития регионального АПК. Таким образом, рассмотренные в статье модели сценарного анализа развития АПК, на основе нечетко-логического вывода, позволяют добиться качественно новых результатов в управлении с.-х. производством.

**Ключевые слова:** моделирование экономического развития, АПК, нечеткий логический вывод, алгоритм Мамдами, функции принадлежности, база правил, MatLab

## MODELING REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT APK USING TOOLS OF FUZZY LOGIC CONCLUSION

**Shatyрко D.V., Tokarev K.E., Kuzmin V.A.**

*FGBOU HPE «Volgograd State Agricultural University», Volgograd, e-mail: tke.vgsha@mail.ru*

Tools, implements fuzzy assessment of indicators of regional agriculture, produced by means of Fuzzy Logic Toolbox environment MatLab. For a general analysis of the adequacy of fuzzy models were built surface of fuzzy inference, which allowed to evaluate and correct the impact of changes in the input data to output values of fuzzy variables. The module allows to build fuzzy systems of two types – Mamdani and Sugeno. In the simulation of regional agrarian and industrial complex used Mamdani type fuzzy systems. This is the most common method of inference in the fuzzy systems. It uses a minimax formulation of fuzzy sets, the most suitable for the analysis, evaluation and forecasting performance of regional agriculture. The development of such models requires the creation, adaptation and use appropriate economic and mathematical methods to take into account the inaccuracy, incompleteness and difficulty of formalizing the initial data and the specific interaction of the considered parameters from a sustainable development of regional agriculture. Thus considered, to become a model scenario analysis of agribusiness development, based on fuzzy logic inference, allow to achieve a qualitatively new results in the management of agricultural production.

**Keywords:** modeling economic development, agriculture, fuzzy logic inference algorithm by Mamdami, membership functions, rule base, MatLab

Рост и развитие сельскохозяйственного производства, повышение эффективности управления региональным агропромышленным комплексом требуют разработки адекватных процедур анализа и прогнозирования их экономического развития с использованием инструментальных сред нечеткого логического вывода. Агропромышленный комплекс является одним из самых крупных производственных кластеров экономики страны.

Анализ первого года членства России в ВТО показывает, что импорт продуктов увеличился на 7%, а экспорт сократился на 13%. При этом, продовольственная инфляция уже выросла на 13,6%. Для сохранения конкурентоспособности субъектов

РФ, государству необходимо наращивать долю компенсаций аграриям, которая сегодня в конечном продукте составляет всего 7%, в то время как в США – 30%, Японии – 70%, в некоторых европейских государствах – более 80%. В противном случае велика вероятность снижения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на внутреннем рынке и международном рынках.

Создание моделей сценарного анализа развития АПК, на основе нечетко-логического вывода, позволит добиться качественно новых результатов в управлении с.-х. производством. Таким образом, исследования в области моделирования экономического развития ре-

гионального АПК приобретают особую актуальность.

В связи с этим все более широкое распространение получают модели прогнозирования развития систем, базирующиеся на нечётком подходе.

Основными их преимуществами являются:

– нечеткая формализации критериев оценки и сравнения: «большинство», «возможно», «преимущественно» и т.д.;

– проведения качественных оценок как входных данных, так и выходных результатов;

– возможность проведения быстрого моделирования сложных динамических систем и их сравнительный анализ с заданной степенью точности [2].

В качестве алгоритма нечеткого логического вывода используется алгоритм Мамдани, который одним из первых был применен в системах нечеткого вывода [3]. Для решения поставленной задачи нечеткого моделирования использована система нечеткого вывода типа Мамдани. Это наиболее распространенный способ логического вывода в нечетких системах. В нем используется минимаксная композиция нечетких множеств. Данный механизм включает в себя следующую последовательность действий (рис. 1).

Выбор концептов нечеткой модели осуществлялся на взаимодействии с экспертной группой, где  $Y_1$  – конкурентоспо-

собности АПК,  $Y_2$  – продовольственная безопасность,  $Y_3$  – ВВП,  $X_1$  – объем государственной поддержки,  $X_2$  – импорт,  $X_3$  – импортные пошлины и квоты,  $X_4$  – инвестиции в АПК,  $X_5$  – инновации в АПК.

На рис. 2 в качестве примера показаны три функция принадлежности треугольной формы  $\mu_i(x)$ , определяющие терм  $X_1$ . В данном случае она принимает значения «низкий» [0: 3,6], «средний» [3,6:8,1] и «высокий» [9: 12,6].

Аналогичным образом строятся функции принадлежности для остальных элементов множества факторов. Заметим, что процедура построения функций принадлежности представляет собой этап фаззификации множества предпосылок, конкретизированные значения которых определяют значения следствий, выводимых в процедуре нечеткого логического вывода.

Была сформирована база правил системы нечеткого вывода (таблица), которая проверялась на избыточность, т.е. с одинаковыми предпосылками и разными заключениями, их оптимизацию проводят на основе экспертной информации. Максимально количество правил в базе определялось следующим соотношением:

$$N = N_{x1} * N_{x2} * \dots * N_{xm} * N_y,$$

где  $N_{x1} * N_{x2} * \dots * N_{xm} * N_y$  – число функций принадлежности для задания входных и выходных переменных.

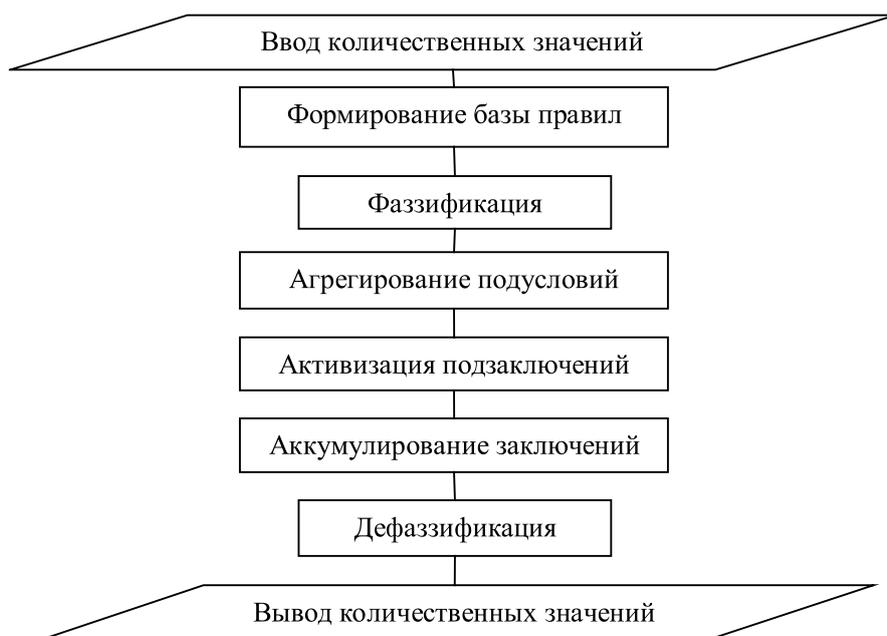


Рис. 1. Алгоритм нечеткого логического вывода

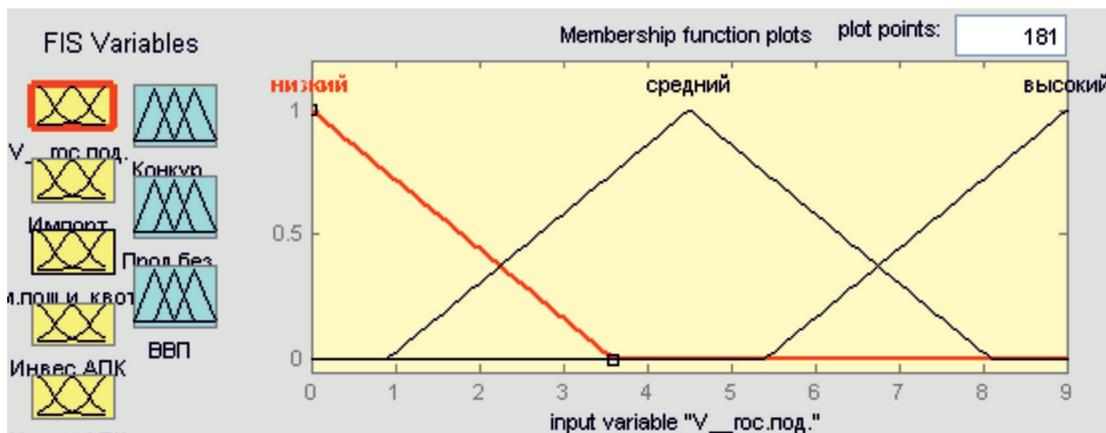


Рис. 2. Построенные функции принадлежности для лингвистической переменной «Объем государственной поддержки»

Нечеткая база правил

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
Низкий	Высокий	Низкие	Низкие	Низкие	Низкая	Низкая	Низкий
Высокий	Средний	Средние	Высокие	Высокие	Средняя	Средняя	Средний
–	Высокий	–	–	Низкие	Низкая	–	Низкий
Средний	–	–	Высокие	Высокие	Высокая	–	–
–	Высокий	Низкие	–	–	Высокая	–	–
Средний	–	–	Высокие	Высокие	Средняя	Средняя	–
–	–	–	Низкие	Низкие	Низкая	–	–

Проанализируем сформулированную базу правил. Правила 1 и 2 построены с помощью оператора И.

Поскольку правило 3 имеет коэффициент достоверности 0,7, то его активизация приводит к нечеткому множеству по x<sub>1</sub>, ограничение которого сверху определяется произведением F<sub>3</sub> = 0,7 на степень принадлежности 0,9, получим функцию принадлежности μ', ограниченную сверху значением 0,63.

В качестве терм-множеств для входных лингвистических переменных X<sub>1</sub>, ..., X<sub>5</sub> и Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> используются соответственно множества T<sub>1</sub> = {«низкий», «средний», «высокий»}.

Моделирование значений конкурентоспособности АПК проводилась по инвестициям и инновациям. Для проведения анализа полученных результатов по принятым критериям нечеткой модели поверхность нечеткого вывода визуализируется в координатах x – конкуренто-

способность, y – инновации, z – инвестиции.

При низком уровне инвестиций и инноваций показатель конкурентоспособности оказывается существенно низким. При умеренных инновациях конкурентоспособность существенно возрастет, а при существенном увеличении инвестиций наблюдается существенное увеличение инноваций, а значит, и конкурентоспособности АПК.

Программная реализация модели развития регионального АПК осуществлена с использованием расширения Fuzzy Logic Toolbox среды MATLAB, в которой реализованы десятки функций математического аппарата нечетко-логического моделирования.

С помощью построенной модели были проанализированы зависимости влияния изменения входных факторов на уровень конкурентоспособности и изменение ВПП (рис. 3).

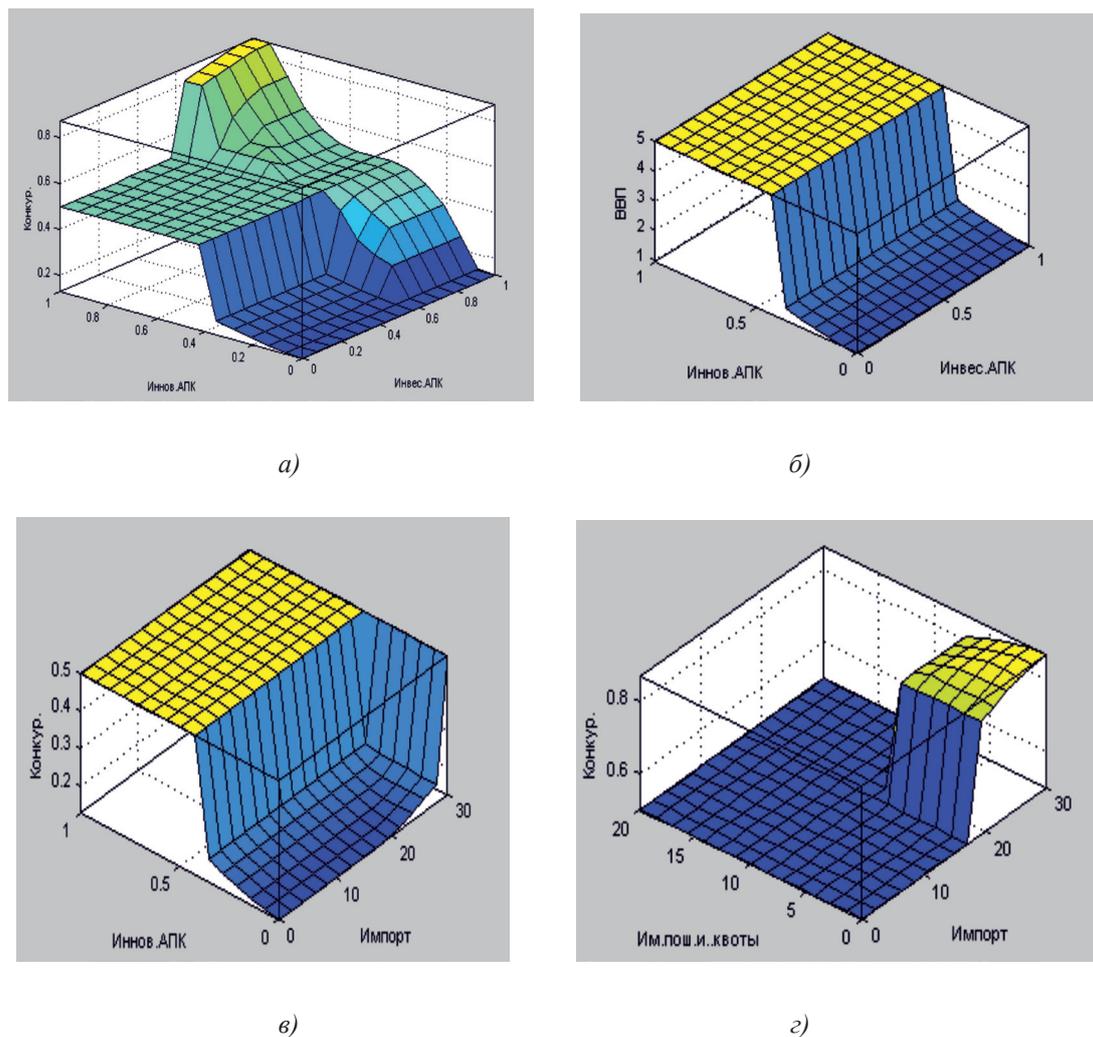


Рис. 3. Визуализация поверхностей нечеткого вывода модели экономического развития регионального АПК

Градации уровней экономического развития регионального АПК представлена нами в следующем виде:

■ – высокий уровень экономического развития регионального АПК;

■ – нормальный уровень экономического развития регионального АПК;

■ – низкий уровень (критический) экономического развития регионального АПК.

Разработанная модель прогнозирования экономического развития регионального АПК позволяет с достаточной достоверностью прогнозировать динамику при известных статистических и экспертных значениях входных параметров. В частности, выявлены тенденции повышения уровня конкурентоспособности региональных кластеров сельскохозяйственного производства за счет увеличения инвестиционной при-

влекательности сельхозтоваропроизводителей, ввода дополнительных пошлин и квот на импорт продукции, а также внедрения инновационных технологий производства с.-х. продукции.

Таким образом, разработанная нечеткая модель позволяет прогнозировать уровень конкурентоспособности АПК и управлять данным показателем с помощью исследованных концептов инвестиций и инноваций. Применение нечеткого моделирования для развития регионального АПК позволит повысить качество управленческих решений, тем самым увеличить конкурентоспособность АПК региона, в процессе проведения сценарного анализа.

#### Список литературы

1. Гагарин А.Г. Экспертное оценивание экстремальных значений параметров экономических систем / Гагарин А.Г.,

Рогачев А.Ф. // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2006. – № 5. – С. 222–225.

2. Кузьмин В.А., Токарев К.Е. Оценка угроз экономической безопасности методом иерархического синтеза // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: [www.science-education.ru/108-8787](http://www.science-education.ru/108-8787).

3. Кузьмин В.А., Токарев К.Е. Реализация алгоритма обеспечения экономической безопасности на основе нечетко-множественного подхода в среде MatLab // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – № 7 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/07/15773>.

4. Рогачев А.Ф. Математическое обеспечение системы поддержки принятия решений на основе ГИС-технологий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 2. – С. 144–151.

5. Рогачев А.Ф. Оптимизация инновационных проектных решений в продовольственной сфере // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1 (37). – С. 223–228.

6. Рогачев А.Ф. Нечеткое моделирование эколого-экономических систем / Рогачев А.Ф., Федорова Я.В. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 317.

7. Терелянский П.В. Математические и инструментальные средства поддержки принятия решений в экономике / П.В. Терелянский // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – № 6. – С. 461–471.

8. Токарев К.Е., Рогачев А.Ф. Информационное обеспечение принятия решений при многокритериальной оценке качества оказания услуг // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2; URL: [www.science-education.ru/102-5578](http://www.science-education.ru/102-5578).

9. Токарев К.Е., Шатырко Д.В., Процюк М.П. Когнитивное моделирование продовольственной безопасности регионального АПК // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 10 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/10/38352>.

10. Natalia Skiter, Aleksey F. Rogachev, Tamara I. Mazaeva. Modeling Ecological Security of a State // Mediterian Journal of Social Science. Vol. 6 No. 3 S. 6 June 2015. P. 185–192.

### References

1. Gagarin A.G. Jekspertnoe ocenivanie jekstremalnyh znachenij parametrov jekonomicheskikh sistem / Gagarin A.G.,

Rogachev A.F. // Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2006. no. 5. pp. 222–225.

2. Kuzmin V.A., Tokarev K.E. Ocenka ugroz jekonomicheskoy bezopasnosti metodom ierarhicheskogo sinteza // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 2; URL: [www.science-education.ru/108-8787](http://www.science-education.ru/108-8787).

3. Kuzmin V.A., Tokarev K.E. Realizacija algoritma obespečenija jekonomicheskoy bezopasnosti na osnove nechetko-mnozhestvennogo podhoda v srede MatLab // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2012. no. 7 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/07/15773>.

4. Rogachev A.F. Matematicheskoe obespečenje sistemy podderzhki prinjatija reshenij na osnove GIS-tehnologij // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2009. no. 2. pp. 144–151.

5. Rogachev A.F. Optimizacija innovacionnyh proektnykh reshenij v prodovolstvennoj sfere // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2015. no. 1 (37). pp. 223–228.

6. Rogachev A.F. Nечetкое моделирование jekologo-jekonomicheskikh sistem / Rogachev A.F., Fedorova Ja.V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 5. pp. 317.

7. Tereljanskij P.V. Matematicheskie i instrumentalnye sredstva podderzhki prinjatija reshenij v jekonomike / P.V. Tereljanskij // Audit i finansovyj analiz. 2008. no. 6. pp. 461–471.

8. Tokarev K.E., Rogachev A.F. Informacionnoe obespečenje prinjatija reshenij pri mnogokriterialnoj ocenke kachestva okazanija uslug // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. no. 2; URL: [www.science-education.ru/102-5578](http://www.science-education.ru/102-5578).

9. Tokarev K.E., Shatyрко D.V., Procyuk M.P. Kognitivnoe modelirovanie prodovolstvennoj bezopasnosti regionalnogo APK // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2014. no. 10 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/10/38352>.

10. Natalia Skiter, Aleksey F. Rogachev, Tamara I. Mazaeva. Modeling Ecological Security of a State // Mediterian Journal of Social Science. Vol. 6 No. 3 S. 6 June 2015. pp. 185–192.

### Рецензенты:

Скитер Н.Н., д.э.н., профессор кафедры «Страхование и финансово-экономический анализ», ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ», г. Волгоград;

Рогачев А.Ф., д.т.н., профессор, зав. каф. «ММИИ», ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ», г. Волгоград.