

УДК 338.432

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА В РЕГИОНЕ НА ОСНОВЕ ПЯТИУРОВНЕВЫХ  
НЕЧЕТКИХ [0,1] -КЛАССИФИКАТОРОВ**

Куликова Ю.В.,  
ФБГУ ВО РГЭУ (РИНХ),  
Сахарова Л.В.,  
ФБГУ ВО РГЭУ (РИНХ),  
e-mail: [L\\_Sakharova@mail.ru](mailto:L_Sakharova@mail.ru)  
Стрюков М.Б.,  
ФБГУ ВО РГЭУ (РИНХ),  
Храмов В.В.,  
ЧОУ ВО ЮУ (ИУБИП)

Предложена методика оценки устойчивости сельскохозяйственного производства в регионе на основе стандартных многоуровневых нечетких [0,1] –классификаторов. Агрегирование производится на основе временных рядов числовых значений разнородных показателей, отражающих как уровень, так темпы прироста показателей за исследуемые периоды.

СТАНДАРТНЫЕ МНОГОУРОВНЕВЫЕ НЕЧЕТКИЕ [0,1] –КЛАССИФИКАТОРЫ,  
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА.

**ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF AGRICULTURAL  
PRODUCTION IN THE REGION ON THE BASIS OF FIVE-LEVEL  
FUZZY [0,1] - CLASSIFIER**

Kulikova Y.V.,  
Rostov State University of Economics,  
Sakharova Lyudmila V.  
Rostov State University of Economics,  
Stryukov M.B.,  
Rostov State University of Economics,  
Khramov V.V.,  
PEI HE SU (IMBL)

The technique of estimation of stability of agricultural production in the region on the basis of standard multilevel fuzzy [0,1] –classifiers is offered. Aggregation is performed on the basis of time series of numerical values of heterogeneous indicators reflecting both the level and growth rates of indicators for the studied periods.

STANDARD MULTILEVEL FUZZY [0,1] - CLASSIFIER, METHODS OF EVALUATION, STATISTICS, INTEGRATED ASSESSMENT.

Сущность критерия эффективности сельскохозяйственного производства заключается в максимальном производстве необходимой обществу сельскохозяйственной продукции при заданных затратах и величине ресурсов на единицу продукции, обеспечивающем высокое качество продукции и рациональное использование трудовых, материально-денежных и земельных ресурсов [1]. В настоящее время отмечается ухудшение экологической обстановки природно-промышленных систем. Поэтому рационализацию сельскохозяйственного производства необходимо осуществлять не только с позиции повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции, но и воспроизводства плодородия почв, улучшения экологического состояния природной среды. Система показателей эколого-экономической эффективности сельскохозяйственного производства в регионе должна отражать не только экономические, но экологические и социальные факторы [2].

В аспекте оптимизации сельскохозяйственного производства на основе экологически чистых технологий практическую значимость приобретает разработка методик, позволяющих производить комплексную оценку интенсивности сельскохозяйственного производства на основе совокупности ранжированных показателей, объективно отражающих эффективность использования материальных и финансовых ресурсов отраслями АПК, а также влияние сельскохозяйственного производства на экологию региона. В настоящее время существуют частные методики оценки интенсивности сельскохозяйственного производства по его отдельным показателям [3]. Однако они не позволяют оценивать и ранжировать агропромышленные

предприятия, отрасли АПК и целые регионы на основе комплексного анализа многих показателей.

В настоящей работе предложена методика, базирующаяся на методах теории нечетких множеств и направленная на получение объективной комплексной количественной оценки интенсивности сельскохозяйственного производства по совокупности критериев двух групп: уровню интенсификации производства и уровню экономической эффективности интенсификации производства в сельском хозяйстве. Новизна предложенного способа, а также его отличие от аналогичных разработок состоит в том, что для каждого из показателей на основании временных рядов его значений посредством нормирующих формул вычисляются интегрированные оценки. Последующее применение к ним стандартного пятиуровневого нечеткого  $[0,1]$  –классификатора (использовавшегося ранее в финансовом анализе и не применявшегося в методиках оценки интенсивности производства) позволяет рассчитать нормированные комплексные оценки уровней интенсификации производства и экономической эффективности интенсификации производства в сельском хозяйстве, а также получить комплексную оценку интенсивности его производства [4]. Аналогичная методика применена для оценки степени влияния сельскохозяйственного производства на экологическое состояние региона. В качестве комплекса параметров, на основе которых формируется оценка, используются временные ряды данных о внесении в почву пестицидов, плодородии почв, выбросах в атмосферу загрязняющих веществ и использовании воды сельским хозяйством. Агрегирование сформированных оценок на основе стандартных пятиуровневых нечетких  $[0,1]$  –классификаторов позволило получить итоговую комплексную оценку устойчивости сельскохозяйственного производства региона на примере Ростовской области.

## **1. Методика оценки интенсивности сельскохозяйственного производства**

Авторская методика оценки интенсивности сельскохозяйственного производства на основе стандартных пятиуровневых нечетких  $[0,1]$  – классификаторов подробно описана в [5], [6].

Первый этап алгоритма направлен на формирование списка из значимых показателей уровня интенсификации производства в сельском хозяйстве за рассматриваемый период  $n$  лет (далее: первая группа показателей), а также значимых показателей уровня экономической эффективности интенсификации производства в сельском хозяйстве за тот же период (вторая группа показателей). Вторым этапом нацелен на ранжирование важности исследуемых показателей для оценки интенсивности сельского хозяйства, и расчет их весовых коэффициентов на основе экспертных оценок. На третьем этапе осуществляется расчет нормированных (то есть принадлежащих отрезку  $[0,1]$ ) числовых значений показателей обеих групп, на основе специально подобранных формул. На четвертом этапе выполняется задание лингвистических переменных, соответствующих исследуемым показателям, а также комплексной оценке интенсивности сельскохозяйственного производства», оценке уровня интенсификации производства в сельском хозяйстве» и оценке экономической эффективности интенсификации производства в сельском хозяйстве. Универсальным множеством для каждой лингвистической переменной является числовой отрезок  $[0,1]$ . Множеством значений всех трех оценок является терм-множество  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$ , где  $G_1$  – «устойчивая тенденция к уменьшению роста»;  $G_2$  – «тенденция к уменьшению роста»;  $G_3$  – «тенденция к стагнации»;  $G_4$  – «тенденция к росту»;  $G_5$  – «устойчивая тенденция к росту». На пятом этапе выполняется переход от числовых значений показателей к числовым значениям оценок в соответствии с алгоритмом стандартных пятиуровневых нечетких  $[0,1]$  – классификаторов [5], [6]. На шестом этапе происходит лингвистическое распознавание полученных числовых оценок в соответствии с определением терм-множества, а также анализ полученных оценок интенсивности на

основе числовых значений показателей и рекомендации по коррекции сложившейся ситуации.

На основании описанного алгоритма получена комплексная числовая оценка  $g$  интенсификации производства в сельском хозяйстве Ростовской области [5], [6]:  $g = 0,6549$ ,  $\mu(0,6549) = \mu_4(0,655) = 1$ . Следовательно, комплексная оценка интенсификации производства в сельском хозяйстве Ростовской области в соответствии с введенным выше терм-множеством, отвечает терму  $G_4$  – «тенденция к росту». Числовые оценки  $g_1$  = «оценка уровня интенсификации производства в сельском хозяйстве Ростовской области» и  $g_2$  = «оценка экономической эффективности интенсификации производства в сельском хозяйстве Ростовской области», вычисленные по отдельности, соответственно, равны:  $g_1 = 0,6817$ ,  $g_2 = 0,4536$ . Следовательно, «оценка уровня интенсификации производства в сельском хозяйстве Ростовской области» соответствует терму  $G_1$  – «тенденция к росту», а «оценка экономической эффективности интенсификации производства в сельском хозяйстве Ростовской области» – терму  $G_3$  – «тенденция к стагнации».

## **2. Оценка влияние сельскохозяйственного производства на экологию региона**

Методика формирования комплексных оценок, описанная в пункте 1, применена для оценки степени влияния сельскохозяйственного производства на экологическое состояние региона. Представленная модификация является частным случаем авторской методики оценки сложных систем на основе комплексов разнородных показателей [7], [8]. В качестве комплекса показателей, на основе которых формируется оценка влияния сельскохозяйственного производства на экологию региона, используются данные о внесении в почву пестицидов, плодородии почв, выбросах в атмосферу загрязняющих веществ сельскохозяйственным производством региона и использовании воды сельским хозяйством.

## 2.1. Оценка динамики химической нагрузки на экологическую систему региона

Расчеты осуществлены на основе временных рядов, отражающих внесения удобрений в открытом грунте за 2012 – 2016 гг. Расчет нормированных значений  $x$  исследуемых показателей за рассматриваемый период  $N$  лет осуществлен на основе формулы:

$$x_i = 0,5 \left( 1 + \sum_{i=1}^{N-1} k_i I_i \right), \quad k_i = \frac{2(N-i)}{(N-1)N}, \quad (1)$$

где  $k_i$  – весовые коэффициенты, определяемые на основе правила Фишберна, причем весовой коэффициент для периода 2015-2016 г. 0,4; для 2014 – 2015 г. – 0,3; для 2013 – 2014 г. – 0,3; для 2012-2013 г. – 0,1.  $I_i$  – целочисленные функции, причем их значению «1» соответствует увеличение по  $i$ -му показателю (ухудшение ситуации); значению «- 1» – уменьшение по  $i$ -му показателю; значению «0» – стабилизация, отсутствие изменений.

Введена в рассмотрение лингвистическая переменная  $g_1 =$  «оценка динамики химической нагрузки на экологическую систему региона», универсальным множеством которой является числовой отрезок  $[0,1]$ . Терм – множество состоит из пяти термов  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$ , условно оценивающих состояние системы:  $G_1$  – «устойчивая тенденция к уменьшению нагрузки»;  $G_2$  – «тенденция к уменьшению нагрузки»;  $G_3$  – «стабилизация ситуации»;  $G_4$  – «тенденция к увеличению нагрузки»;  $G_5$  – «устойчивая тенденция к увеличению нагрузки». Функции принадлежности – стандартные трапециевидные [8], [9].

Расчеты показывают, что для Ростовской области  $g_1 = 0,66$ , что означает терм  $G_4$  – «тенденция к увеличению нагрузки».

## 2.2. Оценка плодородия почв.

Оценка формируется на основе статистических данных, отражающей содержание гумуса в почвах по природно-сельскохозяйственным зонам, за 1976 – 2013 гг, по пятилетиям [9].

Для оценки динамики содержания гумуса в почве введена лингвистическая переменная  $g_2 = \text{«оценка динамики содержания гумуса в почве»}$ , универсальным множеством которой является числовой отрезок  $[0,1]$ . Терм – множество состоит из пяти термов  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$ , условно оценивающих состояние системы:  $G_1$  – «устойчивая тенденция к увеличению содержания гумуса»;  $G_2$  – «тенденция к увеличению содержания гумуса»;  $G_3$  – «стабилизация ситуации»;  $G_4$  – «тенденция к уменьшению содержания гумуса»;  $G_5$  – «устойчивая тенденция к уменьшению содержания гумуса».

Расчет нормированных значений  $x$  исследуемых показателей за рассматриваемый период  $N$  лет осуществляется на основе схемы:

$$x = 0,5 \left( 1 - \sum_{i=1}^{N-1} k_i I_i \right), \quad k_i = \frac{2(N-i)}{(N-1)N}, \quad (2)$$

где  $k_i$  – весовые коэффициенты, определяемые на основе правила Фишберна; нумерация временных интервалов осуществляется в обратном порядке; для периода 2007-2013 г. коэффициент наибольший и равен  $7/8$ .  $I_i$  – целочисленные функции. Расчеты показывают, что для Ростовской области  $g_2 = 0,63$ , что означает принадлежность к двум термам  $G_3$  – «стабилизация ситуации» и  $G_4$  – «тенденция к уменьшению гумуса», причем значения функций принадлежности равны  $0,2$  и  $0,8$ , что означает: высказывание «имеет место тенденция к уменьшению содержанию гумуса» является более истинным, чем высказывание «имеет место стабилизация», что совпадает с оценкой из [9].

Для оценки содержания гумуса в почве введена в рассмотрение лингвистическая переменная:  $g_3 = \text{«уровень содержания гумуса в почве»}$ . Универсальным множеством для лингвистической переменной является числовой отрезок  $[0,1]$ . Терм – множество состоит из четырех термов  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4\}$ :  $G_1$  – «норма»;  $G_2$  – «экологический риск»;  $G_3$  – «зона кризиса»;  $G_4$  – «зона бедствия» (в соответствии с общепринятой классификацией [10]). Нормированные значения входных параметров рассчитываются для каждой

природно-сельскохозяйственной зоны как отношения показателей за 2013 г. к значению среднего содержания гумуса на целине (4,2%). Используются стандартные 4-точечные классификаторы [7], [8]. Расчеты показывают, что для Ростовской области  $g_3 = 0,385$ , что означает принадлежность к терму  $G_2$  – «экологический риск», что совпадает с оценками из [9].

Анализ динамики выбросов в атмосферу загрязняющих веществ осуществлен на основе данных о выбросах в атмосферу загрязняющих веществ по Ростовской области, отходящих от стационарных источников сельскохозяйственного производства, тысяч тонн [9]. Введена в рассмотрение лингвистическая переменная:  $g_4 =$  «оценка динамики загрязняющих выбросов в атмосферный воздух». Терм – множество состоит из пяти термов  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$ , условно оценивающих состояние системы:  $G_1$  – «устойчивая тенденция к уменьшению выбросов в атмосферу»;  $G_2$  – «тенденция к уменьшению выбросов в атмосферу»;  $G_3$  – «стабилизация ситуации»;  $G_4$  – «тенденция к увеличению выбросов в атмосферу»;  $G_5$  – «устойчивая тенденция к увеличению выбросов в атмосферу». Временные ряды параметров агрегируются на основе формулы (1). Для формирования итоговой оценки используются стандартные 5-точечные классификаторы. Расчеты показывают, что для Ростовской области  $g_4 = 0,46$ , что означает принадлежность к терму  $G_3$  – «стабилизация ситуации».

Анализ динамики нагрузки на водную систему региона осуществлен на основе данных об объемах используемой воды за 2007 – 2016 гг [9]. Итоговая оценка агрегирована на основе формулы (4). Введена в рассмотрение лингвистическая переменная:  $g_5 =$  «оценка динамики нагрузки на водную систему региона». Терм – множество состоит из пяти термов  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$ :  $G_1$  – «устойчивая тенденция к уменьшению нагрузки на водную систему региона»;  $G_2$  – «тенденция к уменьшению нагрузки на водную систему региона»;  $G_3$  – «стабилизация ситуации»;  $G_4$  – «тенденция к увеличению нагрузки на водную систему региона»;  $G_5$  – «устойчивая



тенденция к увеличению нагрузки на водную систему региона». Расчеты показывают, что для Ростовской области  $g_5 = 0,5$ , что означает в равной мере принадлежность к двум термам  $G_1$  – «устойчивая тенденция к уменьшению нагрузки на водную систему региона»;  $G_2$  – «тенденция к уменьшению нагрузки на водную систему региона».

### **2.3. Комплексная оценка «влияние сельскохозяйственного производства на экологию региона»**

На основе стандартных 5-точечных классификаторов агрегированы оценки, полученные в п. 2.1 – 2.4:  $g_1$  = «оценка динамики химической нагрузки на экологическую систему региона»;  $g_2$  = «оценка динамики содержания гумуса в почве»;  $g_3$  = «оценка уровня содержания гумуса в почве»;  $g_4$  = «оценка динамики загрязняющих выбросов в атмосферный воздух»;  $g_5$  = «оценка динамики нагрузки на водную систему региона».

Введена в рассмотрение лингвистическая переменная:  $g$  = «оценка негативного влияния сельскохозяйственного производства на экологическую систему региона». Терм – множество состоит из пяти термов  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$ , условно оценивающих состояние системы:  $G_1$  – «крайне незначительное»;  $G_2$  – «незначительное»;  $G_3$  – «среднее»;  $G_4$  – «существенное»;  $G_5$  – «разрушающее». Функции принадлежности – стандартные трапецевидные. Расчеты на основании результатов предыдущих пунктов показывают, что для Ростовской области  $g = 0,49$ , что означает в равной мере принадлежность к терму  $G_3$  – «среднее негативное влияние сельскохозяйственного производства на экологическую систему региона».

### **3. Комплексная оценка устойчивости сельскохозяйственного производства в регионе.** Оценка $\alpha$ = «комплексная оценка устойчивости сельскохозяйственного производства» формируется агрегированием на основе стандартных пятиточечных классификаторов двух оценок, полученных в п.1 и п.2: $\mathcal{U}$ = «комплексная оценка интенсивности сельскохозяйственного производства» и $\beta = 1 - g$ , где $g$ = «оценка негативного

*влияния сельскохозяйственного производства на экологическую систему региона».*

Терм – множество состоит из пяти термов  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$ :  $G_1$  – «очень плохо»;  $G_2$  – «плохо»;  $G_3$  – «удовлетворительно»;  $G_4$  – «хорошо»;  $G_5$  – «отлично». Расчеты на основании результатов п.1, 2 показывают, что для Ростовской области  $\alpha = 0,59$ , что означает в равной мере принадлежность к терму  $G_3$  – «удовлетворительно».

Практическая значимость методики состоит в том, что она позволяет оценить устойчивость сельскохозяйственного производства в регионе на основе агрегирования оценок интенсивности сельскохозяйственного производства в регионе, а также комплексной оценки воздействия сельскохозяйственного производства на экологию региона.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:**

1. Бондаренко Л.В. Эколого-экономическая эффективность и устойчивость производства зерна (По материалам Краснодарского края) : Дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 : Краснодар, 2002 210 с. РГБ ОД, 61:03-8/2175-Х.
2. Пархоменко Н. Методика оценки устойчивости сельского хозяйства региона // Н. Пархоменко, Л. Щукина / Аграрная экономика, №7 – 2014. – стр. 16 – 22.
3. Минаков И.А. Экономика отраслей АПК: учебник / И.А. Минаков, М.И. Куликов, О.В. Соколов // М.: Колосс, 2008. – 273 с.
4. Недосекин, А.О. Нечеткие множества и финансовый менеджмент / О.А. Недосекин // М. :АFA Library. – 2003. – 184 с.
5. Стрюков М.Б. Методика оценки интенсивности сельскохозяйственного производства на основе теории нечетких множеств / М.Б. Стрюков, Л.В. Сахарова, Т.В. Алексейчик, Т.В. Богачев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – №07 (61), Часть 3 Июль. – С. 123 - 129.
6. Sakharova L.V. Application of fuzzy set theory in agro-meteorological models for yield estimation based on statistics / L.V. Sakharova, M.B.Stryukov, G.I.Akperov, T.V. Alekseychik, A.F. Chuvnikov // 9th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception, 24-25 August 2017, Budapest, Hungary. – Procedia Computer Science 120 (2017). – 820–829 P. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/journal/procedia-computer-science/vol/120/suppl/C?page-size=100&page=2> (30.04.2018).

7. Крамаров С.О. Управление сложными экономическими системами методом нечетких классификаторов / М.Б. Крамаров, Л.В. Сахарова // Научный вестник Южного Университета Менеджмента. – 2017. – №2 (18). – С. 42 – 50.

8. Крамаров С.О. Мягкие вычисления в менеджменте: управление сложными многофакторными системами на основе нечетких аналог-контроллеров / М.Б. Крамаров, Л.В. Сахарова // Научный вестник Южного Университета Менеджмента. – 2017. – №3 (19). – С. 42 – 51.

9. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2011/2016 году»/ Ростов-на-Дону: Правительство Ростовской области. – Ростов-на-Дону, 2012/2017 г.

10. Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния почвы / А.Г. Муравьев, Б.Б. Карриев// Крисмас+. – 2008. – 320 с.