

УДК 004.89

НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГИОНА

Сахарова Л.В.

д.ф.-м.н, доцент, профессор каф. ФиПМ

РГЭУ (РИНХ)

e-mail: L_Sakharova@mail.ru

Акперов Г.И.

аспирант 4 года обучения

Южный университет (ИУБИП), e-mail: pr@iubip.ru

Аннотация: Разработана общая методика комплексной оценки состояния экономических систем на основе совокупности разнородных показателей. Методика базируется на применении системы нечетко-логических выводов, нечетких многоуровневых $[0,1]$ – классификаторов. Методика применена к оценке устойчивости сельскохозяйственного производства в регионе на основе комплексов показателей его экономической, социальной и экологической подсистем. В качестве экспериментального материала использованы временные ряды значимых показателей по районам Ростовской области.

Ключевые слова: комплексная оценка состояния экономической системы, нечетко-логический вывод, сельское хозяйство.

FUZZY-MULTIPLE METHODOLOGY FOR AN INTEGRATED ASSESSMENT OF THE STATE OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS OF THE REGION

Sakharova L.V.

Akperov G.I.

Abstract. A general methodology has been developed for a comprehensive assessment of the state of economic systems based on a set of heterogeneous indicators. The technique is based on the use of a system of fuzzy-logical conclusions, fuzzy multi-level $[0,1]$ - classifiers. The methodology is applied to assessing the sustainability of agricultural production in the region based on sets of indicators of its economic, social and environmental subsystems. As

experimental material, we used time series of significant indicators for the districts of the Rostov region.

Keywords: a comprehensive assessment of the state of the economic system, fuzzy-logical conclusion, agriculture.

Рассмотрим социально-экономическую систему, состоящую из нескольких подсистем, каждая из которых может быть оценена комплексом разнородных показателей, заданных временными рядами. Предлагается использовать «каскадный» способ построения итоговой оценки состояния системы [1-4]. Вначале производится расчет оценок ее отдельных подсистем.

Оценка каждой отдельной подсистемы может быть произведена на основе агрегирования данных посредством систем нечетко-логических выводов – нечетких многоуровневых $[0,1]$ – классификаторов.

Для формирования оценки используется следующий алгоритм.

1. Формирование списка из значимых показателей за рассматриваемый период n лет.
2. Ранжирование важности исследуемых показателей для оценки, расчет их весовых коэффициентов на основе экспертных оценок.
3. Расчет нормированных (то есть принадлежащих отрезку $[0,1]$) числовых значений исследуемых показателей за рассматриваемый период n лет на основе формул [5], определяемых смыслом задачи.

Например, расчет агрегированных значений x_i ($i=1,2,\dots,m_1$) всех исследуемых показателей за рассматриваемый период N лет может осуществляться на основе схемы, интегрирующей временные ряды данных по каждому из показателей и учитывающей значимость [6] различных временных периодов за счет весовых коэффициентов:

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

где k_i – весовые коэффициенты, определяемые на основе правила Фишберна, причем нумерация временных периодов ведется в обратном порядке I_i – величины показателя по годам.

При этом, если расчеты производятся для ранжирования идентичных подсистем [7], то показатели нормируются следующим образом: выбирается наибольший по районам I_{\max} , на него делятся все показатели.

Если исследование производится лишь с целью оценки динамики по заданному параметру, то агрегирование может быть произведено на основе следующей схемы [8]:

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

где k_i – весовые коэффициенты, определяемые на основе правила Фишберна.

4. Задание лингвистических переменных.

Нормированные значения показателей, определенные на Этапе 3, являются числовыми значениями нечетких переменных с универсальным множеством (носителем) в виде отрезка $[0,1]$. Им сопоставляются лингвистические переменные [9] с терм-множествами, состоящими из пяти термов: «очень низкий уровень показателя»; «низкий уровень показателя»; «средний уровень показателя»; «высокий уровень показателя»; «очень высокий уровень показателя». Функции принадлежности лингвистических переменных определены с помощью трапециевидных функций и заданы в Таблице 1. Кроме того, вводим в рассмотрение лингвистическую переменную: γ = «комплексная оценка состояния системы». Универсальным множеством для лингвистической переменной является числовой отрезок $[0,1]$, а множеством значений всех трех переменных $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$ – термножество $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$, где G_1 – «устойчивая тенденция к уменьшению роста» (для динамических показателей) или «очень низкий уровень показателя» (для статических); G_2 – «тенденция к уменьшению роста» или «низкий уровень показателя»; G_3 – «тенденция к стагнации» или «средний уровень показателя»; G_4 – «тенденция к росту» или «высокий уровень показателя»; G_5 – «устойчивая тенденция к росту» или «очень высокий уровень показателя» [10].

Переход от числовых значений показателей к числовым значениям оценок на основе общего алгоритма работы стандартных пятиуровневых [0,1] - классификаторов.

Например [11-12], правило перехода от значений показателей x_i ($i=1,2,\dots,m$) весам термов лингвистической переменной γ имеет вид:

$$p_l = \sum_{i=1}^m r_i \cdot \mu_{il}(x_i), \quad l = 1, \dots, 5.$$

Значение самой переменной γ определяется формулой:

$$\gamma = \sum_{k=1}^5 p_k \cdot \bar{g}_k,$$

где \bar{g}_k – узловые точки классификатора, то есть центры тяжести его термов (0.125; 0.3; 0.5; 0.7; 0.885).

Этап 6. Лингвистическое распознавание полученных числовых оценок в соответствии с определением терм-множества $G=\{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$, а также анализ полученных оценок интенсивности [13] на основе числовых значений показателей и рекомендации по коррекции сложившейся ситуации.

Как следует из описания [14], полученная оценка является нормированной и может служить исходным материалом для агрегирования в комплексные оценки более сложных объектов. Таким образом, предлагаемая методика, основанная на системе нечетко-логических выводов, позволяет преодолеть недостатки традиционных методик по оценке экономических систем [1], поскольку обладает [15]: 1) универсальностью за счет наличия единого алгоритма работы с временными рядами данных для систем, допускающих построение оценок на основе комплексов разнородных показателей; 2) варьированностью за счет изменения комплексов параметров, изменения их весовых коэффициентов без существенного усложнения моделей; 3) возможностью учета экспертных мнений посредством изменения весовых коэффициентов параметров; 4) простотой программной реализации; 5) возможностью агрегирования оценок более простых систем в

оценки систем более сложных за счет применения алгоритма в неизменном виде.

По сравнению с уже существующими методиками оценки, предложенная методика оценки обладает рядом таких преимуществ, как: 1) простой схемой расчета; 2) учетом при построении оценок большого количества разнородных значимых показателей, допускающих варьирование в зависимости от особенностей решаемой конкретной практической задачи; 3) адаптивностью и универсальностью, позволяющей применить методику к оценке интенсивности не только сельскохозяйственного, но и промышленного производства в различных масштабах; 4) возможностью анализа на ее основе ситуации и формирования практических рекомендаций на основе рассчитанных интегрированных оценок показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журова Л.И., Топорков А.М. Сравнительный анализ подходов к оценке устойчивого развития экономических систем // Вестник ВУиТ. – 2017. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-podhodov-k-otsenke-ustoychivogo-razvitiya-ekonomicheskikh-sistem> (дата обращения: 24.03.2020).
2. Sakharova L.V. Optimization of agricultural land use on the basis of mathematical methods of financial analysis and the theory of fuzzy sets / L.V. Sakharova, M.B.Stryukov, G.I.Akperov // 9th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception, 24-25 August 2017, Budapest, Hungary, Procedia Computer Science, т. 120, 2017.
3. Alekseychik T.V., Bogachev T.V., Karasev D N., Sakharova L.V., Stryukov M.B. Fuzzy Method of Assessing the Intensity of Agricultural Production on a Set of Criteria of the Level of Intensification and the Level of Economic Efficiency of Intensification. Advances in Intelligent Systems and Computing, V. 896, Pp 635-642. (Conference proceedings ICAFS 2018)
4. Альбеков А.У., Арапова Е.А., Карасев Д.Н., Стрюков М.Б., Сахарова Л.В. Программа для оценки интенсивности сельскохозяйственного производства посредством нечеткого 5-точечного классификатора. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ No 2018613875. (2018).
5. Arapova E.A., Lukyanova G.V., Sakharova L.V., Akperov G.I. Fuzzy-Logic Analysis of the Level of Comfort and Environmental Well-Being of the Urban Environment on the Example of Large Cities of Rostov Region/Advances in Intelligent Systems and Computing, V. 896. Pp. 643-650. (Conference proceedings ICAFS 2018).
6. Vovchenko N.G., Stryukov M.B., Sakharova L.V. & Domokur O.V. Fuzzy-logic analysis of the state of the atmosphere in large cities of the industrial region on the example of Rostov region. Advances in Intelligent Systems and Computing, 896, 709-715. (2019)

7. Альбеков А.У., Арапова Е.А., Карасев Д.Н., Стрюков М.Б. & Сахарова Л.В. (2018) Программа для оценки уровня загрязненности в регионе на основе нечетко-множественного анализа статистических данных. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018660636.
8. Akperov G.I., Khramov V.V. A fuzzy semantic data triangulation method used in the formation of economic clusters in southern Russia // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Т.1095. – С. 340-344. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41406656> (дата обращения: 24.03.2020).
9. Akperov G.I., Khramov V.V., Gorbacheva A.A. Using soft computing methods for the functional benchmarking of an intelligent workplace in an educational establishment // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Т.1095. – С. 54-60. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41406291> (дата обращения: 24.03.2020).
10. Храмов В.В., Гвоздев Д.С. Интеллектуальные информационные системы: интеллектуальный анализ данных / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2016. – 152 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28322733> (дата обращения: 24.03.2020).
11. Храмов В.В. Концепция обеспечения эффективности организационно-технических систем на основе бионико-интеллектуального подхода // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2001. – № 2. – С. 138-141. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=117136613> (дата обращения: 24.03.2020).
12. Храмов В.В., Царьков А.Н. Моделирование информационных процессов в эргатических системах на основе принципов самоорганизации // *Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем? Сборник трудов*. – 2003. – С. 444-447. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32760880> (дата обращения: 24.03.2020).
13. Система анализа космических снимков (САКС): Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2017615097 13.03.2017 / Митясова О.Ю., Акперов И.Г., Крамаров С.О., Храмов В.В. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35080392>.
14. Способ идентификации протяженных объектов земной поверхности: Патент на изобретение RUS 2640331 11.12.2015 / Акперов И.Г., Крамаров С.О., Храмов В.В., Митясова О.Ю., Повх В.И. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35057862> (дата обращения: 24.03.2020).
15. Храмов В.В. Моделирование на ЭВМ: Пособие для курсового и дипломного проектирования. – Москва, 1992. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34870614> (дата обращения: 24.03.2020).