

Коханова Виктория Сергеевнаканд. экон. наук, ЧОУ ВО «Южный
Университет (ИУБиП)», г. Ростов-на-
Дону, Российская Федерация**ORCID:** 0000-0002-7040-9333**e-mail:** kohanovavs@yandex.ru**АППАРАТ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ
ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ
КОМПАНИИ**

Аннотация. Приведен пример использования аппарата нечеткой логики в вопросах оценки эффективности цифровизации предприятия, указаны показатели, которые могут быть использованы в качестве критериев для построения системы оценки эффективности цифровизации, а также проведен обзор имеющихся разработок. В рамках статьи обозначены направления модификации классических методов оценивания, которые возможны с использованием аппарата нечеткой логики. Обоснован выбор универсального инструмента нечеткой логики в качестве математического аппарата для формирования оценки – системы нечетких логических выводов – стандартных пятиуровневых [0; 1]-классификаторов. Возможность нечеткой классификации свойств, а также квалиметрии на основе агрегирования иерархий факторов позволит оценить уровень эффективности цифровизации предприятия по степени успешности.

Ключевые слова: нечеткая логика, цифровизация, оценка эффективности, ключевые показатели оценки, экосистема, методы интеллектуального анализа, стратегические интересы компании, эффективность цифровизации

Для цитирования: Коханова В.С. Аппарат нечеткой логики как инструмент оценки эффективности цифровизации компании // Вестник университета. 2021. № 2. С. 36–41.

Viktoriya S. KokhanovaCand. Sci. (Econ.), Southern University
(IMBL), Rostov-on-Don, Russia**ORCID:** 0000-0002-7040-9333**e-mail:** kohanovavs@yandex.ru**FUZZY LOGIC APPARATUS AS A TOOL
FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS
OF DIGITALIZATION OF A COMPANY**

Abstract. In this article, the author gives an example of using the apparatus of fuzzy logic in assessing the effectiveness of digitalization of an enterprise, specifies indicators that can be used as criteria for building a system for assessing the effectiveness of digitalization, as well as provides an overview of existing developments. Within the framework of the article, the study outlines the directions of modification of classical estimation methods that are possible using the apparatus of fuzzy logic. The paper substantiates the choice of a universal fuzzy logic tool as a mathematical apparatus for forming an assessment: a system of fuzzy logical conclusions – standard five-level [0; 1]-classifiers. The possibility of fuzzy classification of properties, as well as qualimetry based on the aggregation of hierarchies of factors, will make it possible to assess the level of efficiency of enterprise digitalization by the degree of success.

Keywords: fuzzy logic, digitalization, performance evaluation, key scores showed, ecosystem, mining methods, strategic interests of the company, efficiency of digitalization

For citation: Kokhanova V.S. (2021) Fuzzy logic apparatus as a tool for assessing the effectiveness of digitalization of a company. *Vestnik universiteta*, no. 2, pp. 36–41. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-2-36-41

Введение

В настоящее время нечеткая логика получила распространение в качестве инструмента анализа. Ее используют при разработке различных методов интеллектуального анализа данных, широко применяемых при исследовании экономических процессов. В качестве примера можно привести активное использование в экономической науке:

- нейронных сетей, основанных на мягких вычислениях, а также их адаптивные варианты;
- обработки баз данных с помощью нечетких запросов;

© Коханова В.С., 2021.

Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0. всемирная (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

© Kokhanova V.S., 2021.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- нечетких транзакций и ассоциативных правил (англ. fuzzy associative rules);
- нечетких когнитивных карт, с помощью которых можно моделировать условия функционирования предприятия.

По сравнению с «чистыми» методами интеллектуального анализа данных, нечетко-множественные модификации имеют более широкие возможности для учета неопределенности внешних условий и экспертных оценок, большую компактность, ясность и простоту использования.

В условиях становления цифровой экономики компаниям все чаще приходится задумываться о выборе технологии или даже о методологии внедрения цифровых технологий в свою деятельность. В этой ситуации на первый план выходит оценка экономической целесообразности этих технологий.

Основные направления цифровой трансформации затрагивают и бизнес-модель предприятия (на современном этапе появляются бизнес-модели, основанные полностью на цифровой технологии): меняется инструментарий для управления данными, на первый план выходит цифровое моделирование и построение прототипов, активно создаются цифровые платформенные решения для различных сфер и областей деятельности, и, конечно же, крупные игроки создают свои экосистемы, переводя их на цифровую платформу.

Анализ литературы показывает, что возможность модификаций аппарата нечеткой логики уже рассматривалась специалистами в ряде экономических исследований, например, в исследовании экономических систем.

В. М. Ячменева предлагает оценку уровня экономической устойчивости предприятия на основе нечеткой логики [7]. Для оценки способности предприятия отражать внешние угрозы, поддерживать и обеспечивать свою финансовую устойчивость, выполнять свою текущую деятельность полноценно В. М. Ячменева предлагает ввести нечеткое число X из диапазона $[0; 1]$. Чем выше значение X , тем стабильнее предприятие.

Н. А. Карпова разработала методику оценки устойчивости консолидированных групп компаний, основанную на сочетании нечетко-множественного и когнитивного подходов к моделированию [2]. Алгоритмы, разработанные О. А. Недосекиным, рекомендуется автором использовать для оценки риска банкротства компании [4]. В другой статье Н. А. Карповой речь идет о способности управляющей системы поддерживать сложившуюся ситуацию, а значит система управления, построенная на принципах нечеткой логики будет динамичной, поддерживающей все изменения предприятия с учетом их прогнозных значений [1].

Этот вывод подтверждается Е. Ю. Хрустальевым и О. Е. Хрустальевым. В их работе показано, что для понимания функционирования сложных систем наиболее эффективным является использование именно нечетких когнитивных моделей, так как они также позволяют предсказать ход развития системы [6].

В рамках тематики статьи более подробно остановимся на вопросе создания цифровой экосистемы и оценке ее эффективности с точки зрения стратегических корпоративных целей компании.

Методы оценки экономической эффективности цифровизации с использованием инструментов нечеткой логики

Как мы говорили выше, для оценки осуществимости и эффективности цифровизации в вопросах достижения стратегических целей компании можно использовать различные инструменты, в том числе инструменты нечеткой логики.

Согласно основной идее нечеткой логики экономические показатели можно определить не только количественно, но и качественно. Для определения уровня качественных характеристик показателя нам необходимо обозначить некую переменную и ее лингвистический уровень. Параметры лингвистического уровня мы обозначим как принадлежащие подмножеству «очень низкий уровень, низкий уровень, средний уровень, высокий уровень, очень высокий уровень».

Для пентаскалей необходимо построить систему функций принадлежности носителя X соответствующим нечетким подмножествам. Самый простой способ задать это – использовать систему трапециевидных нечетких чисел [3]. Эта идея соответствует использованию системы нечетких логических выводов – стандартных нечетких многоуровневых $[0; 1]$ -классификаторов.

Пентаскаль является оптимальным в большинстве случаев, но при необходимости можно также использовать простейший случай двоичной шкалы с параметрами «высокий – низкий» или «хороший – плохой» [9].

В зависимости от постановки задачи количество терминов может варьироваться: например, в соответствии с установленной классификацией оценки состояния систем можно использовать три, четыре или даже

десять терминов [5; 8]. Как мы можем увидеть в некоторых работах, в случае произвольного количества слагаемых можно использовать не трапециевидные, а сигмовидные функции принадлежности, обладающие достаточной для математической строгости гладкостью и определяемые формулами:

$$\mu_k = \exp\left(-\left(x - \frac{k-1}{4}\right)^{2n} / \sigma^{2n}\right) \quad k = 1, 2, 3, 4, 5. \quad (1)$$

$n \in N$ – натуральное число, характеризующее крутизну графика функции принадлежности. Узлы классификатора соответственно расположены в точках:

$$\frac{k-1}{4} \quad k = 1, 2, 3, 4, 5. \quad (2)$$

Параметр выбирается, исходя из полноты построенной системы функций. В соответствии с нашими условиями необходимо, чтобы в точках пересечения двух соседних графов имело место соотношение:

$$\mu_k\left(\frac{k-1}{4} + \frac{1}{8}\right) = \mu_{k+1}\left(\frac{k-1}{4} + \frac{1}{8}\right) = \frac{1}{2}.$$

Окончательная форма функций принадлежности имеет вид:

$$\mu_k = \exp\left(-\left(x - \frac{k-1}{4}\right)^{2n} 8^{2n} \ln 2\right). \quad (3)$$

Приведенная система (3) характеризуется полнотой, следовательно, она может использоваться для разработки пятиуровневого классификатора. Приведенные формулы можно соединить следующим образом:

$$\mu_k = \exp\left(-\left(x - \frac{k-1}{4}\right)^{2n} 2^{2n} (K-1)^{2n} \ln 2\right) \frac{1}{g_k} = \frac{k-1}{K-1}. \quad (4)$$

Инструменты анализа основных источников данных для оценки эффективности цифровизации с точки зрения стратегических корпоративных интересов компании

Предвидя оценку эффективности цифровизации компании в целом и созданной ею цифровой экосистемы в частности, необходимо обозначить основу для анализа. С одной стороны, необходимо выделить в выборку компании, которые можно обозначить как финансово устойчивые, активно внедряющие цифровые технологии, а с другой – средние, чей опыт можно транслировать на все аналогичные предприятия. То есть вопрос репрезентативности выборки стоит достаточно остро.

В качестве выборки можно использовать данные по компаниям из рейтинга 600 крупнейших компаний России RAEX-600, индекса «Вектор устойчивого развития» Российского союза промышленников и предпринимателей.

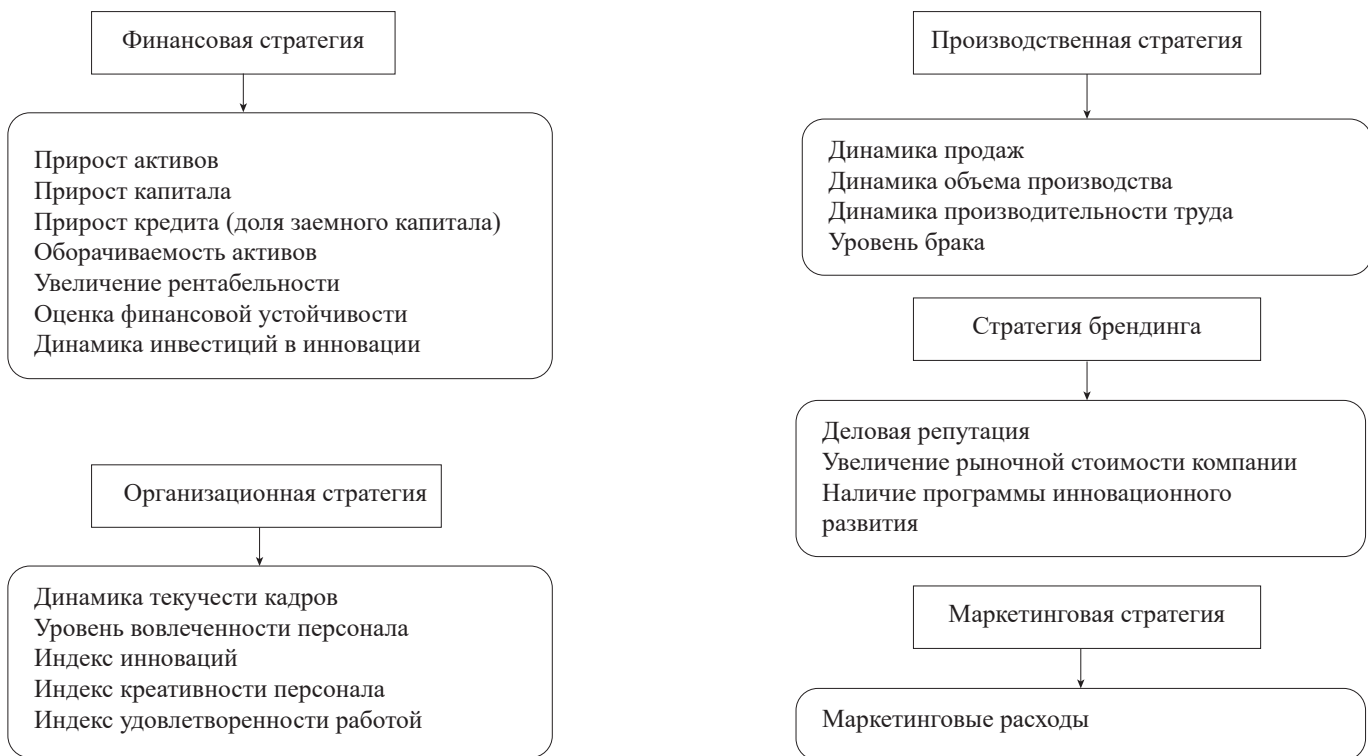
Для оценки эффективности цифровой экосистемы нам необходимо определить не только источники информации, но и критерии оценки. Мы предлагаем использовать в качестве критериев ключевые показатели эффективности компании, приведенные на рисунке 1.

В литературе можно встретить различные определения экосистемы, на наш взгляд, под экосистемой стоит понимать единство продуктов/услуг компании, разрабатываемых и реализуемых ею для различных областей и рынков. Но экосистема включает в себя не только непосредственно продукты или услуги компании – естественно, это понятие шире. Признаки экосистемы приведены на рисунке 2. В экосистему включаются бизнес-процессы компании, ее контрагенты и конечные потребители продуктов/услуг. Это единство функционирует исключительно в цифровом формате, что невозможно сделать, не имея полноценной цифровой платформы. Поэтому пионерами в вопросах создания экосистемы являются компании ИТ-сферы.

Создание экосистемы преследует ряд целей, к которым относятся:

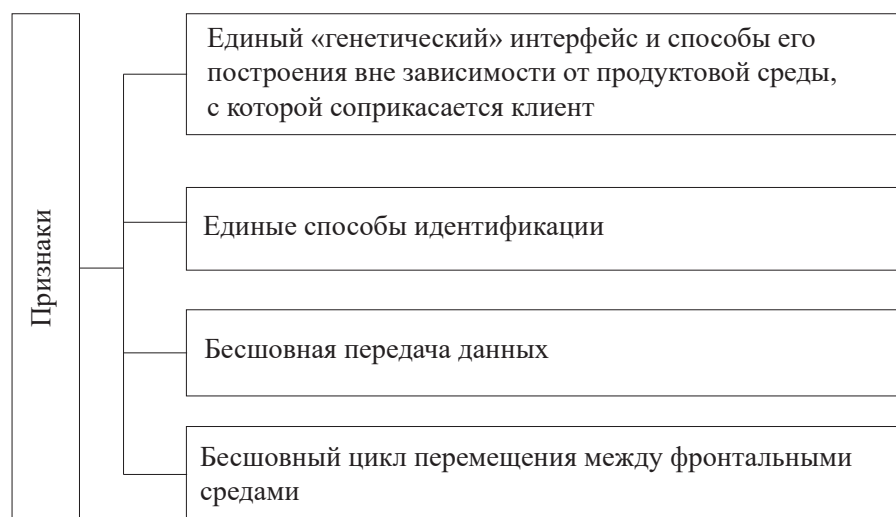
- увеличение рыночной доли компании;
- диверсификация деятельности;
- привлечение большего количества клиентов;

- формирование постоянной лояльной аудитории потребителей;
- удержание позиций на рынке и т. д.



Составлено автором по материалам исследования

Рис. 1. Ключевые показатели эффективности компании



Составлено автором по материалам исследования

Рис. 2. Признаки экосистемы компании

На Западе впервые о построении экосистем заговорили более 20 лет назад. В России в тот период рынок частного капитала только формировался, а в западных странах уже начался процесс становления таких экосистем, которые предполагали возможность для клиента удовлетворять самые разные потребности за счет единой платформы.

Для того чтобы иметь возможность оценить эффективность цифровой экосистемы, на наш взгляд, необходимо ввести следующие переменные:

d – коэффициент влияния цифровизации на формирование стратегических корпоративных интересов компании;

t – момент времени;

F – некоторый оператор, интегрирующий действие всей совокупности факторов в i -й области интереса при рассмотрении n областей;

W_1 – набор некоторых внешних возмущений;

W_2 – набор некоторых внутренних возмущений;

e – случайный фактор.

$$d(t) = \sum_{i=1}^n F_i(t, W_1, W_2, e). \quad (5)$$

Набор некоторых внешних возмущений (W_1) может включать индикаторы: уровень инвестиций в компанию в целом, долю инвестиций в инновации, рост рыночной стоимости компании.

Набор некоторых внешних возмущений (W_2) может включать индикаторы: динамика продаж, динамика объема производства, динамика производительности труда, коэффициент брака, прирост капитала, рост кредита, (доля заемного капитала), оборачиваемость активов, увеличение прибыльности, оценка финансовой устойчивости, динамика инвестиций в инновации, наличие программы инновационного развития и другие.

Нечеткая логика до сих пор имеет своих противников, но тем не менее стоит наравне с другими системами оценки: классическим эконометрическим моделированием и моделями общего экономического равновесия, имитационного моделирования, моделями баланса.

Универсальный и прикладной характер инструментов нечеткой логики можно обосновать уже имеющим опытом применения указанных инструментов для целей стратегического планирования, для комплексного анализа состояния компании вне зависимости от ее размеров, анализа рисков, кредитоспособности, управления фондовым портфелем, построения системы скоринга и многого другого.

Выводы

Выбор параметра и его обоснование – отдельное, достаточно развитое направление исследований. Соответствующие методы построения количественных оценок экономических систем, в том числе с учетом цифровизации и выделения цифровой экосистемы компании, при их несомненной практической ценности и актуальности имеют ряд недостатков. Это типично для классических экономических моделей и неотразимо в рамках традиционно используемого математического аппарата. В то же время их можно преодолеть с помощью аппарата нечеткой логики, включая системы вывода нечеткой логики.

В настоящее время ведется активная работа по модификации традиционных математических методов, основанных на нечеткой логике, что позволит в обозримом будущем добиться значительных успехов в создании современного математического аппарата, отвечающего задачам цифровой экономики.

Библиографический список

1. Карпова, Н. А. Анализ как инструмент принятия управленческих решений в отношении консолидированных групп компаний // Экономика. Бизнес. Банки. – 2013. – № 2 (3). – С. 118-125.
2. Карпова, Н. А. Применение методов нечеткой логики в оценке и прогнозировании финансовой устойчивости консолидированных групп компаний // Вестник Евразийской науки. – 2015. – № 5 (30). – С. 1-16.
3. Коньшева, Л. К., Назаров, Д. М. Основы теории нечетких множеств: учебное пособие. – СПб: Питер, 2011. – 192 с.
4. Недосекин, А. О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / Санкт-Петербургский университет экономики и финансов. – Санкт-Петербург, 2003. – 280 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mirkin.ru/_docs/doctor005.pdf. (дата обращения: 10.12.2020).
5. Сахарова, Л. В., Алексейчик, Т. В., Богачев, Т. В., Арапова, Е. А. Оценка состояния атмосферы в регионе с помощью нечеткого моделирования // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2018. – № 3 (63). – С. 152-159.

6. Хрусталеv, Е. Ю., Хрусталеv, О. Е. Когнитивное моделирование развития высокотехнологичной промышленности (на примере ВПК) // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2013. – № 10 (313). – С. 2-10.
7. Ячменева, В. М. Презентация экономической устойчивости предприятия // *Экономика и менеджмент*. – 2007. – № 4-5. – С. 107-112.
8. 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*. – 2018. – V. 896. – Pp. 643-650. DOI: 10.1007/978-3-030-04164-9_84.
9. 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*. – 2019. – V. 896. – Pp. 709-715. DOI: 10.1007/978-3-030-04164-9_93.

References

1. Karpova N. A. Analysis as a tool for making management decisions in relation to consolidated groups of companies, *Economy. Business. Banks*, 2013, no. 2 (3), pp. 118-125. (In Russian).
2. Karpova N. A. Application of fuzzy logic methods in assessing and forecasting the financial stability of consolidated groups of companies, *The Eurasian Scientific Journal*, 2015, no. 5 (30), pp. 1-16. (In Russian).
3. Konyshcheva L. K., Nazarov D. M. *Fundamentals of the theory of fuzzy sets: textbook*, St. Petersburg, Piter, 2011, 192 p. (In Russian).
4. Nedosekin A. O. Methodological foundations of financial activity modeling using fuzzy multiple descriptions: dis. ... Doc. Sci. (Econ.): 08.00.13, Saint Petersburg University of Economics and Finance, St. Petersburg, 2003, 280 p. Available at: http://www.mirkin.ru/_docs/doctor005.pdf. (accessed 10.12.2020). (In Russian).
5. Sakharova L. V., Alekseichik T. V., Bogachev T. V., Arapova E. A. Assessment of the state of the atmosphere in the region using fuzzy modeling, *Vestnik of Rostov University of Economics*, 2018, no. 3 (63), pp. 152-159. (In Russian).
6. Khrustalev E. Yu., Khrustalev O. E. Cognitive modeling of the development of high-tech industry (on the example of the military-industrial complex), *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2013, no. 10 (313), pp. 2-10. (In Russian).
7. Yachmeneva V. M. Presentation of the company's economic sustainability *Economics and Management*, 2007, no. 4-5, pp. 107-112. (In Russian).
8. 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*, 2018, vol. 896, pp. 643-650. DOI: 10.1007/978-3-030-04164-9_84. (In Russian).
9. 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*, 2019, no. 896, pp. 709-715. DOI: 10.1007/978-3-030-04164-9_93. (In Russian).