

УДК 33**Оценка эффективности системы сохранения здоровья в регионе на основе использования методов нечеткой логики****Авдеева Валентина Ивановна**

Министр финансов Калужской области,
248000, Российская Федерация, Калуга, ул. Достоевского, 48;
e-mail: Avdeeva@mail.ru

Князева Инга Владимировна

Кандидат экономических наук,
доцент кафедры финансов и кредита,
Калужский филиал Финансового университета
при Правительстве Российской Федерации,
248016, Российская Федерация, Калуга, ул. Чижевского, 17;
e-mail: knyazeva.inga.v@yandex.ru

Аннотация

Система сохранения здоровья представляет собой сложный многоотраслевой механизм, во многом определяющий качество жизни населения и эффективность региональной экономики. Разработка алгоритмов анализа системы сохранения здоровья – актуальнейшая прикладная задача, и стандартные подходы, ориентированные, например, на использование систем показателей, недостаточно эффективны в этой сфере. В статье рассматривается пример использования инструментов нечеткой логики для оценки эффективности функционирования системы сохранения здоровья в Калужской области. В качестве параметров системы рассматриваются ожидаемая продолжительность жизни при рождении (Life expectancy at birth), младенческая смертность» (Infant Mortality Rate), а также интегральный показатель качества жизни населения в регионе, представлено обоснование выбора этих параметров. В качестве алгоритма преобразования параметров системы используется алгоритм Мамдани.

Для цитирования в научных исследованиях

Авдеева В.И., Князева И.В. Оценка эффективности системы сохранения здоровья в регионе на основе использования методов нечеткой логики // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 5А. С. 395-404.

Ключевые слова

Нечеткая логика, социально-экономическая система, система сохранения здоровья, эффективность функционирования системы, нечеткий вывод, алгоритм Мамдани, Калужская область.

Введение

Социально-экономические системы являются весьма сложным объектом для исследований. Во-первых, социально-экономические системы – это сложные многоуровневые, многокомпонентные системы, во-вторых, множество факторов влияет на их функционирование, в-третьих, выбор адекватных методов анализа для исследования таких систем – также интересная и сложная проблема.

В рамках данной статьи на примере исследования эффективности функционирования системы сохранения здоровья в Калужской области предлагается рассмотреть, как инструменты нечеткой логики могут использоваться в решении проблем анализа сложных систем.

Система сохранения здоровья на региональном уровне – сложная система, которую можно рассматривать как совокупность разноотраслевых механизмов, формальных и неформальных норм, в частности норм индивидуального поведения, направленных на профилактику и лечение заболеваний; создание инновационных теорий, препаратов, техники; совершенствование организационных и экономических форм поддержания здоровья населения.

Нельзя утверждать, что базовым элементом системы сохранения здоровья выступает здравоохранение [Басова, Карамова, 2017], хотя здравоохранение, безусловно, является важным компонентом системы [Рейтинг эффективности здравоохранения регионов РФ в 2017 г., www]. Субъекты деятельности в рамках системы – это региональные и муниципальные власти, общественные организации и само население региона. Система сохранения здоровья в материальном смысле на уровне региона – это материальная инфраструктура сохранения здоровья, не только объекты здравоохранения, но и эргономичные дома, школы, рабочие места, инфраструктура спорта и отдыха. Комплекс государственных программ региона в своей социальной части, безусловно, должен быть ориентирован на развитие системы сохранения здоровья [Князев, 2015].

Система сохранения здоровья не создается и не управляется из единого центра, в этом заключена еще одна сложность ее изучения и создания рекомендаций по ее развитию.

Тем не менее, объективная необходимость исследования эффективности функционирования системы сохранения здоровья, в частности на уровне региона, существует.

Наличие эффективной системы сохранения здоровья не только повышает качество жизни населения в регионе, но и предполагает сокращение потерь валового регионального продукта (ВРП) в результате преждевременной смертности экономически активного населения, потерь рабочего времени в результате пребывания на больничных по уходу за больными [Улумбекова, Гинойн, www]. В процессе исследований выявлено, например, что экономический ущерб (недопроизводство ВРП) Калужской области от преждевременной смертности (недожития до пенсионного возраста) составил 5,8% ВПР в 2016 г. [Князева, Ерохин, Леонтьев, Семененко, 2017]. Статистическая база исследования при этом учитывала только население, недожившее до пенсионного возраста, а ведь в реальности значительное количество людей экономически активны и в пенсионном возрасте, и, как следствие, недопроизведенный в области ВРП более значителен.

Выбор параметров эффективности системы сохранения здоровья

Для исследования эффективности системы сохранения здоровья воспользуемся инструментами нечеткой логики. Примеры использования инструментов нечеткой логики для

исследования социально-экономических процессов, безусловно, существуют и используются [Семененко, Князева, Чудеснова, 2013]. Традиционные методы [Проскудина, 2018] в меньшей степени адаптированы к исследованию систем, функционирующих в условиях недостаточной определенности [Леоненков, 2005], входные и выходные характеристики таких систем изменяются в заданных диапазонах [Hooda, Raich, www].

В данной работе предлагается: 1) выбор показателей эффективности функционирования системы сохранения здоровья на региональном уровне; 2) использование алгоритма Мамдани как алгоритма нечеткой логики для оценки эффективности [Пегат, 2013]; 3) использование программного пакета MATLAB (2017b) для реализации процедур нечеткого ввода и вывода.

Общий вид нечеткой модели, реализуемой в MATLAB, представлен на рисунке 1.

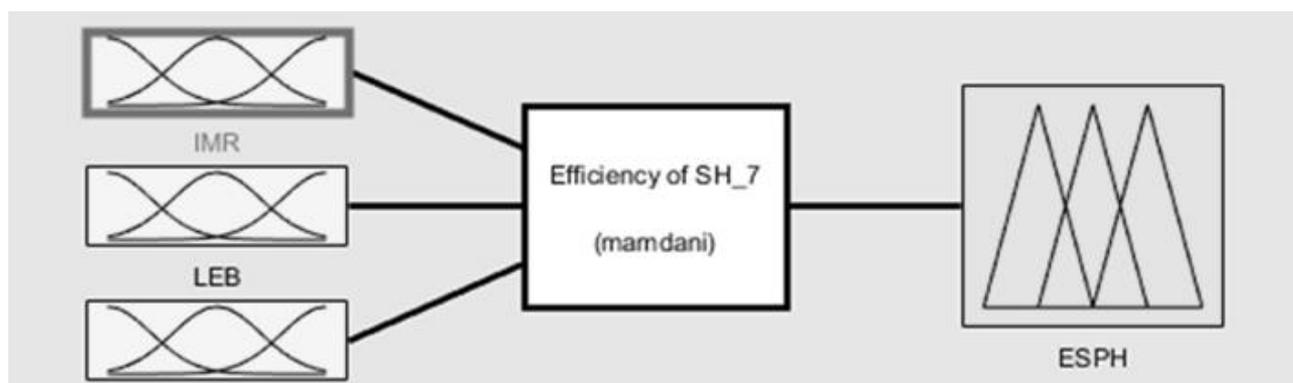


Рисунок 1 – Общий вид модели, ориентированной на оценку эффективности системы сохранения здоровья в Калужской области

На рисунке можно увидеть, что в модели используются три нечеткие переменные (LEB, IMR, R2017), в качестве алгоритма преобразования используется алгоритм Мамдани. Выходная нечеткая переменная носит имя ESPH, образованное от словосочетания «effectiveness of system of health preservation». В рамках исследования переменная ESPH показывает степень эффективности системы сохранения здоровья, изменяется в диапазоне [0; 1].

Поясним подход к выбору нечетких входных переменных.

Будем полагать, что эффективность региональной системы сохранения здоровья проявляется, прежде всего, в показателях «Ожидаемая продолжительность жизни при рождении» (Life expectancy at birth) и «Младенческая смертность» (Infant Mortality Rate). Эти показатели признаны важнейшими для исследования качества жизни (Quality of Life) и здоровья населения в общемировой практике [Yonk, Smith, Wardle, www].

Что касается динамики показателя «Ожидаемая продолжительность жизни при рождении», то Калужская область в 2015 г. характеризовалась величиной показателя 70,73 года, в 2016 г. – 71,18 года, в 2017 г. – 71,87 года. По показателю прослеживается безусловная положительная динамика. В ЦФО в 2016-2017 гг. наиболее высокая продолжительность жизни была зафиксирована в Москве, составив соответственно 77,08 и 77,87 лет. Минимальные показатели в ЦФО в 2016 г. были зафиксированы в Тульской области, составив 69,24 года, и в 2017 г. – в Тверской области, составив 70,45. По Российской Федерации в целом в 2017 г. максимальная ожидаемая продолжительность жизни была в Республике Ингушетия и составила 81,59 года, а минимальная – 64,21 года в Республике Тыва [Российский статистический ежегодник, 2018]. В нечеткой модели показатель «Ожидаемая продолжительность жизни при рождении» будет

интерпретироваться через нечеткую переменную LEB (название образовано от первых букв международного названия показателя – Life Expectancy at Birth), изменение нечеткой переменной задано в диапазоне [66,29; 81,59], исходя из минимальной и максимальной продолжительности жизни при рождении в Российской Федерации в 2017 г.

Вторая переменная нечеткой модели имеет имя IMR (Infant Mortality Rate). Переменная изменяется в диапазоне [3,2; 10,8]. Этот диапазон выбран исходя из максимального и минимального значений показателя младенческой смертности на 10000 чел. в РФ в 2017 г. Максимально значение показателя (максимальная смертность детей до 1 года на 10000 родившихся) зафиксирован в 2016 г. в Еврейской автономной области и составил 10,8. Минимальный показатель зафиксирован в Чувашской Республике – 3,2. Что касается Калужской области, то в 2015 г. показатель младенческой смертности был чрезвычайно высоким на фоне показателей ЦФО и составил 8,7 чел. на 10000 родившихся, в 2016 г. показатель существенно снизился, составив 6,8. В 2017 г. показатель составил 4,1 человека, снизившись по сравнению с 2015 г. более чем в 2 раза. Если в 2015 г. Калужская область занимала предпоследнее место по параметру «Наименьшая младенческая смертность» в ЦФО (после Орловской области – 9,1), в 2016 г. улучшила свое положение в рейтинге по этому показателю до 10 места, то в 2017 г. Калужская область разделяет четвертое место в ЦФО по данному параметру с Московской областью [Младенческая смертность по субъектам Российской Федерации в 2016-2017 гг., [www](#)].

Третья нечеткая переменная в модели (R2017) отражает показатель рейтинга региона по уровню качества жизни. Качество жизни и уровень доходов населения однозначно имеют выраженное отношение к сохранению здоровья населения в регионе.

В Российской Федерации глубоко дифференцированы качество жизни [Экономическое здоровье российских регионов..., [www](#)], доходы населения [Уровень и структура располагаемых ресурсов домашних хозяйств..., [www](#)], социальное самочувствие жителей разных регионов [Население России в 2018 году..., 2019].

В качестве базового источника информации о качестве жизни в российских регионах использовался ежегодный рейтинг экспертного агентства «РИА Рейтинг». Качество жизни оценивается в этом рейтинге через одиннадцать групп показателей: уровень доходов населения; занятость и рынок труда; жилищные условия; безопасность проживания; демографическая ситуация; экологические и климатические условия; здоровье населения и уровень образования; обеспеченность объектами социальной инфраструктуры; уровень экономического развития региона; уровень развития малого бизнеса; освоенность территории и развитие транспортной инфраструктуры. Можно тем самым обратить внимание на то, что большая часть показателей в рейтинге ориентирована на оценку экономической компоненты жизни региона.

Необходимо отметить, что многие показатели, характеризующие качество жизни в регионах РФ, различаются очень значительно. Так, например, на 1 января 2017 г. уровень безработицы в Санкт-Петербурге составлял 1,6%, а в Республике Ингушетия – 28,8%; в ноябре 2016 г. среднедушевые доходы населения составляли 14,6 тыс. руб. в Республике Тыва и 64,6 тыс. руб. в Ненецком автономном округе; разница по ожидаемой продолжительности жизни составляет в российских регионах 17 лет [Рейтинг регионов РФ по качеству жизни – 2017, 2018].

Переменная R2017 изменяется в диапазоне [12,53; 76,54] соответственно предельным рейтинговым баллам, рассчитанным для российских регионов. Самый высокий рейтинговый балл по уровню жизни был присвоен на 1 января 2017 г. Москве (76,54), самый низкий – Республике Тыва (12,53) [там же].

Реализация алгоритма Мамдани

Каждая из входных и выходная переменные описаны в модели через функции принадлежности при помощи редактора функций принадлежности MATLAB (Fuzzy Inference System Editor – FIS).

Заметим, что адекватный выбор типа функций принадлежности является достаточно сложной задачей, подчиненной специфике изменения и представления о нечетких входных показателях [Семененко, Князева, Черняев, 2013]. Использование FIS для описания переменной LEB показано на рисунке 2.

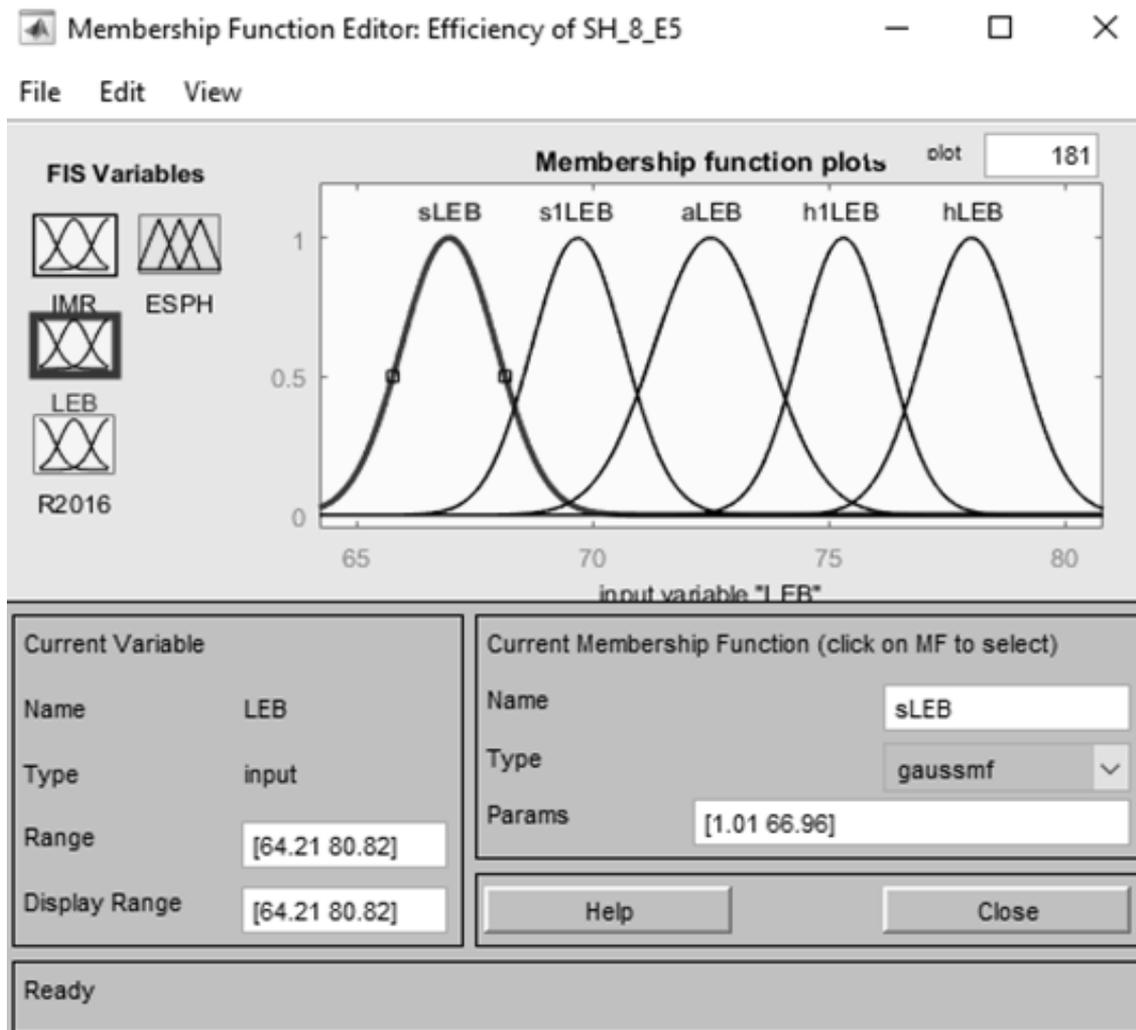


Рисунок 2 – Использование редактора функций принадлежности для описания переменной LEB

Переменная LEB характеризовалась в процессе исследований терм-множеством значений («очень низкое», «низкое», «среднее», «высокое», «очень высокое») и была описана, как показано на рисунке 2, гауссовыми функциями принадлежности. Входные нечеткие IMR и R2017 были описаны терм-множествами значений («низкое», «среднее», «высокое»), при этом переменная IMR, как и переменная LEB, была описана гауссовыми функциями принадлежности, а переменная R2017 – трапециевидными функциями. На этом и был завершен

процесс фазификации (определения значений) входных нечетких переменных.

На этапе агрегирования для переменной вывода ESPH были построены усеченные функции принадлежности с целью получить итоговое нечеткое множество для выходной переменной. Объединение усеченных функций производится в рамках использования алгоритма Мамдани.

Обязательным условием создания нечеткой модели выступает этап формирования базы правил. Этот процесс в MATLAB реализуется с помощью редактора правил (Rule Editor).

Для работы модели по алгоритму Мамдани было сформировано 20 правил в соответствии с принципом: ЕСЛИ $x_1 = \langle \text{терм}1 \rangle$ И/ИЛИ $x_2 = \langle \text{терм}2 \rangle \dots$ ТО $Y = \langle \text{терм}3 \rangle$.

Для того, чтобы отобразить процесс нечеткого вывода и получить результаты функционирования модели, используется средство просмотра правил вывода (рисунок 3).

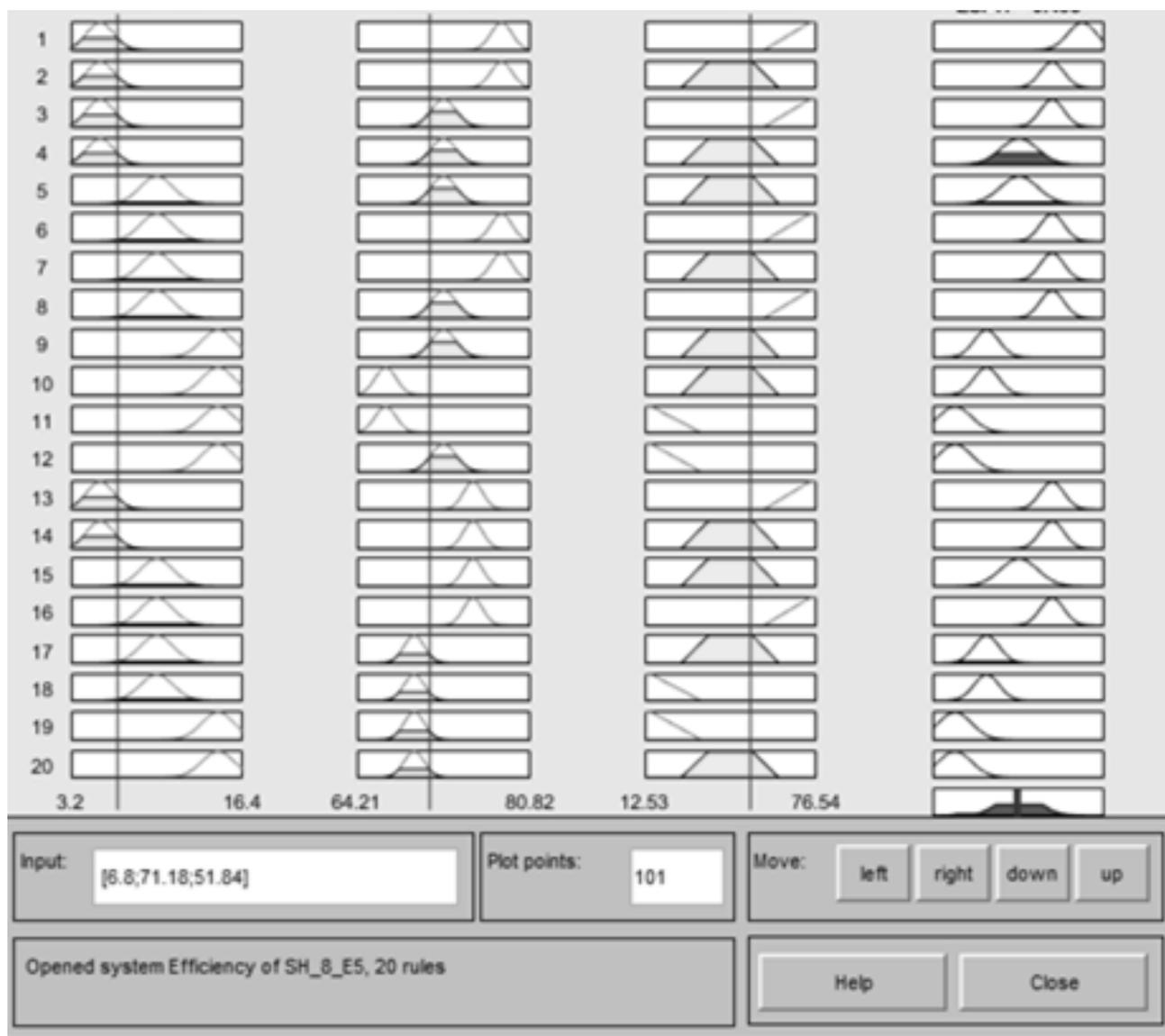


Рисунок 3 – Окно средства просмотра правил вывода

Окно средства просмотра вывода, представленное на рисунке 3, содержит по трем первым столбцам значения входных переменных, характеризующих Калужскую область в 2017 г. Так, переменная $IMR = 4,1$ (это показатель младенческой смертности в Калужской области в 2017

г.), переменная $LEB = 71,82$ (показатель ожидаемой продолжительности жизни при рождении в области в 2017 г.), переменная $R2017 = 51,84$ (рейтинговый балл качества жизни в Калужской области на 1 января 2017 г.). Результирующее нечеткое множество для выходной переменной показано на прямоугольнике внизу справа. Жирная линия указывает на значение выходной переменной после дефазификации. В данном случае расчеты показывают, что значение $ESPH = 0,587$. Диапазон изменения показателя – $[0; 1]$, таким образом, эффективность системы составляет 58,7%. При этом самый высокий показатель эффективности системы сохранения здоровья составил 0,828 (г. Москва), т.е. 82,8% (таблица 1).

В данном случае мы полагали, что ожидаемая продолжительность жизни при рождении, младенческая смертность и общие условия жизни в регионе, выраженные через показатель качества жизни, в достаточной мере характеризуют эффективность функционирования региональной системы сохранения здоровья. Естественно, спектр входных переменных и их количество могут меняться в процессе исследований. Созданная модель эксплуатировалась в нескольких направлениях, в данном случае показан частный случай ее использования.

В рамках исследования были рассчитаны также значения $ESPH$ для некоторых субъектов РФ (таблица 1).

Таблица 1 – Значения входных и выходной переменных нечеткой модели исследования эффективности функционирования системы здравоохранения в Калужской области

Субъект РФ	LEB	IMR	R2016	ESPH
г. Москва	77,87	5,70	76,54	0,828
Белгородская область	73,67	5,1	61,82	0,633
Калужская область	71,87	4,1	51,84	0,587
Тверская область	70,45	4,5	38,83	0,363
Республика Тыва	66,29	8,6	12,53	0,211

Анализ данных, представленных в таблице, позволяет увидеть, что субъекты РФ весьма существенно дифференцированы по ожидаемой продолжительности жизни при рождении, младенческой смертности, уровню и качеству жизни. Вся эта региональная специфика в полной мере отражается через показатель $ESPH$, рассчитанный для пяти регионов, выбранных для анализа. Если считать работу модели корректной, то эффективность функционирования системы сохранения здоровья в Москве составляет 82,8% (Москва лидирует в рейтинге качества жизни, но не лидирует среди российских регионов по минимальной младенческой смертности и максимальной ожидаемой продолжительности жизни). Самая низкая эффективность системы сохранения здоровья диагностируется в Республике Тыва (21,1%), где один из самых высоких в РФ показателей младенческой смертности, чрезвычайно низкие доходы, высокая безработица, низкая продолжительность жизни.

Заключение

Таким образом, система сохранения здоровья на региональном уровне – сложная система, которую можно рассматривать как совокупность разноотраслевых механизмов, формальных и неформальных норм, в частности норм индивидуального поведения, направленных на профилактику и лечение заболеваний; создание инновационных теорий, препаратов, техники; совершенствование организационных и экономических форм поддержания здоровья населения. Разработка алгоритмов анализа системы сохранения здоровья – актуальнейшая прикладная

задача, и стандартные подходы, ориентированные, например, на использование систем показателей, недостаточно эффективны в этой сфере.

В работе показано, как могут быть использованы инструменты нечеткой логики для анализа развития таких сложных систем, как, например, региональная система сохранения здоровья.

Библиография

1. Басова А.Г., Карамова О.В. Влияние современного развития здравоохранения на экономику России // Проблемы науки. 2017. № 4. С. 53-59.
2. Князева И.В. Некоторые аспекты реализации комплекса целевых программ в Калужской области // Современные исследования социальных проблем. 2015. № 1 (21). С. 262-265.
3. Князева И.В., Ерохин А.М., Леонтьев М.Ю., Семененко М.Г. Особенности развития и формализация функционирования системы сохранения здоровья населения Калужской области // Труды регионального конкурса научных проектов в области гуманитарных и общественных наук. Калуга, 2017. 327 с.
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
5. Младенческая смертность по субъектам Российской Федерации в 2016-2017 гг. // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/2017/demo/t2.xls
6. Население России в 2018 году: доходы, расходы, социальное самочувствие. Мониторинг НИУ ВШЭ // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Институт социальной политики. 2019. 78 с.
7. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
8. Проскудина М.Д. Планирование и прогнозирование при формировании системы здравоохранения // Экономист учебного учреждения. 2018. № 3. С. 237-239.
9. Рейтинг регионов РФ по качеству жизни – 2017. М.: Рейтинговое агентство «РИА Рейтинг», 2018. 138 с.
10. Рейтинг эффективности здравоохранения регионов РФ в 2017 г. URL: <https://medvestnik.ru/content/articles/Reiting-effektivnosti-zdravooxraneniya-regionov-RF.html>
11. Российский статистический ежегодник. 2017: Стат. сб. Росстат. М., 2018 694 с.
12. Семененко М.Г., Князева И.В., Чудеснова Я.С. Комбинированный метод оценки эффективности инвестиционных проектов // Фундаментальные исследования. 2013. № 8. С. 60-63.
13. Семененко М.Г., Князева И.В., Черняев С.И. Проблемы выбора функций принадлежности нечетких множеств // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 588-592.
14. Улумбекова Г.Э., Гинойн А.Б. Эффективность региональных систем здравоохранения России. 2017 г. URL: <https://www.vshouz.ru/journal/2019-god/effektivnost-regionalnykh-sistem-zdravookhraneniya-rossii-reyting-2017-g->
15. Уровень и структура располагаемых ресурсов домашних хозяйств различных социально-экономических групп в 2017 г. // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/level/
16. Экономическое здоровье российских регионов: текущий уровень и динамика изменений в 2018 году. Обзор рейтингового агентства «Expert». URL: https://roscongress.org/upload/medialibrary/675/karty_ekonom_bul.pdf
17. Hooda D.S., Raich V. Fuzzy Logic Models and Fuzzy Control. An Introduction. URL: <https://www.pdfdrive.com/fuzzy-logic-models-and-fuzzy-control-an-introduction-e183968373.html>
18. Yonk R.M., Smith J.T., Wardle A.R. Wardle. Building a Quality of Life Index. URL: <https://www.intechopen.com/books/quality-of-life-and-quality-of-working-life/building-a-quality-of-life-index>

Assessment of the effectiveness of health preservation system in the region based on the use of fuzzy logic methods

Valentina I. Avdeeva

Minister of Finance of the Kaluga region,
248000, Kaluga, Russian Federation, Dostoevsky Street, 48
e-mail: Avdeeva@mail.ru

Inga V. Knyazeva

PhD in Economics,
Associate Professor of the Department of finance and credit,
Kaluga branch of the Financial University under the Government
of the Russian Federation
248016, 17 Chizhevskogo st., Kaluga, Russian Federation;
e-mail: knyazeva.inga.v@yandex.ru

Abstract

The health preservation system is a complex multi-sectoral mechanism, which largely determines the quality of life of the population and the effectiveness of the regional economy. The health preservation system can be considered as a combination of different mechanisms, formal and informal norms, in particular, norms of individual behavior aimed at preventing and treating diseases; creation of innovative theories, drugs, technology; improving the organizational and economic forms of maintaining public health. The development of algorithms for analyzing the health preservation system is the most urgent applied task, and standard approaches oriented, for example, to the use of indicator systems are not sufficiently effective in this area. The article discusses an example of using fuzzy logic tools to assess the effectiveness of the functioning of the health preservation system in the Kaluga region. The authors show how fuzzy logic tools can be used to analyze the development of such complex systems as, for example, a regional health preservation system. The system parameters are life expectancy at birth, infant mortality rate, as well as an integral indicator of the quality of life of the population in the region. The Mamdani algorithm is used as an algorithm for converting system parameters.

For citation

Avdeeva V.I., Knyazeva I.V. (2019) (2019) Otsenka effektivnosti sistemy sokhraneniya zdorov'ya v regione na osnove ispol'zovaniya metodov nechetkoi logiki [Assessment of the effectiveness of health preservation system in the region based on the use of fuzzy logic methods]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9 (5A), pp. 395-404.

Keywords

Fuzzy logic, socio-economic system, health preservation system, efficient functioning of the system, fuzzy inference, Mamdani algorithm, Kaluga region.

References

1. Basova A.G., Karamova O.V. (2017) Vliyanie sovremennogo razvitiya zdravookhraneniya na ekonomiku Rossii [The impact of current development of health care on the Russian economy]. *Problemy nauki* [Problems of science], 4, pp. 53-59.
2. *Ekonomicheskoe zdorov'e rossiiskikh regionov: tekushchii uroven' i dinamika izmenenii v 2018 godu. Obzor reitingovogo agentstva "Expert"* [Economic health of the Russian regions: current level and dynamics of changes in 2018. Review of the rating agency Expert]. Available at: https://roscongress.org/upload/medialibrary/675/karty_ekonom_bul.pdf [Accessed 18/04/19].
3. Hooda D.S., Raich V. *Fuzzy Logic Models and Fuzzy Control. An Introduction*. Available at: <https://www.pdfdrive.com/fuzzy-logic-models-and-fuzzy-control-an-introduction-e183968373.html> [Accessed 15/04/19].

4. Knyazeva I.V. (2015) Nekotorye aspekty realizatsii kompleksa tselevykh programm v Kaluzhskoi oblasti [The implementation of a complex of target programs in the Kaluga region: some aspects]. *Sovremennyye issledovaniya sotsial'nykh problem* [Modern research of social problems], 1 (21), pp. 262-265.
5. Knyazeva I.V., Erokhin A.M., Leont'ev M.Yu., Semenenko M.G. (2017) Osobennosti razvitiya i formalizatsiya funktsionirovaniya sistemy sokhraneniya zdorov'ya naseleniya Kaluzhskoi oblasti [Features of development and formalization of the functioning of the system of maintaining the health of the population of the Kaluga region]. *Trudy regional'nogo konkursa nauchnykh projektov v oblasti gumanitarnykh i obshchestvennykh nauk* [Proceedings of the regional competition of scientific projects in the field of humanitarian and social sciences]. Kaluga.
6. Leonenkov A.V. (2005) *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzy TECH* [Fuzzy simulation in MATLAB environment and fuzzy TECH]. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg Publ.
7. Mladencheskaya smertnost' po sub"ektam Rossiiskoj Federatsii v 2016-2017 gg. [Infant mortality by regions of the Russian Federation in 2016-2017]. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki* [Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/2017/demo/t2.xls [Accessed 12/04/19].
8. Naselenie Rossii v 2018 godu: dokhody, raskhody, sotsial'noe samochuvstvie. Monitoring NIU VShE [The population of Russia in 2018: income, expenses, social well-being. Monitoring of National Research University "Higher School of Economics"] (2019). *Natsional'nyi issledovatel'skii universitet "Vysshaya shkola ekonomiki". Institut sotsial'noi politiki* [National Research University "Higher School of Economics". Institute of Social Policy].
9. Pegat A. (2013) *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie* [Fuzzy modeling and control], 2nd ed. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy Publ.
10. Proskudina M.D. (2018) Planirovanie i prognozirovanie pri formirovanii sistemy zdravookhraneniya [Planning and forecasting in the formation of the health care system]. *Ekonomist uchebnogo uchrezhdeniya* [Economist of an educational institution], 3, pp. 237-239.
11. *Reiting effektivnosti zdravookhraneniya regionov RF v 2017 g.* [Rating of the health care efficiency of the regions of the Russian Federation in 2017]. Available at: <https://medvestnik.ru/content/articles/Reiting-effektivnosti-zdravookhraneniya-regionov-RF.html> [Accessed 19/04/19].
12. *Reiting regionov RF po kachestvu zhizni – 2017* [Rating of regions of the Russian Federation by their life quality – 2017] (2018). Moscow: Rating agency RIA Reiting.
13. *Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik. 2017: Stat. sb. Rosstat* [Russian statistical yearbook. 2017]. 2018. Moscow.
14. Semenenko M.G., Knyazeva I.V., Chernyaev S.I. (2013) Problemy vybora funktsii prinadlezhnosti nechetkikh mnozhestv [Problems of the choice of membership functions of fuzzy sets]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 5, pp. 588-592.
15. Semenenko M.G., Knyazeva I.V., Chudesnova Ya.S. (2013) Kombinirovannyi metod otsenki effektivnosti investitsionnykh projektov [The combined method of of the efficiency evaluation of investment projects]. *Fundamental'nye is-sledovaniya* [Fundamental research], 8, pp. 60-63.
16. Ulumbekova G.E., Ginoyan A.B. *Effektivnost' regional'nykh sistem zdravookhraneniya Rossii. 2017 g.* [The effectiveness of the regional healthcare systems in Russia. 2017]. Available at: <https://www.vshouz.ru/journal/2019-god/effektivnost-regionalnykh-sistem-zdravookhraneniya-rossii-reyting-2017-g-> [Accessed 11/04/19].
17. Uroven' i struktura raspolagaemykh resursov domashnikh khozyaistv razlichnykh sotsial'no-ekonomicheskikh grupp v 2017 g. [The level and structure of disposable household resources of different socio-economic groups in 2017]. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki* [Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/level/ [Accessed 16/04/19].
18. Yonk R.M., Smith J.T., Wardle A.R. *Building a Quality of Life Index*. Available at: <https://www.intechopen.com/books/quality-of-life-and-quality-of-working-life/building-a-quality-of-life-index> [Accessed 12/04/19].