

УДК 519.86

Воронина Екатерина Владимировна,

соискатель кафедры маркетинга, торгового и таможенного дела,
Институт экономики и управления (структурное подразделение),
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
г. Симферополь, Российская Федерация.
аспирант кафедры интеллектуальных электрических сетей,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Ярош Ольга Борисовна,

доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры маркетинга, торгового и таможенного дела,
Институт экономики и управления (структурное подразделение),
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
г. Симферополь, Российская Федерация.

Береза Наталья Викторовна,

кандидат экономических наук,
доцент кафедры информационных систем и радиотехники,
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал в г. Шахты),
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Шахты, Российская Федерация.

Voronina Ekaterina Vladimirovna,

aspirant of the Department of Marketing, Trading and Customs Business,
Institute of Economics and Management (structural subdivision),
FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»,
Simferopol, Russian Federation.
Graduate Student of the Department of Intelligent Electrical Networks,
FSBEI HE «Don State Technical University»,
Rostov-on-Don, Russian Federation.

Yarosh Olga Borisovna,

Ph.D. in Economics, Associate Professor,
Professor of the Department of Marketing, Trading and Customs Business,
Institute of Economics and Management (structural subdivision),
FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»,
Simferopol, Russian Federation.

Bereza Natalia Viktorovna,

Ph.D. in Economics,
Associate Professor of the Department of Information Systems and Radio Engineering,
The Institute of Service and Business (branch in Shakhty)
FSBEI HE «Don State Technical University»,
Shakhty, Russian Federation.

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ОБОСНОВАННОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫМ РЫНКОМ УСЛУГ НЕДВИЖИМОСТИ

FORMATION OF A SCIENCE-BASED REGIONAL REAL ESTATE SERVICES MARKET MANAGEMENT MECHANISM

Цель статьи состоит в апробации математической модели оценки стоимости объекта с учетом тенденций на рынке жилой недвижимости с помощью показателей состояния объекта недвижимости и показателей состояния рынка недвижимости. Нечеткая логика (Fuzzy logic) на сегодняшний день является одним из перспективных направлений научных исследований в области анализа, прогнозирования и моделирования экономических явлений и процессов. Нечетко-множественные модели, зачастую представленные в виде готового программного обеспечения или программного продукта для персональных компьютеров, позволяют принимать экономически грамотные решения.

В статье авторы апробируют математическую модель оценки стоимости объекта с учетом тенденций на рынке жилой недвижимости в программном комплексе MATLAB с заданием и корректировкой функций принадлежности нечетких множеств. Нечеткие вычисления выполняются с помощью метода Мамдани, который требует задания функций принад-

лежности для выходных переменных. Рассматриваются схемы построения систем нечеткого вывода для переменных λ_1 (состояние объекта недвижимости) и λ_2 (состояние рынка недвижимости). Приводятся полученные в результате вычислений с использованием Fuzzy Logic Toolbox поверхности систем нечеткого вывода, которые показывают зависимость выходных переменных от отдельных входных переменных. Определяется коэффициент итоговой стоимости 1 м² жилья, позволяющий переходить к среднесрочному и краткосрочному планированию прогнозной цены на 1 м² жилой недвижимости.

Ключевые слова: состояние объекта недвижимости, состояние рынка недвижимости, нечеткая логика, нечеткие правила, средневзвешенная стоимость, выходная переменная.

The purpose of this article is to test a mathematical model for estimating the value of an object taking into account trends in the residential real estate market using indicators of the state of the real estate object and indicators of the state of the real estate market. Fuzzy logic (Fuzzy logic) today is one of the promising areas of research in the field of analysis, forecasting and modeling of economic phenomena and processes. Fuzzy-multiple models, often presented in the form of off-the-shelf software or a software product for personal computers, allow making economically sound decisions.

In the article the authors approve a mathematical model for estimating the value of an object taking into account trends in the residential real estate market in the MATLAB software package with the assignment and correction of the fuzzy set membership functions. Fuzzy computations are performed using the Mamdani method, which requires defining the membership functions for the output variables. We consider schemes for constructing systems of fuzzy inference for variables λ_1 (the real estate object state) and λ_2 (the real estate market state). The results of calculations using the Fuzzy Logic Toolbox are given on the surfaces of fuzzy inference systems that show the dependence of the output variables on the individual input variables. Determined by the ratio of the final cost of 1 sq. m. housing, allowing to move to the medium and short-term planning target price of 1 sq. m. residential real estate.

Keywords: the real estate object state, the real estate market state, fuzzy logic, fuzzy rules, weighted average cost, output variable.

ВВЕДЕНИЕ

Нечетким множеством A на универсальном множестве U называется совокупность пар $(\mu A(u), u)$, где $\mu A(u)$ — степень принадлежности элемента $u \in U$ нечеткому множеству A . Степень принадлежности — это число из диапазона $[0, 1]$. Чем выше степень принадлежности, тем большей мерой элемент универсального множества соответствует свойствам нечеткого множества.

Функцией принадлежности называется функция, позволяющая для произвольного элемента универсального множества вычислить степень его принадлежности нечеткому множеству.

Для того чтобы апробировать математическую модель оценки стоимости объекта с учетом тенденций на рынке жилой недвижимости, необходимо в программном комплексе MATLAB определить входные переменные, а также задать для них функции принадлежности нечетких множеств.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Система нечеткого вывода переменной λ_1 (состояние объекта недвижимости) включает в себя следующие входные переменные: расположение объекта, внутренняя отделка, класс жилья и площадь недвижимости. Диапазон изменения коэффициента λ_1 принимается от 0,3 до 1,7.

Система нечеткого вывода переменной λ_2 (состояние рынка недвижимости) включает в себя следующие входные переменные: доходы населения, уровень инфляции, уровень процентной ставки. Для выходной переменной λ_2 принимался диапазон изменения в пределах от 0,8 до 1,2.

Цель статьи состоит в апробации математической модели оценки стоимости объекта с учетом тенденций на рынке жилой недвижимости с помощью показателей состояния объекта недвижимости и показателей состояния рынка недвижимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для выходной переменной «состояние объекта недвижимости» было принято 5 категорий (I–V). Каждой категории соответствует определенный диапазон изменения коэффициента λ_1 , характеризующего состояние объекта и равного отношению его стоимости за 1 м² к средневзвешенной стоимости. Данный коэффициент изменялся в диапазоне от 0,3 до 1,7. Выбор указанного диапазона обусловлен спецификой рынка недвижимости ЮФО. Итоговая база нечетких правил представлена в таблице 1.

В пакете Fuzzy Logic Toolbox имеется два типа нечетких систем вывода: Мамдани [1] и Сугено [2]. Указанные типы систем вывода отличаются способом задания выходных переменных. Метод Сугено не требует определения функции принадлежности для выходных переменных [3]. Для более наглядного представления результатов выбран метод Мамдани, который требует задания функций принадлежности для выходной переменной. Эти функции принимаются трапецевидными и имеют следующий вид (формула 1):

$$\mu_{k_1}(x) = \begin{cases} 1, & x < 0.335; \\ \frac{0.615 - x}{0.28}, & 0.335 \leq x \leq 0.615; \\ 0, & x > 0.615. \end{cases}$$

Таблица 1. База нечетких правил *

Местоположение объекта	Отделка	Класс жилья	Площадь недвижимости	Ценовая категория объекта недвижимости	
непрестижное	отсутствует (стройвариант)	любой	любая	I	
	плохое (хуже ожидаемого)	любой	любая		
	хорошее (соответствует ожиданиям)	любой	любая		
	очень хорошее (превосходит ожидания)	эконом	любая	II	
		стандарт	малогабаритное жилье		
		стандарт	среднегабаритное жилье		
		стандарт	крупногабаритное жилье		
		элит	любая		
		элит	любая		
не очень престижное	отсутствует (стройвариант)	любой	любая	III	
	плохое (хуже ожидаемого)	любой	любая		
	хорошее	эконом	любая		
		стандарт	любая	IV	
		элит	любая		
	очень хорошее (превосходит ожидания)	любой	любая		
	достаточно престижное	отсутствует (стройвариант)	любой		любая
		плохое (хуже ожидаемого)	эконом		любая
		стандарт	малогабаритное жилье		
		стандарт	среднегабаритное жилье	V	
		стандарт	крупногабаритное жилье		
		элит	любая		
	хорошее (соответствует ожиданиям)	любой	любая		
	очень хорошее (превосходит ожидания)	любой	любая		
	очень престижное	отсутствует (стройвариант)	эконом		любая
		стандарт	малогабаритное жилье		
		стандарт	среднегабаритное жилье		
		стандарт	крупногабаритное жилье	V	
		элит	любая		
	плохое (хуже ожидаемого)	любой	любая		
	хорошее (соответствует ожиданиям)	любой	любая		
	очень хорошее (превосходит ожидания)	любой	любая		

* Составлено авторами

$$\mu_{k_2}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0.335; \\ \frac{x - 0.335}{0.28}, & 0.335 \leq x \leq 0.615; \\ 1, & 0.615 < x < 0.685; \\ \frac{0.965 - x}{0.28}, & 0.685 \leq x \leq 0.965; \\ 0, & x > 0.965. \end{cases}$$

$$\mu_{k_3}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0.685; \\ \frac{x - 0.685}{0.28}, & 0.685 \leq x \leq 0.965; \\ 1, & 0.965 < x < 1.035; \\ \frac{1.315 - x}{0.28}, & 1.035 \leq x \leq 1.315; \\ 0, & x > 1.315. \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{k_4}(x) = \begin{cases} 0, & x < 1.035; \\ \frac{x - 1.035}{0.28}, & 1.035 \leq x \leq 1.315; \\ 1, & 1.315 < x < 1.385; \\ \frac{1.665 - x}{0.28}, & 1.385 \leq x \leq 1.665; \\ 0, & x > 1.665. \end{cases}$$

$$\mu_{k_5}(x) = \begin{cases} 0, & x < 1.385; \\ \frac{x - 1.385}{0.28}, & 1.385 \leq x \leq 1.665; \\ 1, & x > 1.665. \end{cases}$$

Визуализация предложенных функций представлена на рисунке 1.

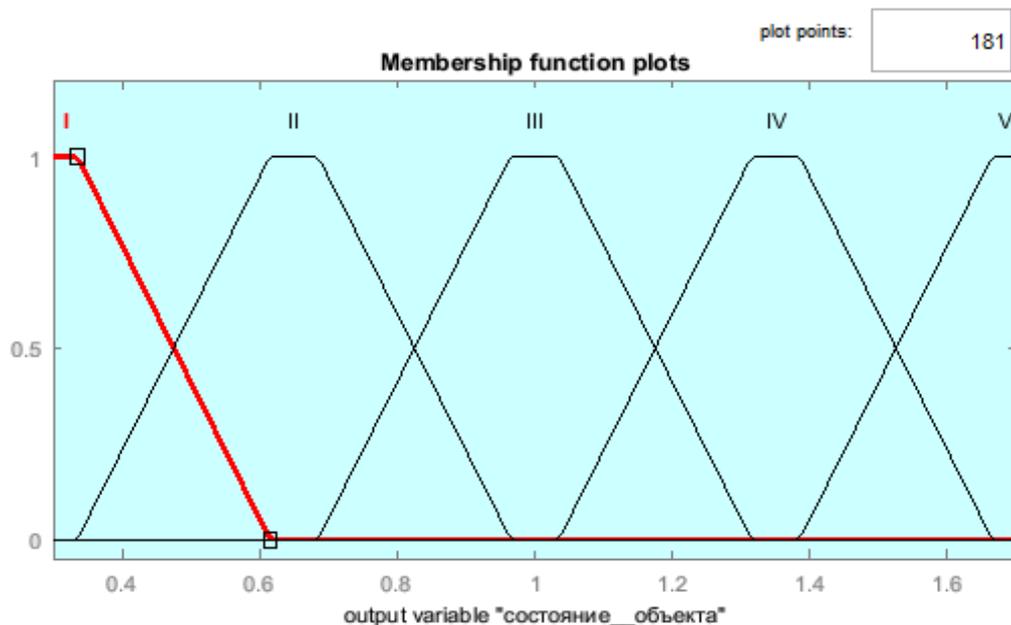


Рис. 1. Визуализация функций принадлежности выходной переменной «состояние объекта» (Составлено авторами)

Схема построенной системы нечеткого вывода для переменной λ_1 «состояние объекта недвижимости» приведена на рисунке 2. Для выполнения логической конъюнкции и вывода заключения использовался метод минимального значения, а для логической дизъюнкции — метод максимального значения (нечеткий логический оператор дизъюнкции). Дефаззификация выходных переменных в системе нечеткого вывода типа Мамдани выполнялась методом центра тяжести для дискретного множества значений функции принадлежности.

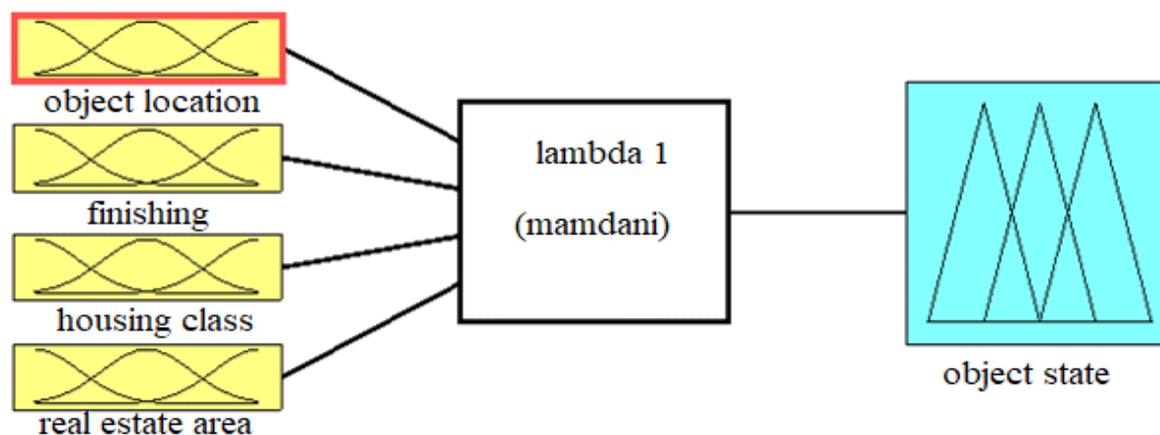


Рис. 2. Система нечеткого вывода для переменной «состояние объекта недвижимости», реализованная в пакете Matlab (Составлено авторами)

Пакет Fuzzy Logic Toolbox включает в себя программу просмотра поверхности системы нечеткого вывода, которая позволяет визуализировать графики зависимости выходных переменных от отдельных входных переменных.

На рисунке 3 приведены поверхности, показывающие изменение показателя «состояние объекта недвижимости» в зависимости от двух из четырех входных параметров (отделка и местоположение объекта, местоположение объекта и класс жилья, отделка и класс жилья, класс жилья и площадь недвижимости, площадь и местоположение недвижимости, площадь недвижимости и отделка).

Также пакет Fuzzy Logic Toolbox включает обозреватель правил (Rule Viewer), позволяющий просматривать подробное поведение системы нечеткого вывода, анализируя влияние изменения входных переменных.

На рисунках 4 – 6 представлены окна обозревателей правил при различных значениях входных переменных.

Для входных переменных «доходы населения», «уровень инфляции», «уровень процентной ставки», определяющих состояние рынка недвижимости (переменная λ_2), использовались также трапециевидные функции принадлежности. Для выходной переменной λ_2 принимался диапазон изменения в пределах от 0,8 до 1,2. Были предложены следующие функции принадлежности (формула 2):

$$\mu_{k_1}(x) = \begin{cases} 1, & x < 0.9; \\ \frac{0.925 - x}{0.025}, & 0.9 \leq x \leq 0.925; \\ 0, & x > 0.925. \end{cases}$$

$$\mu_{k_2}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0.9; \\ \frac{x - 0.9}{0.025}, & 0.9 \leq x \leq 0.925; \\ 1, & 0.925 < x < 0.95; \\ \frac{0.975 - x}{0.025}, & 0.95 \leq x \leq 0.975; \\ 0, & x > 0.975. \end{cases}$$

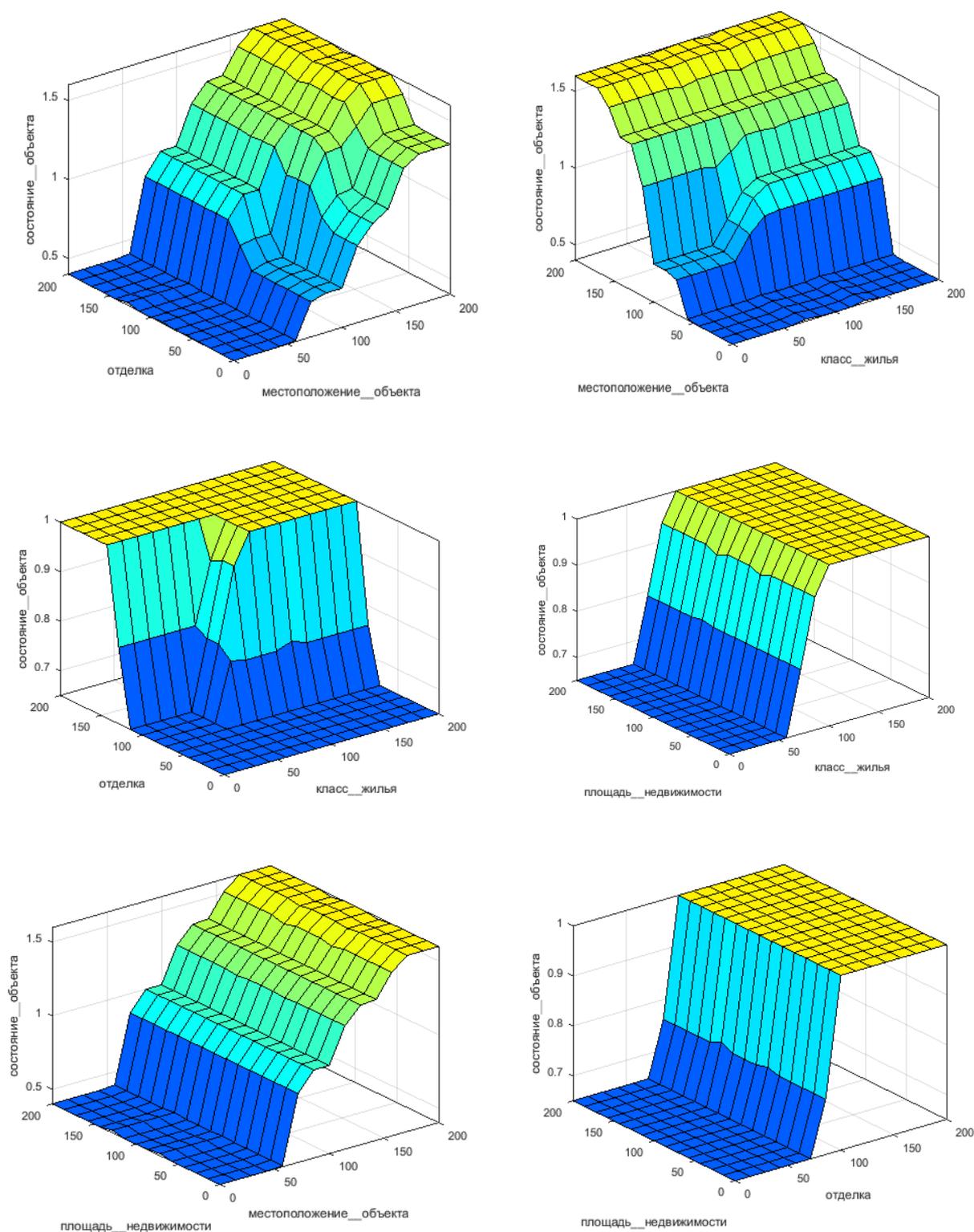


Рис. 3. Поверхности, показывающие изменение состояния объекта недвижимости в зависимости от входных параметров: 1 — зависимость стоимости объекта от его местоположения и отделки; 2 — зависимость состояния объекта от его местоположения и класса жилья; 3 — зависимость состояния объекта от класса жилья и отделки; 4 — зависимость состояния объекта от класса жилья и его площади; 5 — зависимость состояния объекта от местоположения и его площади; 6 — зависимость состояния объекта от его площади и отделки (Составлено авторами)

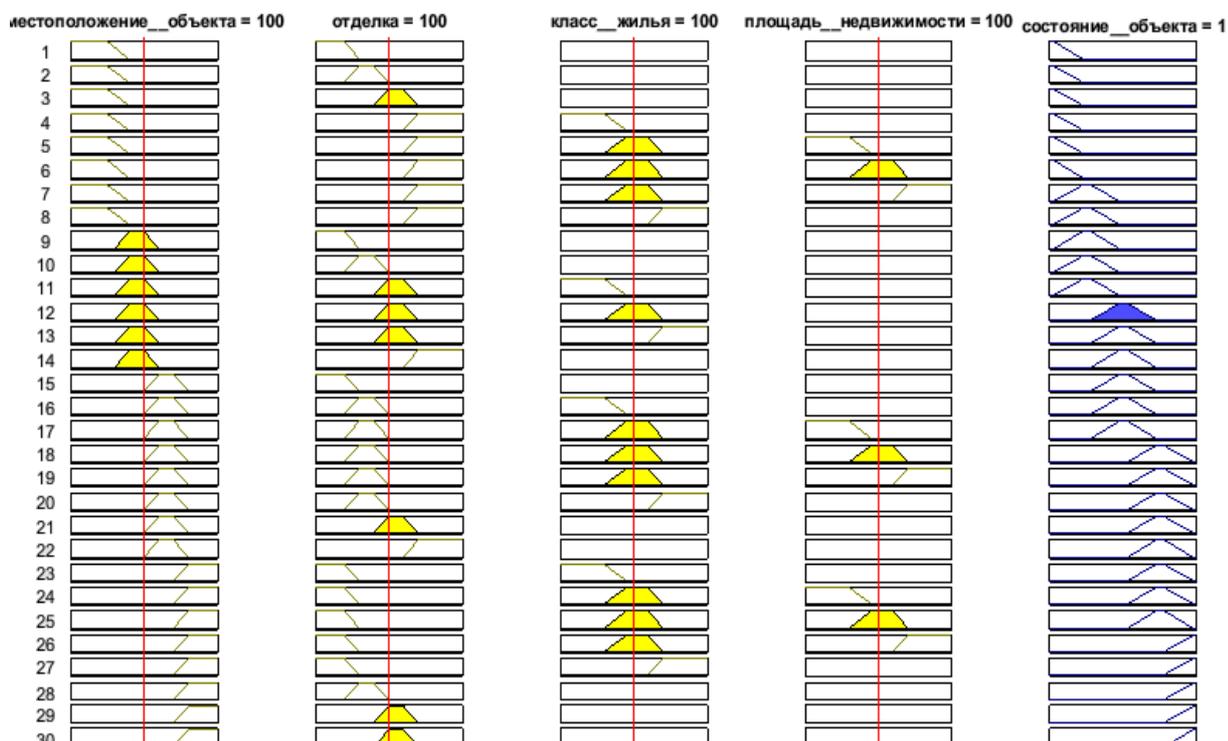


Рис. 4. Окно обозревателя правил (местоположения объекта = 100, отделка = 100, класс жилья = 100, площадь недвижимости = 100, состояние объекта = 1) (Составлено авторами)

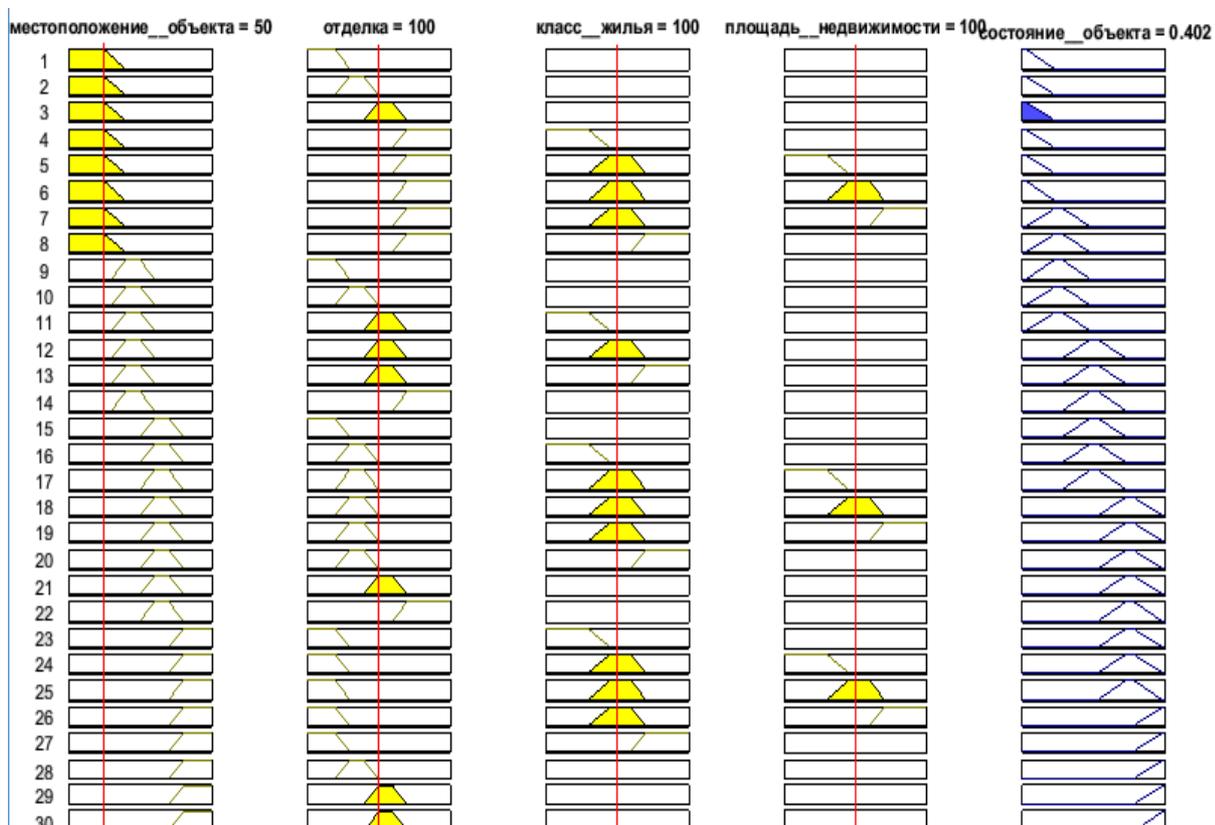


Рис. 5. Окно обозревателя правил (местоположения объекта = 50, отделка = 100, класс жилья = 100, площадь недвижимости = 100, состояние объекта = 0.402) (Составлено авторами)

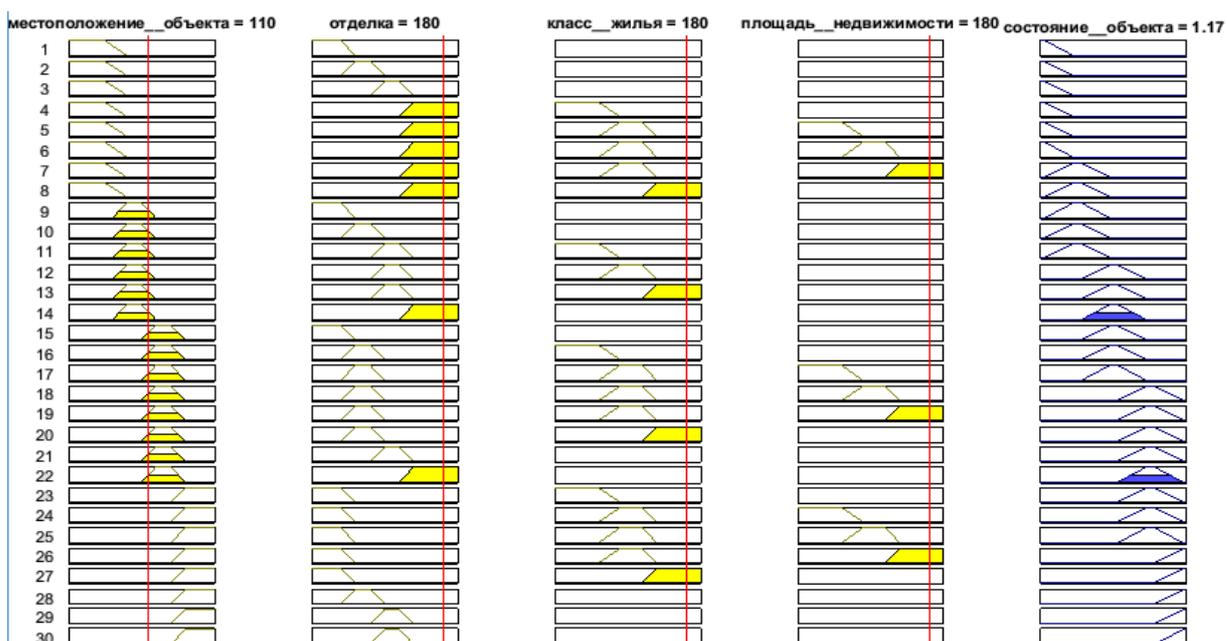


Рис. 6. Окно обозревателя правил (местоположения объекта = 110, отделки = 180, класс жилья = 180, площадь недвижимости = 180, состояние объекта = 1.17) (Составлено авторами)

$$\mu_{k_3}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0.95; \\ \frac{x - 0.95}{0.025}, & 0.95 \leq x \leq 0.975; \\ 1, & 0.975 < x < 1; \\ \frac{1.025 - x}{0.025}, & 1 \leq x \leq 1.025; \\ 0, & x > 1.025. \end{cases}$$

$$\mu_{k_4}(x) = \begin{cases} 0, & x < 1; \\ \frac{x - 1}{0.025}, & 1 \leq x \leq 1.025; \\ 1, & 1.025 < x < 1.05; \\ \frac{1.075 - x}{0.025}, & 1.05 \leq x \leq 1.075; \\ 0, & x > 1.075. \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{k_5}(x) = \begin{cases} 0, & x < 1.05; \\ \frac{x - 1.05}{0.015}, & 1.05 \leq x \leq 1.075; \\ 1, & 1.075 < x < 1.087; \\ \frac{1.1 - x}{0.013}, & 1.087 \leq x \leq 1.1; \\ 0, & x > 1.1. \end{cases}$$

$$\mu_{k_6}(x) = \begin{cases} 0, & x < 1.087; \\ \frac{x - 1.087}{0.013}, & 1.087 \leq x \leq 1.1; \\ 1, & x > 1.1. \end{cases}$$

Визуализация предложенных функций приведена на рисунке 7.

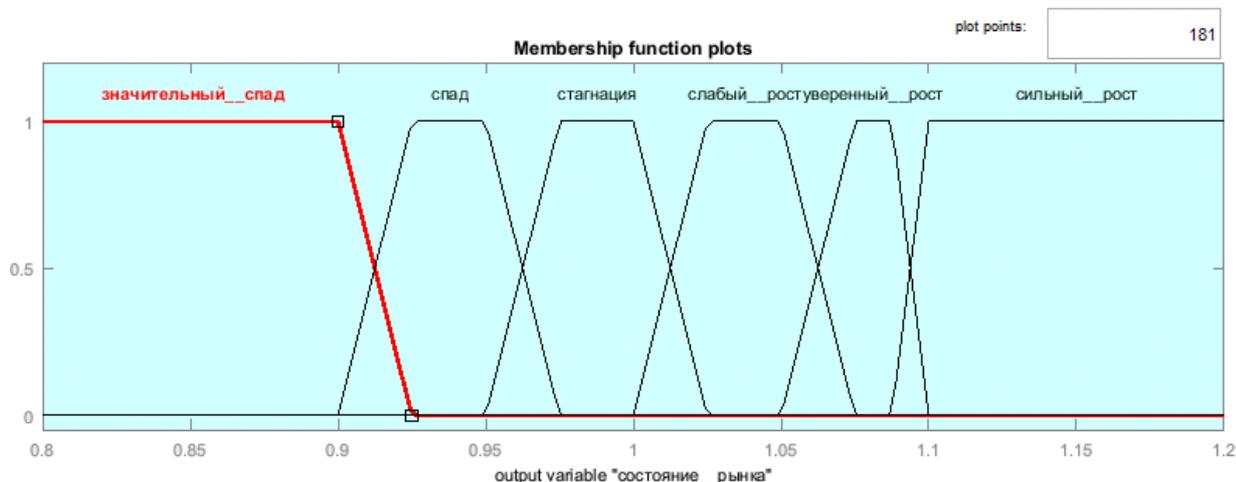


Рис. 7. Визуализация функций принадлежности показателя «состояние рынка» (Составлено авторами)

Нечеткие вычисления, как и для показателя «состояние объекта недвижимости» λ_2 , выполнялись с использованием метода Мамдани. Схема построенной системы нечеткого вывода для переменной приведена на рисунке 8.

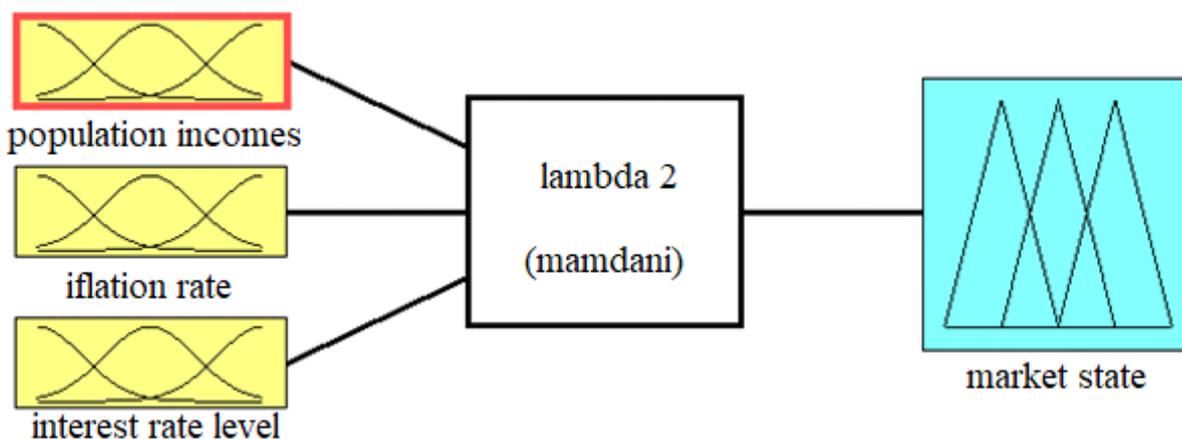


Рис. 8. Система нечеткого вывода для показателя «состояние рынка недвижимости», реализованная в пакете Matlab (Составлено авторами)

На рисунке 9 приведены поверхности, показывающие изменение показателя «состояние рынка недвижимости» в зависимости от двух из трех входных переменных (доходы населения и уровень инфляции, доходы населения и уровень процентной ставки, уровень инфляции и уровень процентной ставки).

На рисунках 10 – 12 представлены окна обозревателей правил при различных значениях входных переменных.

Итоговая стоимость 1 м² жилья (формула 3) определяется как произведение средневзвешенной стоимости на коэффициенты состояния объекта недвижимости λ_1 и состояния рынка недвижимости λ_2 .

$$C = C_{cp} \times \lambda_1 \times \lambda_2 \quad (3)$$

Данный коэффициент позволяет переходить к среднесрочному и краткосрочному планированию прогнозной цены на 1 м² жилой недвижимости.

Также пакет Fuzzy Logic Toolbox включает обозреватель правил (Rule Viewer), позволяющий просматривать подробное поведение системы нечеткого вывода, анализируя влияния изменений входных переменных с помощью окон обозревателей правил при различных значениях входных переменных, и возможно проследить изменения показателей состояния объекта недвижимости и состояния рынка недвижимости при изменении показателей, непосредственно влияющих на них.

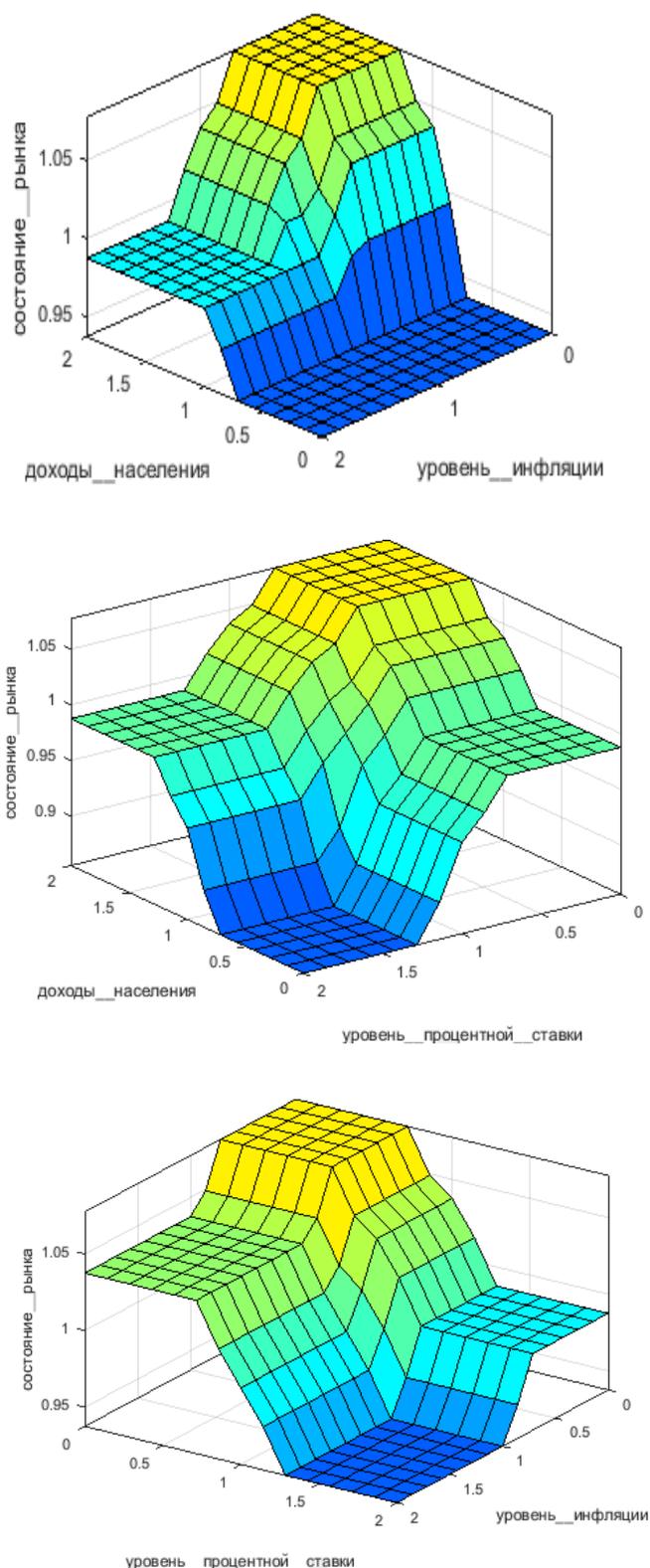


Рис. 9. Поверхности, показывающие изменение состояния рынка недвижимости в зависимости от входных переменных: 1 — зависимость состояния рынка от доходов населения и уровня инфляции; 2 — зависимость состояния рынка от доходов населения и уровня процентной ставки; 3 — зависимость состояния рынка от уровня инфляции и уровня процентной ставки (Составлено авторами)

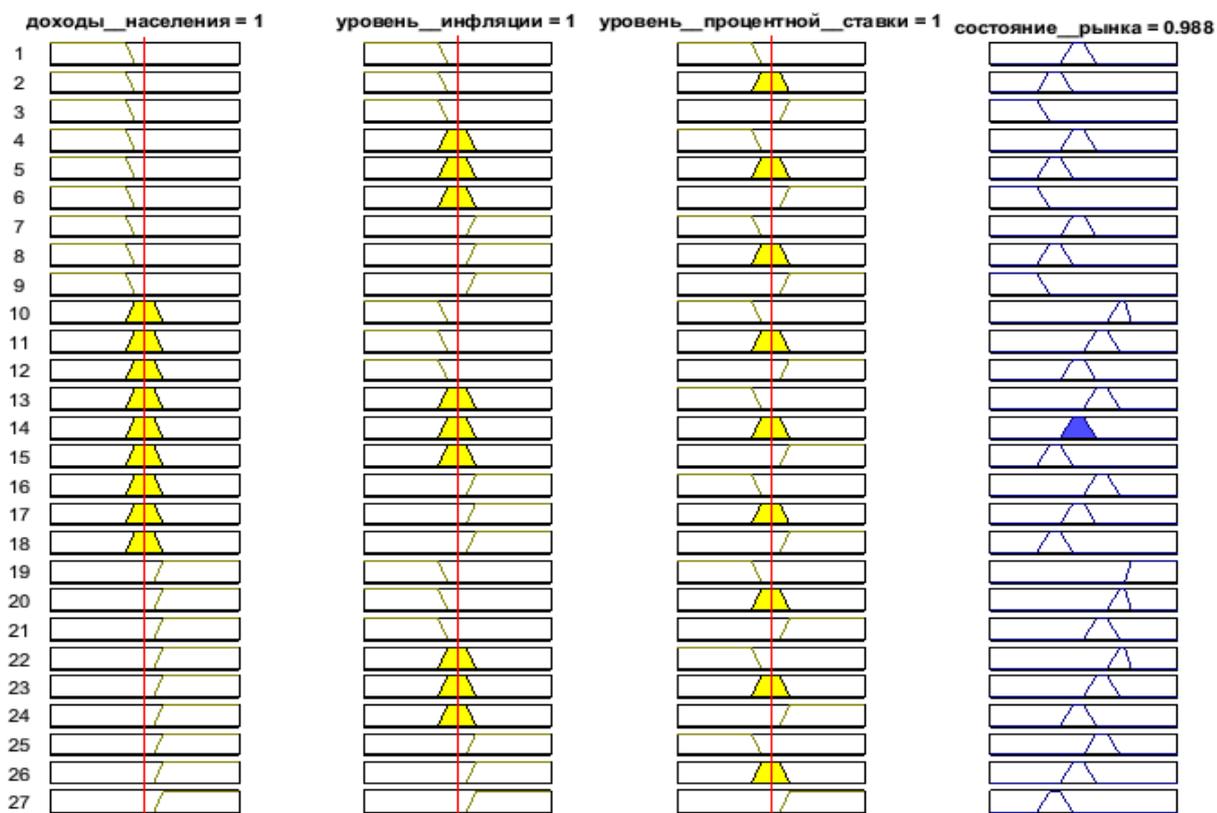


Рис. 10. Окно обозревателя правил (доходы населения = 1, уровень инфляции = 1, уровень процентной ставки = 1, состояние рынка = 0.988) (Составлено авторами)

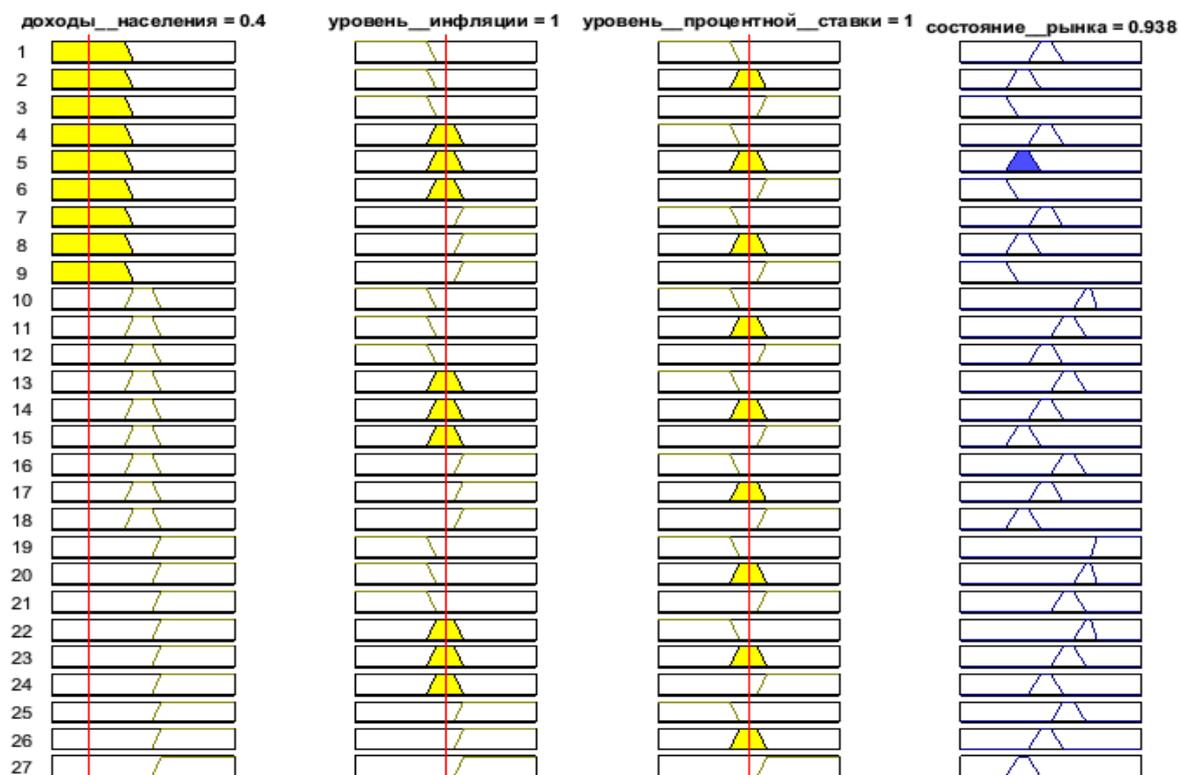


Рис. 11. Окно обозревателя правил (доходы населения = 0.4, уровень инфляции = 1, уровень процентной ставки = 1, состояние рынка = 0.938) (Составлено авторами)

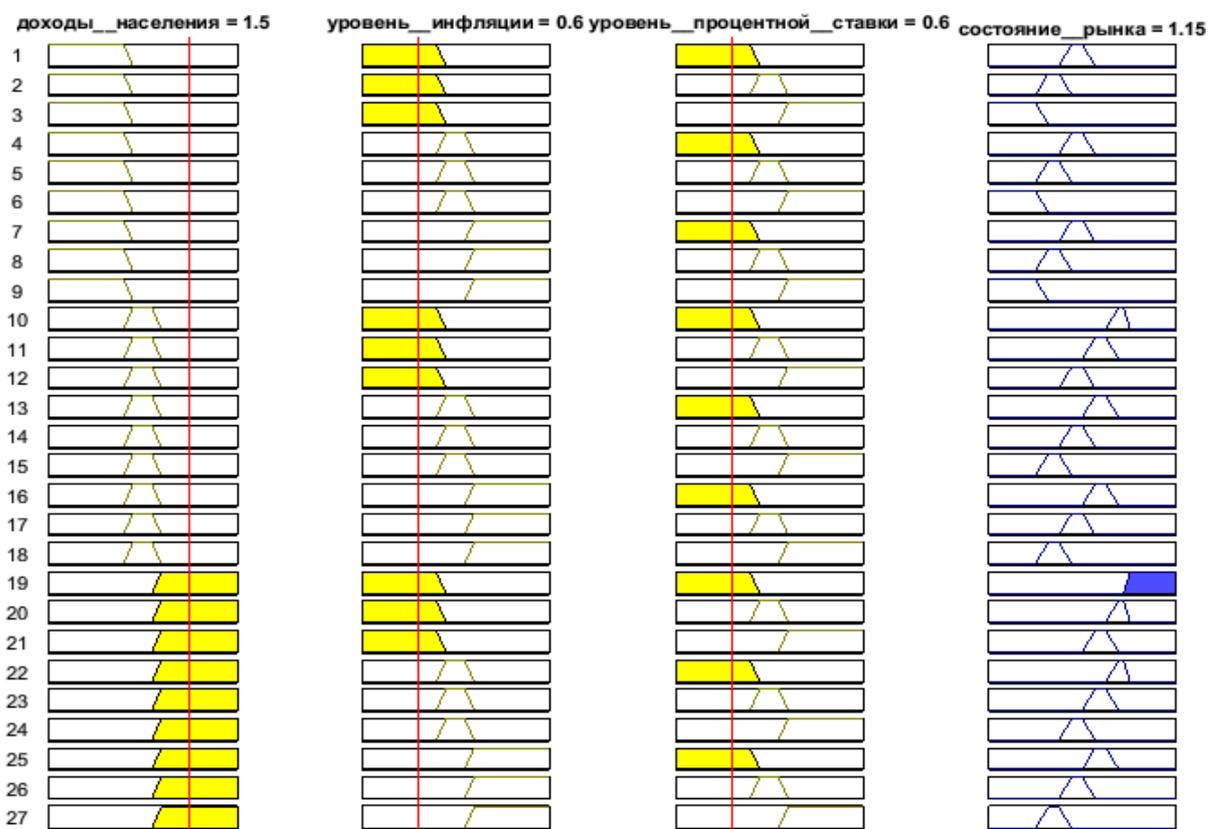


Рис. 12. Окно обозревателя правил (доходы населения = 1.5, уровень инфляции = 0.6, уровень процентной ставки = 0.6, состояние рынка = 1.15) (Составлено авторами)

ВЫВОДЫ

Использование нечеткой логики при оценке стоимости недвижимости имеет существенные преимущества по сравнению с классическим (Non-Fuzzy) подходом. Стоимость 1 м² жилья может испытывать сезонные колебания, варьироваться в зависимости от региона и страны, однако нечеткие правила, записанные в доступном для общего восприятия виде, остаются неизменными. Перекалибровка системы нечеткого вывода не требует значительных усилий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mamdani E.H. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller / E.H. Mamdani, S. Assilian // International Journal of Man-Machine Studies. — 1975. — No 7. — Pp. 32–33. — (Professional English).
2. Sugeno M. Industrial applications of fuzzy control / M. Sugeno // Elsevier Science Pub. Co. — 278 p. — (Professional English).
3. Yazdanbakhsh O. A systematic review of complex fuzzy sets and logic / O. Yazdanbakhsh, S. Dick // Fuzzy Sets and Systems. — 2018. — No 338. — Pp. 1–22. — (Professional English).
4. Cerami M. On the relationship between fuzzy description logics and many-valued modal logics / M. Cerami, F. Esteva, A. Garcna-Cerdaca // International Journal of Approximate Reasoning. — 2018. — No 93. — Pp. 372–394. — (Professional English).
5. Xiaowei G. Self-organising fuzzy logic classifier / G. Xiaowei, P. P. Angelov // Information Sciences. — 2018. — No 447. — Pp. 36–51. — (Professional English).
6. Voronina E.V. Formation of a science-based real estate services market management mechanism / V.E. Reutov, O.B. Yarosh, S.V. Khalezin [Electronic Resource] // Materials Science Forum. — 2018. — Vol. 931. — Pp. 1172–1177. — Access mode: doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1172 (date of the application: 23.01.2019).
7. Voronina E.V. Mathematical model of forecasting the residential real estate market prices level / O.B. Yarosh, N.V. Bereza, N.I. Zakieva [Electronic Resource] // Materials Science Forum. — 2018. — Vol. 931. — Pp. 1101–1106. — Access mode: doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1101 (date of the application: 23.01.2019).
8. Воронина Е.В. Основы формирования рынка услуг недвижимости / Е.В. Воронина, Н.В. Береза // Современный ученый. — 2017. — № 2. — С. 50–53.
9. Воронина Е.В. Инновационные технологии в сфере недвижимости / Е.В. Воронина, Н.В. Береза // Успехи современной науки и образования. — 2015. — № 5. — С. 45–47.

SPISOK LITERATURY

1. Mamdani E.H. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller / E.H. Mamdani, S. Assilian // *International Journal of Man-Machine Studies*. — 1975. — No 7. — Pp. 32–33. — (Professional English).
2. Sugeno M. Industrial applications of fuzzy control / M. Sugeno // Elsevier Science Pub. Co. — 278 p. — (Professional English).
3. Yazdanbakhsh O. A systematic review of complex fuzzy sets and logic / O. Yazdanbakhsh, S. Dick // *Fuzzy Sets and Systems*. — 2018. — No 338. — Pp. 1–22. — (Professional English).
4. Cerami M. On the relationship between fuzzy description logics and many-valued modal logics / M. Cerami, F. Esteva, A. Gargna-Cerdaca // *International Journal of Approximate Reasoning*. — 2018. — No 93. — Pp. 372–394. — (Professional English).
5. Xiaowei G. Self-organising fuzzy logic classifier / G. Xiaowei, P. P. Angelov // *Information Sciences*. — 2018. — No 447. — Pp. 36–51. — (Professional English).
6. Voronina E.V. Formation of a science-based real estate services market management mechanism / V.E. Reutov, O.B. Yarosh, S.V. Khalezin [Electronic Resource] // *Materials Science Forum*. — 2018. — Vol. 931. — Pp. 1172–1177. — Access mode: doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1172 (date of the application: 23.01.2019).
7. Voronina E.V. Mathematical model of forecasting the residential real estate market prices level / O.B. Yarosh, N.V. Bereza, N.I. Zakieva [Electronic Resource] // *Materials Science Forum*. — 2018. — Vol. 931. — Pp. 1101–1106. — Access mode: doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1101 (date of the application: 23.01.2019).
8. Voronina Ye.V. Osnovy formirovaniya rynka uslug nedvizhimosti / Ye.V. Voronina, N.V. Bereza // *Sovremennyy uchenyy*. — 2017. — № 2. — S. 50–53.
9. Voronina Ye.V. Innovatsionnyye tekhnologii v sfere nedvizhimosti / Ye.V. Voronina, N.V. Bereza // *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya*. — 2015. — № 5. — S. 45–47.

Статья поступила в редакцию 18 февраля 2019 года

Статья одобрена к печати 3 апреля 2019 года