

С.Т. Дусакаева¹, П.Л. Нирян¹, М.П. Носарев¹, И.А. Хохлов¹

¹ *Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация*

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ПАРКА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная проблема выбора наиболее оптимального местонахождения и наполняемости парка в городской среде. Актуальность указанной проблемы обусловлена рядом социальных, экономических и экологических факторов. Ввиду нечеткого характера входных и выходной переменных в качестве основного метода научного исследования использован алгоритм нечеткой логики Мамдани, реализованный в среде программирования Fuzzy Logic Toolbox. На основе модели, построенной с помощью аппарата нечеткой логики, разработана система поддержки принятия решений, позволяющая определять наиболее оптимальное месторасположение парка в городской среде. Примененный в данной статье подход к поиску наиболее оптимального местонахождения парка в городской среде, основанный на аппарате нечеткой логики, позволяет повысить качество жизни горожан и способствует реализации приоритетного проекта «Формирование комфортной городской среды», то есть носит социально-значимый характер.

Ключевые слова: парк, городская среда, нечеткая логика, алгоритм Мамдани, Fuzzy Logic Toolbox.

S.T. Dusakaeva¹, P.L. Niryan¹, M.P. Nosarev¹, I. A. Khokhlov¹

¹ *Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation*

DEVELOPMENT OF A RECOMMENDATION SYSTEM FOR FINDING THE OPTIMAL LOCATION OF THE PARK IN AN URBAN ENVIRONMENT

Abstract. The article considers the actual problem of choosing the most optimal location and occupancy of the park in an urban environment. The relevance of this problem is due to a number of social, economic and environmental factors. Due to the fuzzy nature of input and output variables, the Mamdani fuzzy logic algorithm implemented in the Fuzzy Logic Toolbox programming environment was used as the main method of scientific research. Based on the model constructed using the fuzzy logic apparatus, a decision support system has been developed that allows determining the most optimal location of the park in an urban environment. The approach applied in this article to the search for the most optimal location of the park in the urban environment, based on the fuzzy logic apparatus, allows to improve the quality of life of citizens and contributes to the implementation of the priority project "Formation of a comfortable urban environment", that is, it has a socially significant character.

Keywords: park, urban environment, fuzzy logic, Mamdani algorithm, Fuzzy Logic Toolbox.

Введение

Согласно постановлению [1] проект «Формирование комфортной городской среды» относится к числу приоритетных направлений для реализации на территории муниципального образования «город Оренбург». В источнике [2] отмечено, что городские парки играют огромную роль в различных аспектах жизни не только мегаполисов, но и небольших городов. В частности, сделан упор на социальную значимость парков, поскольку они являются основным местом проведения торжественных мероприятий, праздников, фестивалей и других культурно-массовых мероприятий. Помимо этого, парки объединяют людей по разным интересам, например, спортивным. Положительные моменты влияния городских парков на экологию, заключающиеся в улучшении качества воздуха и уменьшении уровня шума, описаны в источнике [3]. Основные вопросы, касающиеся развития и строительства парков в настоящее время в современном мире освещены в источниках [4-6], при этом особое внимание уделено совершенствованию парков, в том числе за счет создания и улучшения парковых зон. Учитывая социальную и экологическую значимость парков, следует отметить, что они являются также важным и неотъемлемым элементом инфраструктуры города. Неудачное расположение парка может нарушить транспортную логистику, способствовать росту преступности и иметь другие негативные

последствия. Поэтому проблема поиска оптимального местонахождения парка в городской среде является актуальной, от успешного решения которой зависят многие важные составляющие благополучной жизни горожан, что явно или косвенно может повлиять на инвестиционную привлекательность региона.

В период развития информационных технологий и цифровой трансформации общества данная проблема может быть решена современными инструментальными средствами. В проведенном исследовании ввиду нечеткого характера входных и выходной переменных в качестве основного метода обоснованно использован алгоритм нечеткой логики Мамдани, реализованный в среде программирования Fuzzy Logic Toolbox.

Цель – определение наиболее оптимального месторасположения парка в городской среде за счет разработки с помощью инструментов нечеткой логики рекомендательной системы.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи:

- определить характеристики, влияющие на оптимальное местонахождение парка в городской среде;
- построить базу нечетких правил, устанавливающую связь между входными переменными и выходной переменной;
- изучить полученные в результате построения модели зависимости между лингвистическими переменными;
- апробировать разработанную рекомендательную систему поиска оптимального месторасположения парка в городской среде.

Теоретические сведения

Алгоритм Мамдани [8-9], примененный в данном исследовании, включает в себя следующие этапы.

1. Формирование базы правил – составление некоторого множества качественных правил, с помощью которых будет строиться дальнейший анализ. Правило состоит из условий, заключения, а также лингвистических переменных – входных, если они находятся в условиях и выходных, если в заключении.

2. Фаззификация – на этом этапе на вход поступает база правил и входные данные, происходит процесс приведения к нечеткости, то есть нахождение значений истинности для всех подусловий из базы правил.

3. Агрегирование подусловий – обобщение всех подусловий правила и определение степени истинности условий для каждого правила системы нечеткого вывода.

4. Активизация подзаключений – на данном этапе осуществляется переход от условий к подзаключениям.

5. Аккумуляция подзаключений – цель текущего этапа: получение нечеткого множества с функцией принадлежности для каждой выходной переменной.

6. Дефаззификация – получение числовых значений для каждой выходной лингвистической переменной.

Построение рекомендательной системы

В качестве входных переменных для разработки рекомендательной системы выберем следующие: удаленность от центра города, площадь парка, наполняемость парка и уровень зонирования парка.

Удаленность от центра города:

- край – 0.0, ..., 0.4;
- окраина – 0.25, ..., 0.75;
- центр – 0.6, ..., 0.1.

Площадь парка градируется следующим образом:

- малые – до 30 га;
- средние – 30, ..., 100 га;

- крупные – 100, ..., 300 га;
- крупнейшие – более 300 га.

В разрабатываемой рекомендательной системе будут учитываться первые 3 варианта, так как крупнейшие парки крайне редко встречаются в городской среде.

Согласно источнику [6] под малыми архитектурными формами (МАФ), как правило, понимаются вспомогательные архитектурные сооружения, обладающие собственными простыми функциями и дополняющие общую композицию архитектурного ансамбля застройки. К МАФ относят скульптуры, ограды, скульптуры, фонтаны, лестницы, и т.п. Опишем наполняемость парка с помощью функции Гаусса по приблизительному количеству:

- малая – 0,2;
- средняя – 0,5;
- высокая – 0,8.

В источнике [7] зонирование (функциональное) территории трактуется как выделение в парке зон, отличающихся по функциям: зона массово-зрелищных мероприятий, зона культурно-просветительной работы, зона физкультуры и отдыха и т.д.

В проведенном исследовании градация уровня зонирования описывается качественными значениями:

- низкое;
- высокое.

В качестве выходной переменной выбрано месторасположение парка в городской среде.

Выбранные характеристики, влияющие на оптимальное месторасположение и наполняемость парка, характеризуются высокой степенью нечеткости. В связи с этим для решения рассматриваемой проблемы обоснованно привлечение инструментальных средств аппарата нечеткой логики.

Для разработки рекомендательной системы используем алгоритм нечеткой логики Мамдани. На рисунке 1 представлен процесс создания 4 ранее описанных входных переменных и одной выходной переменной, реализуемый в среде программирования *Fuzzy Logic Toolbox*.

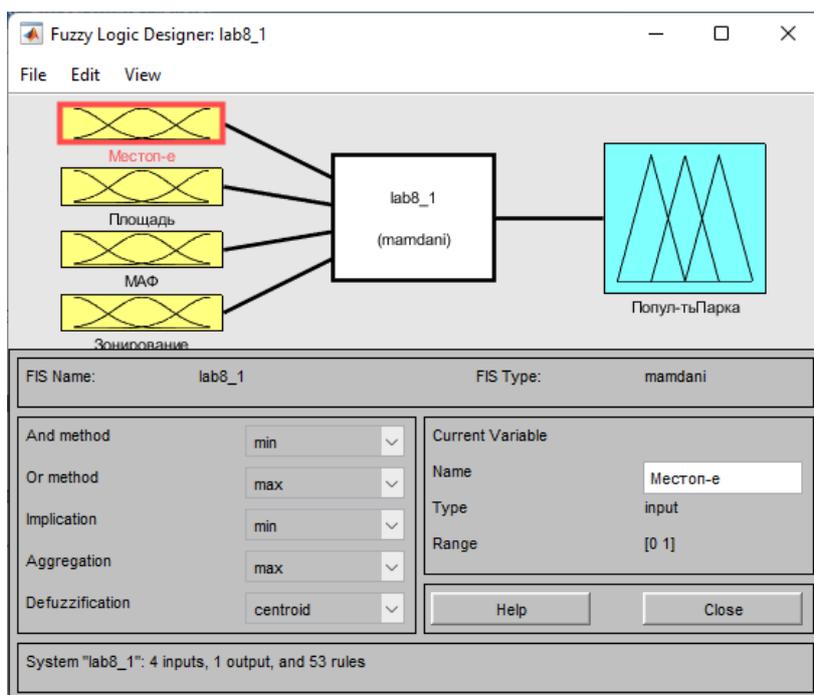


Рис. 1. Создание входных переменных в Fuzzy Logic Toolbox

Для построения нечеткой модели создадим следующие термы функций принадлежности лингвистических переменных: «Местоположение», «Площадь», «МАФ» и

«Зонирование». Для описания термов первых двух входных переменных используем треугольной тип функции принадлежности («trimf»), а в других – гауссовский («gaussmf»). Настройка термов входных лингвистических переменных представлены на рисунке 2.

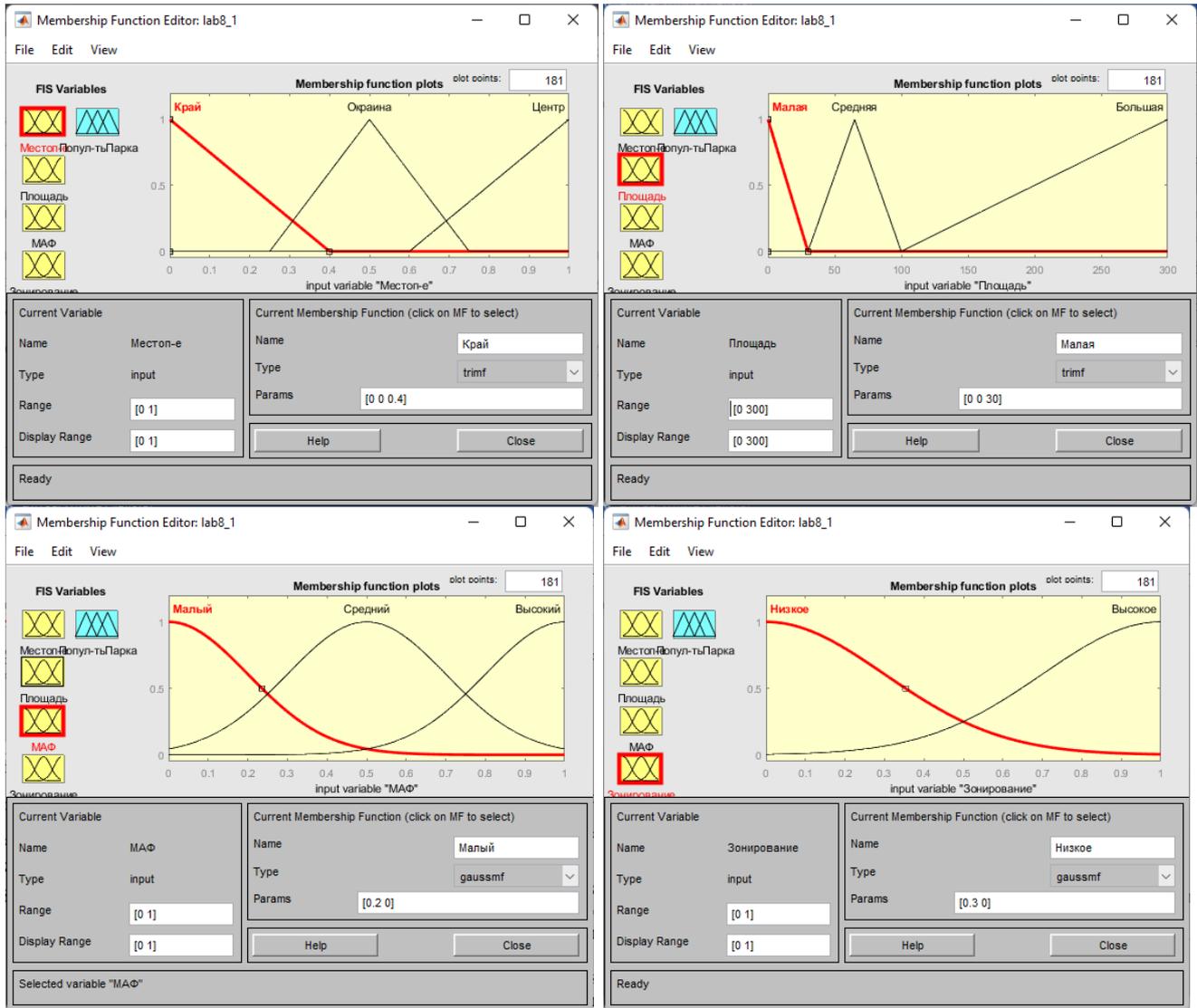


Рис. 2. Настройка термов функции принадлежности.

Для создания модели разработана база нечетких правил, состоящая из 120 предложений, связывающих входные и выходную переменные. При построении базы нечетких правил для получения лучшего качества будущей модели исходили из принципа учета всех возможных характеристик. В таблице 1 представлены примеры использованных в модели нечетких правил.

Таблица 1.

Нечеткие правила вывода

№	Местоположение	Площадь	МАФ	Зонирование	Оптимальное местонахождение
1	Центр	Большая	Высокий	Низкое	Высокое
2	Центр	Большая	Средний	Высокое	Высокое
3	Центр	Большая	Высокий	Низкий	Среднее
...
119	Край	Малая	Низкий	Высокий	Малое
120	Край	Малая	Низкий	Низкое	Малое

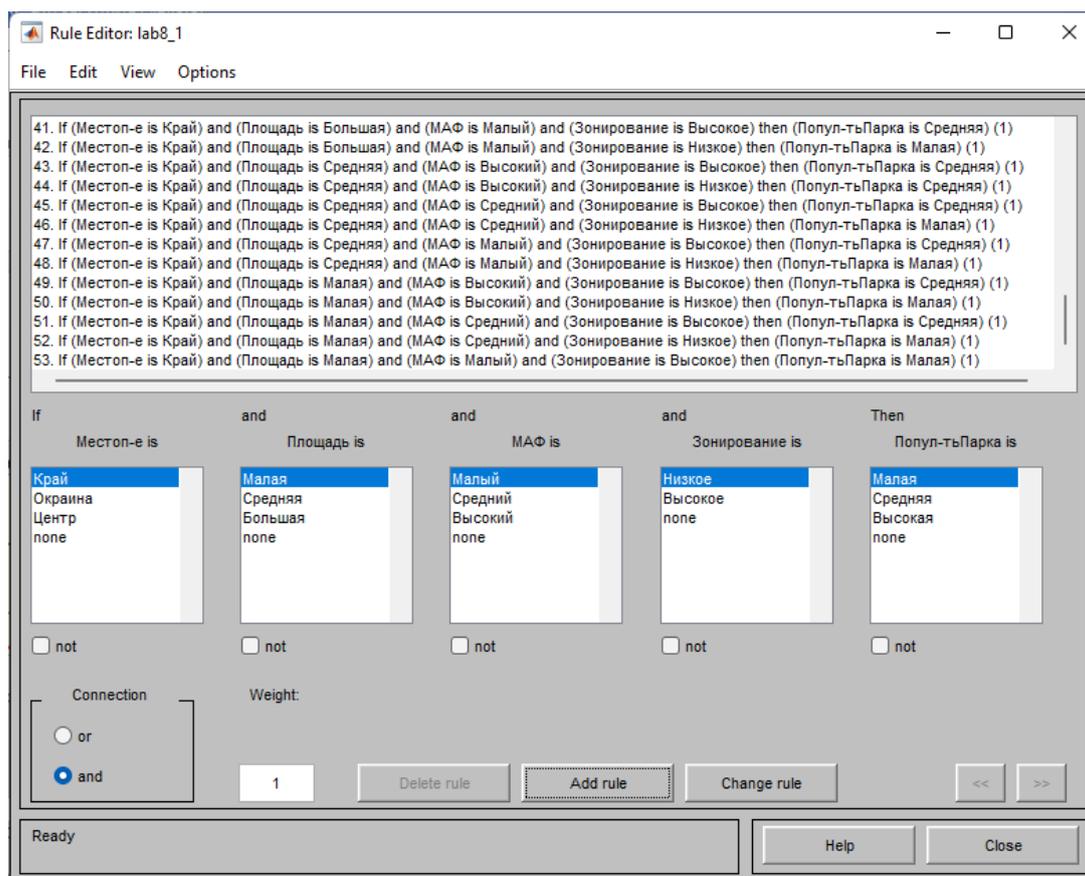


Рис. 3. Создание нечетких правил в Fuzzy Logic Toolbox

В проведенном исследовании, ориентированном на разработку рекомендательной системы для поиска оптимального месторасположения парка в городской среде, используется алгоритм Мамдани, реализуемый формулой:

$$\mu'(y) = \min \{c_i, \mu(y)\} \quad (1)$$

где $\mu'(y)$ – «активизированная» функция принадлежности; $\mu(y)$ – функция принадлежности терма; c_i – степень истинности i -го подзаключения. В источниках [9, 10] формулу (1) принято называть min-активацией, поскольку она позволяет вычислять степень истинности для каждого подзаключения:

$$c_i = d_i \cdot F_i, \quad (2)$$

где $i = 1 \dots q$ – номер подзаключения.

Далее каждое i -ое подзаключение сопоставляется соответствующему множеству D_i с новой функцией принадлежности. Она вычисляется как минимум из c_i и значения функции принадлежности терма из подзаключения.

Апробация разработанной рекомендательной системы

Графики зависимости выходной лингвистической переменной от входных переменных приведены на рисунках 4-5.

На графике 4 показана зависимость месторасположения парка в городской среде от местоположения и площади. Из рисунка 4 следует, что высокие значения указанных входных переменных обеспечивают более высокий его вес среди других парков. В частности, если по площади парк будет чуть выше среднего, то этот факт обеспечивает достаточно высокий спрос у горожан. И наоборот, сочетание малой площади парка и высокой степенью удаленности от центра снижают его привлекательность.

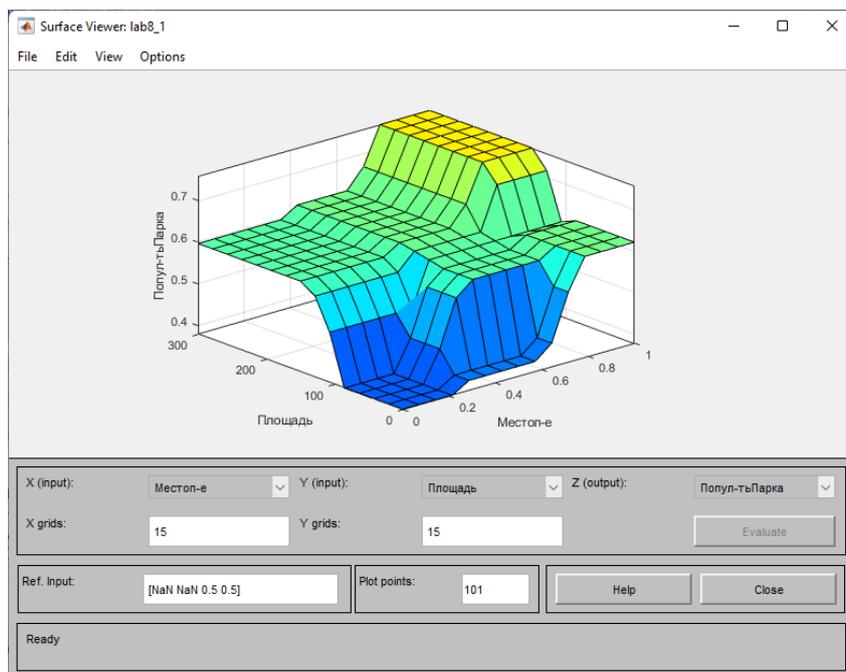


Рис. 4. Гиперплоскость площадь-месторасположение

На рисунке 5 представлена зависимость оптимального месторасположения и наполняемости парка от зонирования и местоположения. Увеличение значений указанных характеристик влечет увеличение значения выходной переменной, то есть высокий уровень зонирования парка и его небольшая удаленность от центра города обеспечивает высокую привлекательность парка для горожан. При этом уменьшение уровня зонирования при постоянном местоположении не значительно влияют на значение выходного параметра.

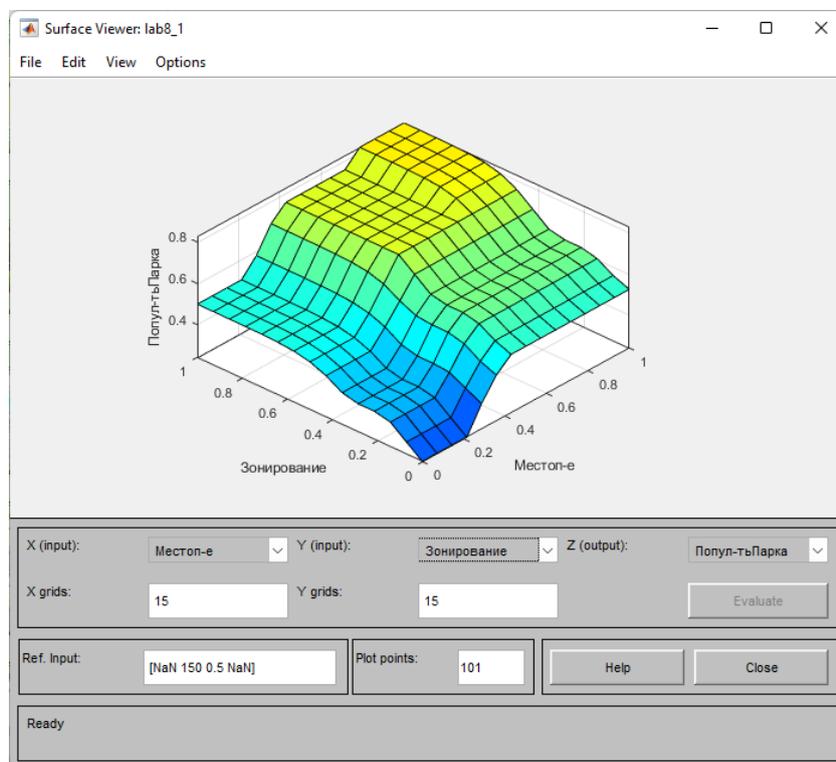


Рис. 5. Гиперплоскость зонирование-месторасположение

Заключение

Разработанная рекомендательная система поиска оптимального местонахождения парка в городской среде, построенная на аппарате нечеткой логики, позволяет определить

наиболее важные характеристики – зонирование и месторасположение. Рекомендательная система может быть использована для прогнозирования возможного местонахождения и наполняемости парка при увеличении численности населения, расширении города, изменении ее архитектуры и других факторов. Помимо этого, рассмотренная в проведенном исследовании проблема носит социально-значимый характер. В связи с этим внедрение разработанной рекомендательной системы способствует повышению качества жизни населения, что согласуется с муниципальной программой «Формирования современной городской среды на территории муниципального образования "город Оренбург" на 2018-2024 годы».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление администрации города Оренбурга от 30.03.2018 № 1010-п «Формирование комфортной городской среды на территории муниципального образования «город Оренбург» на 2018-2022 годы» в рамках реализации приоритетного проекта «Формирование комфортной городской среды» [Электронный источник] / <https://orenburg.gov.ru/doc/81160> (дата обращения 14.09.2022).
2. Буланова М. Б., Угрехелидзе Е. А. Парк в культурной среде города // Вестник РГГУ. Серия «Философия. Социология. Искусствоведение». 2015. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/park-v-kulturnoy-srede-goroda> (дата обращения: 14.09.2022).
3. Нагибина, И. Ю. Значение парковых зон для жителей городской среды / И. Ю. Нагибина, Е. Ю. Журова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2014. — № 20 (79). — С. 84-85. — URL: <https://moluch.ru/archive/79/14035/> (дата обращения: 14.09.2022).
4. Жонузаков А. Э, Миразимова Г. У. ГОРОДСКИЕ ПАРКИ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АСПЕКТА // Academy. 2020. №11 (62). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskie-parki-i-nekotorye-voprosy-landshaftno-ekologicheskogo-aspekta> (дата обращения: 14.09.2022).
5. Парк культуры и отдыха как комплексный социально-культурный институт [сайт]. URL: https://studbooks.net/703817/sotsiologiya/tipologiya_parkov
6. Что относится к малым архитектурным формам благоустройства [сайт]. URL: <https://atrida.ru/blog/malye-arhitekturnye-formy-dlya-blagoustrojstva-territorii>
7. Костина Д. С. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА // StudNet. 2022. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tseli-i-zadachi-funktsionalnogo-zonirovaniya-territorii-goroda> (дата обращения: 16.11.2022).
8. Болодурина, И.П. Введение в теорию нечетких множеств и систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика / И.П. Болодурина, С.Т. Дусакаева; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". — Оренбург: ОГУ. — 2021. — ISBN 978-5-7410-2532-1. — 172 с — Загл. с тит. экрана.
9. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Штовба. – М: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
10. Болодурина, И. П. Методы нечеткой логики при исследовании востребованности учебной литературы / И. П. Болодурина, П. А. Болдырев, С. Т. Дусакаева // Научное обозрение, 2015. – № 14. – С. 224–231.

REFERENCES

1. Postanovlenie administracii goroda Orenburga ot 30.03.2018 № 1010-p «Formirovanie komfortnoj gorodskoj sredy na territorii municipal'nogo obrazovaniya «gorod Orenburg» na 2018-2022 gody» v ramkah realizacii prioritetnogo proekta «Formirovanie komfortnoj gorodskoj sredy» [Resolution of the Orenburg city administration dated 30.03.2018 № 1010-p "Creating a comfortable urban environment in the territory of the municipal formation "Orenburg city" for

2018-2022" as part of the implementation of the priority project "Creating a comfortable urban environment] [electronic source] / <https://orenb-gov.ru/doc/81160> (date of reference: 14.09.2022).

2. Bulanova M. B., Ugrekhelidze E. A. Park v kul'turnoj srede goroda [Park in the cultural environment of the city]. Vestnik RGGU. Seriya «Filosofiya. Sociologiya. Iskusstvovedenie» [Vestnik (Herald) of the Russian State University for the Humanities. Philosophy. Sociology. Art History]. 2015. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/park-v-kulturnoy-srede-goroda> (date of reference: 14.09.2022).

3. Nagibina, I. Yu. Znachenie parkovyh zon dlya zhitelej gorodskoj sredi [The importance of park areas for residents of the urban environment]. Molodoj uchenyj [Young Scientist]. - 2014. - № 20 (79). - С. 84-85. - URL: <https://moluch.ru/archive/79/14035/> (date of reference: 14.09.2022).

4. Zhonuzakov A. E, Mirazimova G. U. GORODSKIE PARKI I NEKOTORYE VOPROSY LANDSHAFTNO-EKOLOGICHESKOGO ASPEKTA [URBAN PARKS AND SOME LANDSCAPE-ECOLOGICAL ISSUES]. Academy. 2020. №11 (62). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskie-parki-i-nekotorye-voprosy-landshaftno-ekologicheskogo-aspekta> (accessed 14.09.2022).

5. Park kul'tury i otdyha kak kompleksnyj social'no-kul'turnyj institute [Park of Culture and Recreation as a complex socio-cultural institution] [website]. URL: https://studbooks.net/703817/sotsiologiya/tipologiya_parkov (date of reference: 14.09.2022).

6. Chto otnositsya k malym arhitekturnym formam blagoustrojstva [What refers to small architectural forms of landscaping] [website]. URL: <https://atrida.ru/blog/malye-arhitekturnye-formy-dlya-blagoustrojstva-territorii> (date of reference: 14.09.2022).

7. Kostina D. S. CELI I ZADACHI FUNKCIONAL'NOGO ZONIROVANIYA TERRITORII GORODA [GOALS AND OBJECTIVES OF THE FUNCTIONAL ZONING OF THE CITY TERRITORY] // StudNet. 2022. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tseli-i-zadachi-funktsionalnogo-zonirovaniya-territorii-goroda> (date of reference: 14.09.2022).

8. Bolodurina I. P. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i sistem [Elektronnyi resurs] : uchebnoe posobie dlia obuchaiushchikhsia po obrazovatel'noi programme vysshego obrazovaniia po napravleniiu podgotovki 01.03.02 Prikladnaia matematika i informatika [Introduction to the theory of fuzzy sets and systems [Electronic resource]: a textbook for students in the educational program of higher education in the direction of training 01.03.02 Applied mathematics and informatics] / I. P. Bolodurina, S. T. Dusakaeva; M-vo nauki i vyssh. obrazovaniia Ros. Federatsii, Feder. gos. biudzh. obrazov. uchrezhdenie vyssh. obrazovaniia "Orenburg. gos. un-t" [Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation, Feder. state budget. educate. institution of higher education "Orenburg. state. un-t"]. – Orenburg: OSU. – 2021. – ISBN 978-5-7410-2532-1. – 172 p. – Head. with tit. screen.

9. Shtovba S.D. *Proektirovanie nechetkikh sistem sredstvami MATLAB* [Design of fuzzy systems using MATLAB] / S. Shtovba. – M: Hotline-Telecom, 2007. – 288 p.

10. Bolodurina, I. P. *Metody nechetkoj logiki pri issledovanii vostrebovannosti uchebnoj literatury* [Methods of fuzzy logic in the study of the demand for educational literature] / I. P. Bolodurina, P. A. Boldyrev, S. T. Dusakaeva // Scientific Review, 2015. – No. 14. – P. 224–231.

Информация об авторах

Слушаш Тугайбаевна Дусакаева – к. т. н., доцент кафедры прикладной математики, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, e-mail: slushashdusakaeva@rambler.ru.

Павел Леонидович Нирян – кафедра прикладной математики, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, e-mail: niran908@gmail.com.

Иван Артурович Хохлов – кафедра прикладной математики, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, e-mail: iv.hohlov-01@yandex.ru.

Максим Павлович Носарев – кафедра прикладной математики, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, e-mail: nosarev11082001@gmail.com.

Authors

Slushash Tugajbaevna Dusakaeva – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics, Orenburg State University, Orenburg, e-mail: slushashdusakaeva@rambler.ru.

Pavel Leonidovich Nirian – Department of Applied Mathematics, Orenburg State University, Orenburg, e-mail: niran908@gmail.com.

Ivan Arturovich Khokhlov – Department of Applied Mathematics, Orenburg State University, Orenburg, e-mail: iv.hohlov-01@yandex.ru.

Maxim Pavlovich Nosarev – Department of Applied Mathematics, Orenburg State University, Orenburg, e-mail: nosarev11082001@gmail.com.

Для цитирования

Дусакаева С.Т., Нирян П.Л., Хохлов И.А., Носарев М.П. Разработка рекомендательной системы для поиска оптимального месторасположения парка в городской среде // «Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами»: электрон. науч. журн. – 2023. – №1(17). – С.49-57– DOI: 10.26731/2658-3704.2023.1(17).49-57 – Режим доступа: <http://ismm-irgups.ru/toma/117-2023>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 31.03.2023)

For citations

Dusakaeva S.T., Nirian P.L., Khokhlov I.A., Nosarev M.P. Development of a recommendation system for finding the optimal location of the park in an urban environment // *Informacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami: elektronnyj nauchnyj zhurnal* [Information technology and mathematical modeling in the management of complex systems: electronic scientific journal], 2023. No. 1(17). P. 49-57. DOI: 10.26731/2658-3704.2023.1(17).49-57 [Accessed 31/03/23]