

Применение алгоритма нечеткой логики Мамдани для отбора игроков в футбольный клуб на предсезонных сборах

С.Т. Дусакаева✉, И.А. Хохлов, П.Л. Нирян, М.П. Носарев

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

✉slushashdusakaeva@rambler.ru

Резюме

В статье рассматриваются вопросы отбора игроков в футбольную команду в контексте решения актуальной проблемы подбора профессионального персонала в организации и на предприятия. Актуальность указанной проблемы обусловлена нестабильной политической обстановкой в мире, экономическими реформами и социальной адаптацией дипломированных специалистов. Применяемый в настоящее время работодателями подход к отбору персонала, основанный преимущественно на оценке портфолио претендентов, не позволяет в полной мере решить рассматриваемую проблему. В эпоху цифровых технологий данная проблема может быть решена различными методами, благодаря которым строятся модели, способные давать более точные результаты. В качестве возможного инструментального средства для решения актуальной проблемы отбора игроков в футбольную команду, исходя из их характеристик, могут быть использованы методы и алгоритмы аппарата нечеткой логики ввиду высокой степени нечеткости рассматриваемых характеристик. Основным методом исследования выбран алгоритм нечеткой логики Мамдани, проведена апробация построенной нечеткой модели и интерпретированы полученные результаты. Примененный в проведенном исследовании подход к процессу отбора игроков в футбольную команду, основанный на нечетком алгоритме Мамдани, позволяет существенно увеличить процент наиболее подходящих клубу, дав быстрый оптимальный ответ. Указанное обстоятельство дает возможность снизить общую нагрузку на главного тренера, высвобождая дополнительное время на разработку стратегии игры и на организацию тренировочного процесса.

Ключевые слова

футбольная команда, методы нечеткой логики, алгоритм Мамдани, Matlab Fuzzy Logic Toolbox, терм-множества, нечеткие правила вывода

Для цитирования

Применение алгоритма нечеткой логики Мамдани для отбора игроков в футбольный клуб на предсезонных сборах / С.Т. Дусакаева, И.А. Хохлов, П.Л. Нирян, М.П. Носарев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 4 (76). С. 228–237. DOI 10.26731/1813-9108.2022.4(76).228-237.

Информация о статье

поступила в редакцию: 5.12.2022 г.; поступила после рецензирования: 20.12.2022 г.; принята к публикации: 21.12.2022 г.

Application of the Mamdani Fuzzy Logic Algorithm for the Selection of Players for a Football Club at the Preseason Training Camp

S.T. Dusakaeva✉, I.A. Khokhlov, P.L. Nirian, M.P. Nosarev

¹Orenburg State University, Orenburg, the Russian Federation

✉slushashdusakaeva@rambler.ru

Abstract

The article deals with the selection of players for a football team in the context of solving the actual problem of selecting professional personnel in organizations and enterprises. The relevance of the mentioned problem is due to the unstable political situation in the world, economic reforms and social adaptation of graduates. The currently used well-known methods for improving the quality of selection, using, for example, an assessment of an employee's portfolio, do not fully solve the problem under consideration. In the digital age, this problem can be solved by various methods, thanks to which models are built that can give more accurate results. It is substantiated that as a possible tool for solving the actual problem of selecting players for a football team based on their characteristics, methods and algorithms of the fuzzy logic apparatus can be used in view of the high degree of fuzziness of the characteristics under consideration. Mamdani's fuzzy logic algorithm was chosen as the main research method, the constructed fuzzy model was tested and the results obtained were interpreted. The approach used in the study to the process of selecting players for a football team, based on the Mamdani fuzzy algorithm, will significantly increase the percentage of players most suitable for the club, giving a quick optimal answer. This circumstance will reduce the load on the head coach, freeing up additional time to develop a game strategy and organize the training process.

Keywords

fuzzy logic methods, Mamdani's algorithm, football team, Matlab Fuzzy Logic Toolbox, term sets, fuzzy system operation rules

For citation

Dusakaeva S.T., Khokhlov I.A., Nirian P.L., Nosarev M.P. Primenenie algoritma nechetkoi logiki Mamdani dlya otbora igrokov v futbol'nyi klub na predsezonnnykh sborakh [Application of the Mamdani Fuzzy Logic Algorithm for the Selection of Players for a Football Club at the Preseason Training Camp]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemy analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2022, no. 4 (76), pp. 228–237. DOI: 10.26731/1813-9108.2022.4(76).228-237.

Article Info

Received: December 5, 2022; Revised: December 20, 2022; Accepted: December 21, 2022.

Введение

Согласно приведенным статистическим данным [1], в ряде отраслей реального сектора экономики наблюдаются высокие показатели уволенных, а также отмечается рост количества выбывших сотрудников по сравнению с предыдущим аналогичным периодом времени. Чаще всего такие явления связаны с некачественным подбором персонала. В [2] предложены различные методы отбора сотрудников с разными показателями валидности, которые повышают эффективность данного процесса. В частности, это касается и футбола, где тренер пытается собрать оптимальный и конкурентоспособный коллектив. Успешность построения карьеры в различных спортивных дисциплинах зависит от многих характеристик спортсмена, а также их удачного сочетания или компенсации одних за счет присутствия других. Очевидно, что сбор данных о характеристиках футболистов и их последующий анализ – дело трудоемкое и затратное. Помимо этого, немаловажное влияние на процесс оценки характеристик футболиста оказывает и человеческий фактор, что увеличивает процент ошибок при отборе игроков в футбольную команду. В настоящее время наблюдается устойчивая отрицательная динамика качества игры футболистов, в том числе из-за некачественного подбора игроков тренерским штабом клуба. Однако данную проблему можно проецировать на любую организацию, занимающуюся подбором персонала. И, как показывает опыт, в таких случаях вполне оправданно для разработки систем поддержки принятия решений о найме персонала привлекать аппарат нечеткой логики, который позволяет имитировать человеческое мышление, но лишен субъективности оценки, и дает приемлемые результаты [3, 4]. В [5] предложена система поддержки принятия решений, позволяющая подбирать игроков и формировать команды в футболе исходя из характеристик

спортсменов, написанная на языке программирования C#.

Обзор источников показывает, что качественные характеристики отражают лучшую работу модели, чем количественные. В свою очередь, качественные характеристики, как правило, имеют высокую степень неопределенности, т. е. возникает нечеткость исходных данных исследования и, следовательно, обоснованно применение средств аппарата нечеткой логики. Эти средства отражаются в различных программах и технологиях. На текущий момент существует несколько инструментов, которые могли бы интерпретировать аппарат нечетких правил. В данном исследовании для разработки системы поддержки принятия решений при отборе игроков в футбольную команду применялась среда программирования Matlab Fuzzy Logic Toolbox. В [6, 7] более подробно рассмотрена работа с указанным прикладным обеспечением и теоретические материалы по проектированию нечетких систем.

В связи со сказанным представляется целесообразным для разработки системы поддержки принятия решений при отборе футболистов в футбольный клуб на предсезонных сборах привлекать модели и алгоритмы нечеткой логики.

Цель данной работы – выявление наиболее перспективных спортсменов в футбольную команду исходя из их характеристик с помощью инструментов нечеткой логики в среде программирования Matlab Fuzzy Logic Toolbox за счет совершенствования системы поддержки принятия решения, предложенной в [5].

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи:

- собрать данные о характеристиках футболистов, претендующих на место в команде;
- определить оптимальное количество входных переменных, выявив наиболее важные характеристики игроков;

– определить оптимальное количество термов для каждой входной лингвистической переменной;

– разработать систему поддержки принятия решений при отборе игрока в футбольную команду в среде программирования Matlab Fuzzy Logic Toolbox;

– получить выходные данные и сделать по ним вывод о возможности включения футболиста в состав команды (о соответствии футболиста требуемым профессиональным качествам).

Разработка системы выбора игроков в футбольную команду

Современный этап развития цифровых технологий характеризуется широким спектром возможностей, позволяющих упростить многие жизненные процессы, в том числе и производственные. Так, нечеткая логика и нечеткие множества вкупе со специализированным программным обеспечением позволяют создавать экспертные системы, а также системы управления и т. п.

В проведенном исследовании использован подход к отбору персонала, рассмотренный в [3, 4], адаптированный под решение рассматриваемой проблемы. Таким образом, в статье разработана система поддержки принятия решений при отборе игроков в футбольную команду, которая осуществляет выбор наиболее подходящего футболиста для команды, оперируя при этом исключительно качественными входными данными.

Разработка такой системы является трендовым направлением, а в будущем, при условии высоких показателей эффективности, она может быть внедрена в производственный процесс.

Система нечеткого вывода построена на основе алгоритма Мамдани [8, 9]. Выбор именно этого алгоритма обусловлен тем, что он работает по принципу «черного ящика». Входные данные поступают в виде количественных значений, аналогично и выходные. Аппарат нечеткой логики применяется на промежуточных этапах. Таким образом, получаем систему, которая принимает и выдает более понятные для пользователей числовые значения, а также проводит соответствующий анализ, интерпретируя перед этим количественные данные в качественные. Тем самым повышается эффективность этой системы по сравнению с ситуацией,

когда система анализировала бы числовые данные [10–12].

Алгоритм Мамдани включает в себя этапы, представленные на рис. 1.

Каждый этап имеет свое назначение:

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, т. е. 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 [13, 14].

Определение входных и выходных параметров нечеткой модели

В [5] проведен обзор данных на базе реального футбольного клуба из Малайзии FC Universiti Sains. В качестве инструментария разработки системы поддержки принятия решений использовалось собственное программное обеспечение, разработанное на языке C#. Входными параметрами выбраны десять различных навыков футболиста:

- самообладание;
- запас сил;
- физическое состояние;
- интеллект;
- интуиция;
- ловкость;
- выносливость;
- командная работа;
- видение поля;
- скорость.

Терм-множество каждой лингвистической переменной содержит семь элементов:

- «отлично»;
- «очень хорошо»;
- «хорошо»;
- «среднее»;
- «ниже среднего»;
- «плохо»;
- «очень плохо».

В настоящей работе инструментом разработки системы поддержки принятия решений об отборе игрока в футбольную команду выступает среда программирования Matlab Fuzzy Logic Toolbox. В качестве входных параметров модели выбраны четыре наиболее значимых навыка для футболистов [15, 16].

При оценке качеств футболистов для последующего отбора в команду наиболее пристальное внимание обращается на физическое состояние (готовность футболиста играть весь матч целиком), интеллект (понимание тактики команды соперника и указаний главного тренера), командную работу (взаимодействие с партнерами по команде) и скорость (скорость принятия решения). Как говорилось ранее, данные будут отображаться качественно, поскольку они

имеют преимущество в точности.

Так как целью разработки системы поддержки принятия решений является оценка качеств футболиста и его последующий отбор в состав команды, то в качестве выходного параметра следует выбрать рейтинг футболиста по 100-балльной шкале. В качестве входных параметров выбраны: физическое состояние, интеллект, командная работа, скорость работы.

В данной модели принято входные параметры оценивать в относительных единицах, поэтому их диапазон варьирования лежит от 0 до 1.

Так как оценку физических, интеллектуальных и командных характеристик претендентов в футбольную команду осуществляют тренеры, а согласно [17] человеческий мозг хорошо воспринимает и обрабатывает информацию, содержащую три-четыре степени сравнения, опишем каждую из лингвистических переменных, включая выходную, четырьмя терминами:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «плохо».

Каждый из термов имеет свой диапазон изменения: «отлично» – 0,74–1; «хорошо» –



Рис. 1. Схема этапов нечеткого вывода
Fig. 1. Scheme of stages of fuzzy inference

Таблица 1. Сравнительный анализ основных моментов исследований
Table 1. Comparative analysis of research highlights

Показатель Indicator	Исследование Research	
	Источник [5] Source	Авторское Author's
Математическая модель Math model	Алгоритм Мамдани Mamdani's algorithm	Алгоритм Мамдани Mamdani algorithm
Инструментарий Tools	Собственное программное обеспечение, разработанное на C# Proprietary software developed on C#	Среда программирования Matlab Fuzzy Logic Toolbox Programming environment Matlab Fuzzy Logic Toolbox
Количество входных параметров Number of input parameters	10	4
Количество термов в терм-множестве каждой лингвистической переменной The number of terms in the term set of each linguistic variable	7	4

0,49–0,75; «удовлетворительно» – 0,24–0,51; «плохо» – 0–0,25.

Все перечисленные термы лингвистических переменных представлены в треугольном виде и находятся в указанных диапазонах изменения.

Для наглядного представления различий исследования, представленного в [5], и проведенного авторами, составим сравнительную табл. 1, в

которой отражены основные моменты проведенных научных исследований.

Далее представлено одно из окон системы поддержки принятия об отборе игрока в футбольную команду с четырьмя входными и одной выходной лингвистическими переменными в среде программирования Matlab Fuzzy Logic Toolbox (рис. 2).

Содержимое каждой лингвистической

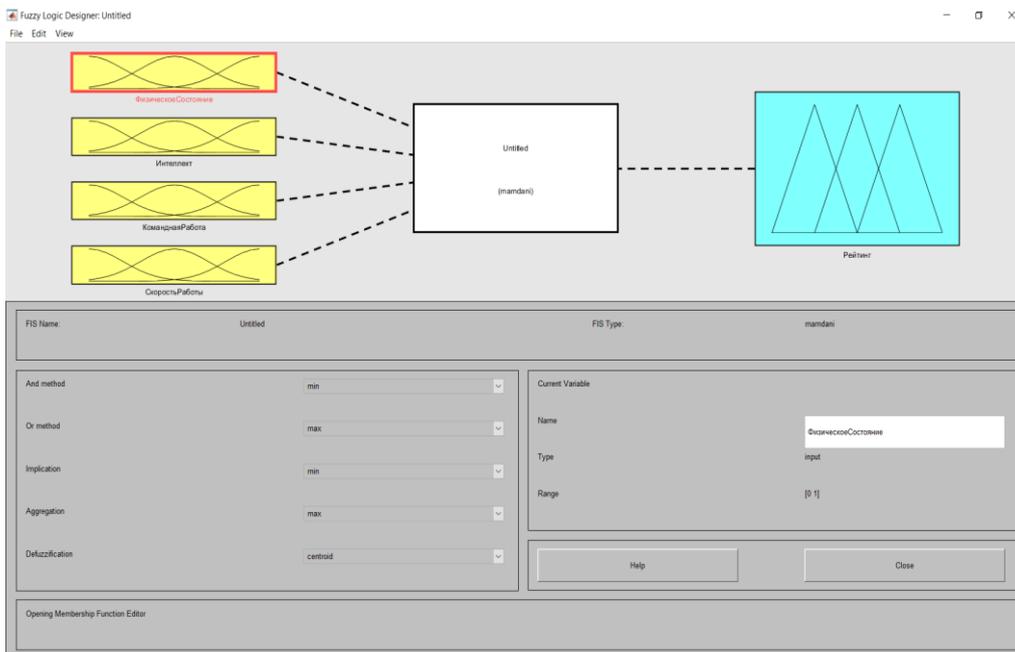


Рис. 2. Окно схемы системы нечеткой логики
Fig. 2. Fuzzy logic system diagram window

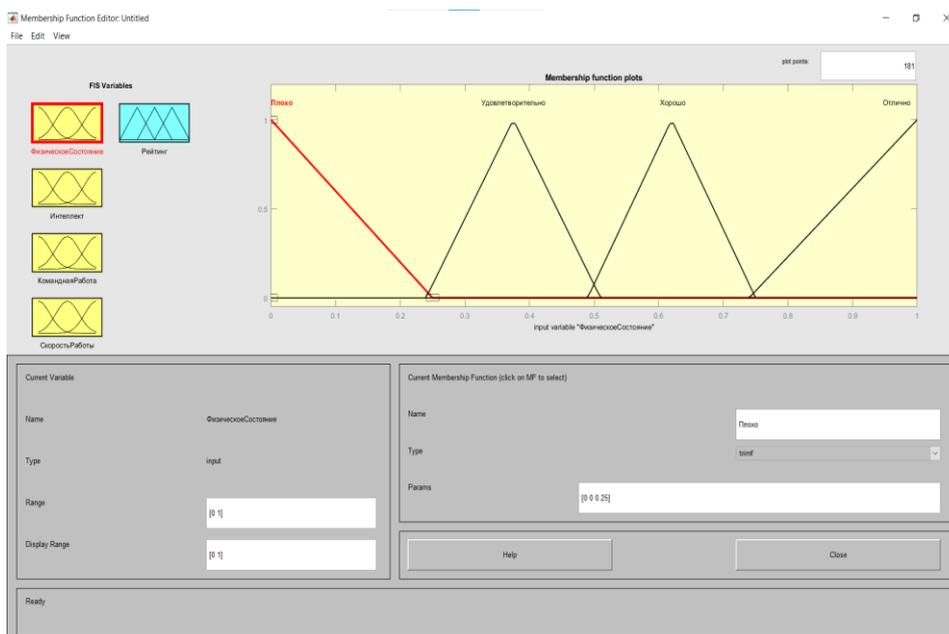


Рис. 3. Окно редактора функции принадлежности
Fig. 3. Membership function editor window

переменной в разработанной системе поддержки принятия решений, а именно четвертая терма, составляется в окне редактора функции принадлежности (рис. 3). Также задается диапазон значений, в котором переменная будет определяться.

Формирование правил работы нечеткой системы

Необходимо сформулировать правила работы нечеткой системы на базе собранных данных [18–20]. Если физическое состояние футболиста оценивается как отличное, а интеллект и

работа в команде имеют высокий уровень, то и рейтинг футболиста котируется в пределах термина «отлично».

Для наилучшей работы системы отбора футболистов создано 128 нечетких правил, сформулированных на мнениях экспертов. База нечетких правил составлена с учетом всевозможных характеристик футболиста, что гарантирует приемлемое качество будущей модели (табл. 2).

В окне редактора просмотра правил есть возможность добавить правила, а также просмотреть текущие (рис. 4). Следует обратить

Таблица 2. Нечеткие правила вывода
Table 2. Fuzzy inference rules

№	Физическое состояние Physical state	Интеллект Intellect	Командная работа	Скорость работы Work speed	Рейтинг
1	Отлично Excellent	Хорошо Good	Хорошо Good	–	Хорошо Good
2	Хорошо Good	Отлично Excellent	Плохо Bad	–	Хорошо Good
3	Отлично Excellent	Хорошо Good	–	Отлично Excellent	Отлично Excellent
4	Отлично Excellent	Удовлетворительно Satisfactory	Хорошо Good	–	Хорошо Good
...
127	–	Хорошо Good	Плохо Bad	Удовлетворительно Satisfactory	Удовлетворительно Satisfactory
128	–	Плохо Bad	Плохо Bad	Плохо Bad	Плохо Bad

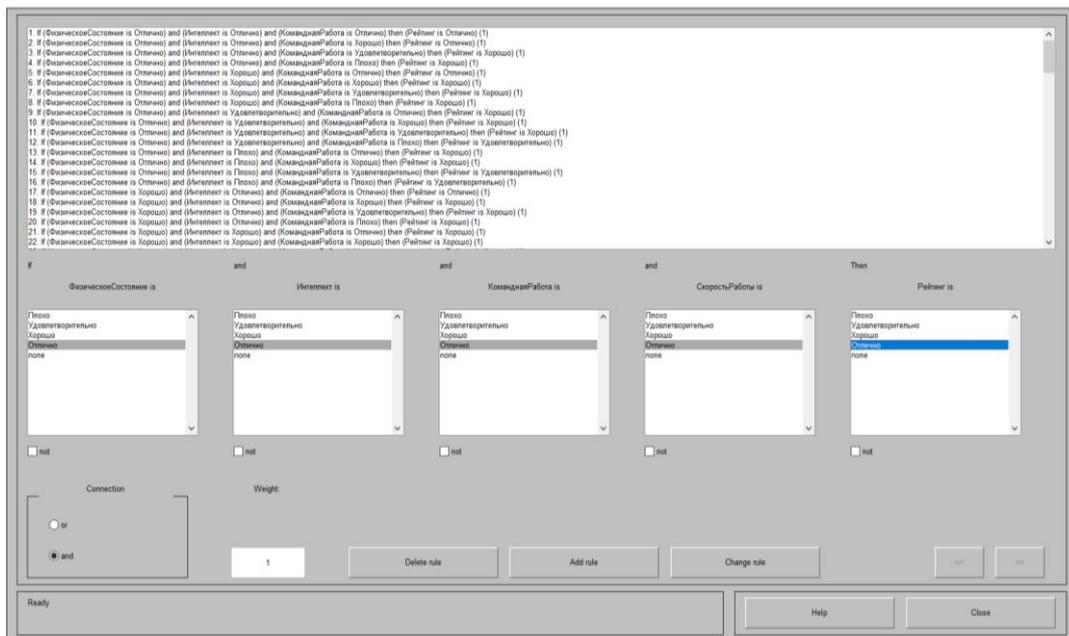


Рис. 4. Просмотр редактора правил
Fig. 4. Viewing the Rules Editor

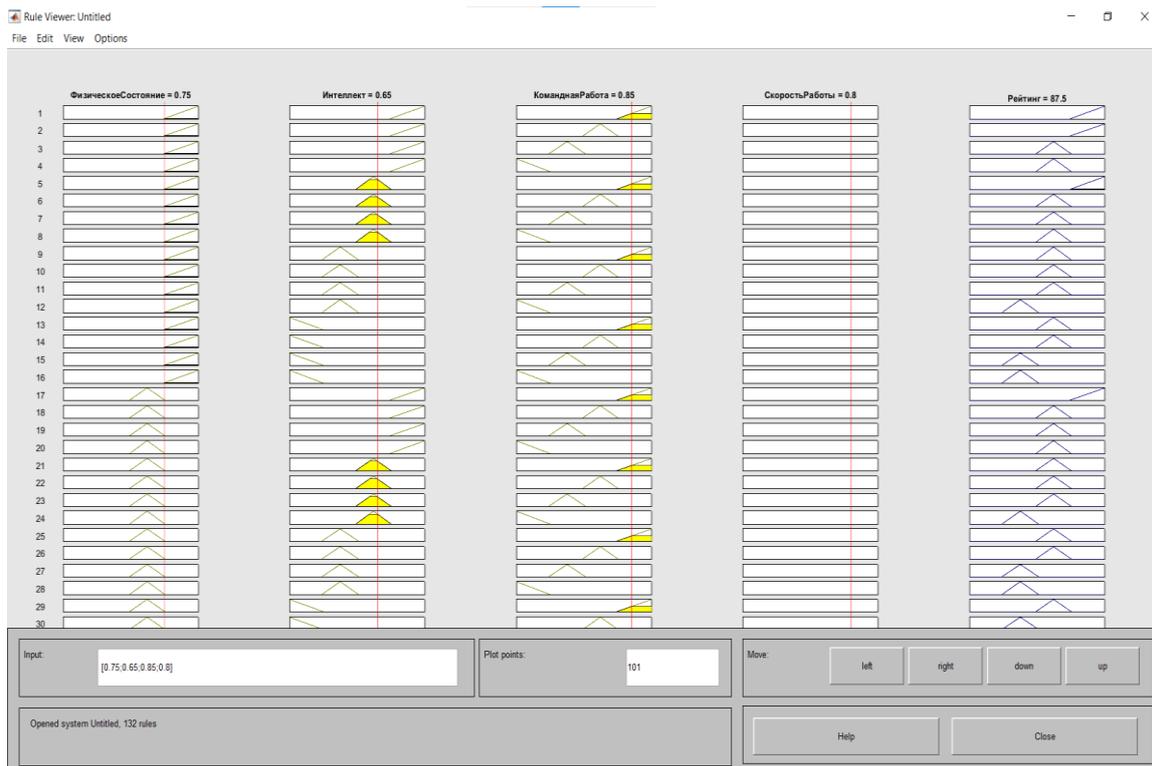


Рис. 5. Просмотр логических правил в редакторе

Fig. 5. Viewing Boolean Rules in the Editor

внимание, что все подусловия каждого правила соединены оператором в логическое «и», т. е. правило истинно при условии истинности всех подусловий правила.

Окно просмотра правил сформированы в редакторе Matlab (рис. 5). В окне можно посмотреть рейтинг футболиста на основе входных параметров. Например, в случае, если физическое состояние спортсмена оценивается в 0,75, интеллект равен 0,65, работа в команде – 0,85, а скорость работы – 0,8, то рейтинг значится на отметке 87,5. Данный факт свидетельствует о том, что футболист достаточно неплохого качества и с большой вероятностью будет включен главным тренером в состав команды.

В проведенном исследовании, ориентированном на разработку нечеткой системы поддержки принятия решения при отборе футболистов в футбольную команду на предсезонных сборах, используется алгоритм Мамдани [11, 21, 22], реализуемый формулой:

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

где $\mu'(y)$ – «активизированная» функция принадлежности; $\mu(y)$ – функция принадлежности термина; c_i – степень истинности i -го подзаключения.

В источниках [11, 21] формулу (1) приня-

то называть \min -активацией, поскольку она позволяет вычислять степень истинности для каждого подзаключения $c_i = d_i \cdot F_i$, где $i = 1 \dots q$. Далее каждое i -е подзаключение сопоставляется с соответствующим множеством D_i с новой функцией принадлежности. Она вычисляется как минимум из c_i и значения функции принадлежности термина из подзаключения.

Апробация разработанной модели

Разработанная система поддержки принятия решений для отбора игроков в футбольную команду основана на теории нечетких множеств [23–25] и нечеткой логике [26–29], где основой является алгоритм Мамдани. В рамках реализации выбранного подхода модель оперирует исключительно качественными данными, что дает преимущество перед количественными данными в точности результатов.

Исследуем модель по таким параметрам, как физическое состояние, интеллект, рейтинг. Так, можно сделать следующий вывод: чем выше показатели указанных параметров, тем выше рейтинг футболиста. К примеру, если установить порог прохода в команду около 60 баллов, необходимо, как минимум обладать высоким интел-

лектом ($> 0,75$), но при этом показатели физического состояния допустимо невысокие ($< 0,5$) и, наоборот, нужно иметь отличное физическое состояние ($> 0,75$), однако показатели интеллекта могут быть небольшими ($< 0,5$).

Визуализация модели нечеткого вывода также может быть произведена в среде разработки Matlab Fuzzy Logic Toolbox, позволяющей упростить процедуру выбора потенциальных игроков в футбольную команду на предсезонных сборах (рис. 6).

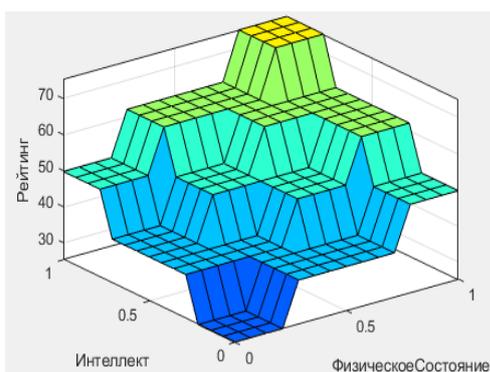


Рис. 6. Характеристика нечеткого регулятора по интеллекту и физическому состоянию

Fig. 6. Characteristics of the fuzzy controller in terms of intelligence and physical condition

Заключение

В результате проведенного исследования разработана система поддержки принятия реше-

ния отбора наиболее перспективных игроков в футбольную команду в рамках предсезонных сборов. В качестве основного инструментального средства выбран алгоритм нечеткой логики Мамдани, реализуемый в среде программирования Matlab Fuzzy Logic Toolbox. Построенная нечеткая модель апробирована на имеющихся данных о характеристиках игроков. Полученные результаты могут быть разобраны и учтены главным тренером перед финальным решением о включении игрока в футбольную команду.

Примененный в проведенном исследовании подход к процессу отбора игроков в футбольную команду позволяет существенно увеличить процент качественных и наиболее подходящих клубу игроков, а также снизить нагрузку на главного тренера в этом вопросе. Освободившееся время тренер может использовать для составления плана мероприятий, направленных на формирование конкурентных преимуществ футбольного клуба: больше времени уделять на разработку оптимальных стратегий игры, детальнее изучать опыт других клубов.

Внедрение разработанной системы поддержки принятия решений об отборе игроков в футбольную команду призвана способствовать формированию положительного имиджа футбольного клуба.

Список литературы

1. Численность вышедших работников с начала года // Витрина статистических данных : сайт. URL: <https://showdata.gks.ru/report/273216/> (Дата обращения: 16.11.2022).
2. Никонорова А.В., Торопова Н.Н. Проблемы и способы повышения эффективности при осуществлении процесса отбора персонала // Вестник РГГУ. Сер. Экономика. Управление. Право. 2018. № 3 (13). С. 90–102.
3. Ибрагимов А.У., Ибрагимова Л.А., Каравасва М.В. Оценка компетентности персонала торгового предприятия с использованием метода нечеткой логики // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та. 2012. № 1 (32). С. 242–249.
4. Балашова И.Ю., Прошкина Е.Н. Анализ и моделирование рассуждений в интеллектуальной системе подбора персонала // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2018. № 1 (25). С. 80–88.
5. Football Player Selection Using Fuzzy Logic / M.B. Burhanuddin et al. // ASEAN Conference on Information System (ACIS2015). Malaysia, 2015. URL: <https://www.researchgate.net/publication/324411729>. (Дата обращения: 22.04.2022).
6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб. : БХВ-Петербург, 2003. 736 с.
7. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М. : Горячая линия-Телеком, 2007. 288 с.
8. Болодурина И.П., Дусакаева С.Т. Введение в теорию нечетких множеств и систем. Оренбург : ОГУ, 2021. 172 с.
9. Белозерова Г.И., Скуднєв Д.М., Кононова З.А. Нечеткая логика и нейронные сети. Ч. 1. Липецк : ЛГПУ. 2017. 64 с.
10. Болдырев П.А., Дусакаева С.Т. Оценка конкурентоспособности продукта или услуги в условиях нечеткой информации // Роль инноваций в трансформации современной науки : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2017. Ч. 1. С. 113–118.
11. Болодурина И.П., Болдырев П.А., Дусакаева С.Т. Методы нечеткой логики при исследовании востребованности учебной литературы // Научное обозрение. 2015. № 14. С. 224–231.
12. Болодурина И.П., Дусакаева С.Т. Моделирование процесса принятия решений при открытии нового офиса продаж сотовой связи в нечетких условиях // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений : тр. VIII Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Уфа, 2020. Т. 1. С. 15–18.
13. Болодурина И.П., Дусакаева С.Т. Совершенствование управления востребованностью учебной литературы на основе применения модели Леунга разделения на зоны приоритетности дисциплин в нечетких условиях // Планирование, проведение и интерпретация научно-технических исследований : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 6–10.

14. Duboi D., Prade H.M. Fuzzy sets and systems: theory and applications. New York ; London ; Toronto : Academic Press., 1980. 393 p.
15. The top 5 qualities to become a professional football player // The international center of European football : site. URL: <https://europe.theicef.com/the-top-5-qualities-to-become-a-professional-football-player/> (Дата обращения: 16.11.2022).
16. Canever B. Lionel Messi: 5 Qualities That Make Him the World's Greatest Footballer // Bleacher Report : site. URL: syndication.bleacherreport.com (Дата обращения: 16.11.2022).
17. Барабанщиков В.А. Общая психология: психология восприятия. М. : Юрайт, 2022. 184 с.
18. Duboi D., Prade H.M. Possibility theory and formal concept analysis: Characterizing independent sub-contexts // Fuzzy Sets and Systems. 2012. Vol. 196. Pp. 4–16.
19. Duboi D. The role of fuzzy sets in decision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems. 2011. Vol. 184 (1). Pp. 3–28.
20. Зак Ю.А. Многокритериальные задачи математического программирования с размытыми ограничениями. Математические модели схем компромисса. Выбор решений из конечного множества альтернатив // Кибернетика и системный анализ. 2010. № 5. С. 80–89.
21. Киселев В.Ю., Калугина Т.Ф. Теория нечетких множеств и нечеткая логика. Задачи и упражнения. Иваново : ИГЭУ, 2019. 72 с.
22. Тихомирова А.Н., Клейменова М.Г. Нечеткие модели дискретной математики. М. : НИЯУ МИФИ, 2011. 108 с.
23. Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени. Пермь : ПНИПУ, 2013. 156 с.
24. Хижняков Ю.Н. Нечеткое, нейронное и гибридное управление. Пермь : ПНИПУ, 2013. 303 с.
25. Бахусова Е.А. Элементы теории нечетких множеств. Тольятти : ТГУ, 2013. 116 с.
26. Зак Ю.А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-Технологии. М. : Либроком, 2013. 352 с.
27. Frank H. Fuzzy Methoden in der Wirtschaftsmathematik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg & Sohn Verlag, 2002. 242 p.
28. Friedrich A. Logik und Fuzzy-Logik. Stuttgart : Expert Verlag, 2006. 319 p.
29. Тэрано Т., Асаи К., Сугэно М. Прикладные нечеткие системы. М. : Мир, 1993. 368 с.

References

1. Vitrina statisticheskikh dannykh. Chislennost' vybyvshikh rabotnikov s nachala goda (Elektronnyi resurs) [Statistical data showcase. Number of retired employees since the beginning of the year (Electronic resource)]. Available at: <https://showdata.gks.ru/report/273216/> (Accessed November 16, 2022).
2. Nikonorova A.V., Toropova N.N. Problemy i sposoby povysheniia effektivnosti pri osushchestvlenii protsessa otbora personala [Problems and ways to improve efficiency in the implementation of the personnel selection process]. *Vestnik RGGU. Seriya «Ekonomika. Upravlenie. Pravo»* [Bulletin of the Russian State University for the Humanities. Series «Economics. Management. Right»], 2018, no. 3 (13), pp. 90–102.
3. Ibragimov A.U., Ibragimova L.A., Karavaeva M.V. Otsenka kompetentnosti personala torgovogo predpriyatiya s ispol'zovaniem metoda nechetkoi logiki [Assessment of the competence of the personnel of a trading enterprise using the fuzzy logic method]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika S.P. Koroleva (natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta)* [Bulletin of the Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolev (National Research University)], 2012, no. 1 (32), pp. 242–249.
4. Balashova I.Yu., Proshkina E.N. Analiz i modelirovanie rassuzhdenii v intellektual'noi sisteme podbora personala [Analysis and modeling of reasoning in the intellectual system of personnel selection]. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* [Models, systems, networks in economics, technology, nature and society], 2018, no. 1 (25), pp. 80–88.
5. Burhanuddin M.B. et al. Football Player Selection Using Fuzzy Logic. ASEAN Conference on Information System (ACIS2015). Malaysia, 2015. URL: <https://www.researchgate.net/publication/324411729>. (Accessed April 22, 2022).
6. Leonenkov A.V. Nечetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH]. Saint Petersburg: BHV-Petersburg Publ., 2003. 736 p.
7. Shtovba S.D. Proektirovanie nechetkikh sistem sredstvami MATLAB [Design of fuzzy systems using MATLAB]. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom Publ., 2007. 288 p.
8. Bolodurina I.P., Dusakaeva S.T. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i sistem [Introduction to the theory of fuzzy sets and systems]. Orenburg: OGU Publ., 2021. 172 p.
9. Belozerova G.I., Skudnev D.M., Kononova Z.A. Nечetkaya logika i neironnye seti (v 2 chastyakh). Chast' 1. [Fuzzy logic and neural networks (in 2 parts). Part 1]. Lipetsk: LGPU, 2017. 64 p.
10. Boldyrev P.A., Dusakaeva S.T. Otsenka konkurentosposobnosti produkta ili uslugi v usloviyakh nechetkoi informatsii [Assessment of the competitiveness of a product or service in conditions of fuzzy information]. *Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Rol' innovatsii v transformatsii sovremennoi nauki»* [Proceedings of the International scientific-practical conference «The role of innovation in the transformation of modern science»]. Ufa, 2017, part 1, pp. 113–118.
11. Bolodurina I.P., Boldyrev P.A., Dusakaeva S.T. Metody nechetkoi logiki pri issledovanii vostrebovannosti uchebnoi literatury [Methods of fuzzy logic in the study of the demand for educational literature]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2015, no. 14, pp. 224–231.
12. Bolodurina I.P., Dusakaeva S.T. Modelirovanie protsessa prinyatiya reshenii pri otkrytii novogo ofisa prodazh sotovoi svyazi v nechetkikh usloviyakh [Modeling the decision-making process when opening a new cellular sales office in fuzzy conditions]. *Trudy VIII Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii «Informatsionnye tekhnologii intellektual'noi podderzhki prinyatiya reshenii» (s priglazheniem za-*

rubezhnykh uchenykh): v 2 tomakh [Proceedings of the VIII All-Russian scientific conference «Information technologies for intellectual decision support» (with the invitation of foreign scientists): in 2 volumes]. Ufa, 2020, vol. 1, pp. 15–18.

13. Bolodurina I.P., Dusakaeva S.T. Sovershenstvovanie upravleniya vostrebovanost'yu uchebnoi literatury na osnove primeneniya modeli Leunga razdeleniya na zony prioritnosti distsiplin v nechetkikh usloviyakh [Improving the management of the demand for educational literature based on the application of the Leung model of division into priority zones of disciplines in fuzzy conditions]. *Sbornik statei po itogam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Planirovanie, provedenie i interpretatsiya nauchno-tehnicheskikh issledovaniy»* [Proceedings on the results of the international scientific and practical conference «Planning, conducting and interpreting scientific and technical research»]. Kazan, 2020, pp. 6–10.

14. Duboi D., Prade H.M. Fuzzy sets and systems: theory and applications. New York ; London ; Toronto : Academic Press., 1980. 393 p.

15. The top 5 qualities to become a professional football player. The international center of European football : site. URL: <https://europe.theicf.com/the-top-5-qualities-to-become-a-professional-football-player/> (Accessed November 16, 2022).

16. Canever B. Lionel Messi: 5 Qualities That Make Him the World's Greatest Footballer. Bleacher Report : site. URL: [syndication.bleacherreport.com](https://www.bleacherreport.com) (Accessed November 16, 2022).

17. Barabanshchikov V.A. Obshchaya psikhologiya: psikhologiya vospriyatiya [General psychology: psychology of perception]. Moscow: Yurait Publ., 2022. 184 p.

18. Duboi D., Prade H.M. Possibility theory and formal concept analysis: Characterizing independent sub-contexts. *Fuzzy Sets and Systems*, 2012, vol. 196, pp. 4–16.

19. Duboi D. The role of fuzzy sets in decision sciences: Old techniques and new directions. *Fuzzy Sets and Systems*, 2011, vol. 184 (1), pp. 3–28.

20. Zak Yu.A. Mnogokriterial'nye zadachi matematicheskogo programmirovaniya s razmytymi ogranicheniyami. Matematicheskie modeli skhem kompromissa. Vybore reshenii iz konechnogo mnozhestva al'ternativ [Multicriteria problems of mathematical programming with fuzzy constraints. Mathematical models of compromise schemes. Choice of solutions from a finite set of alternatives]. *Kibernetika i sistemnyi analiz* [Cybernetics and system analysis], 2010, no. 5, pp. 80–89.

21. Kiselev V.Yu., Kalugina T.F. Teoriya nechetkikh mnozhestv i nechetkaya logika. Zadachi i uprazhneniya [Fuzzy set theory and fuzzy logic. Tasks and exercises]. Ivanovo: IGEU Publ., 2019. 72 p.

22. Tikhomirova A.N., Kleimenova M.G. Nechetkie modeli diskretnoi matematiki [Fuzzy models of discrete mathematics]. Moscow: NIYAU MIFI Publ., 2011. 108 p.

23. Khizhnyakov Yu.N. Algoritmy nechetkogo, neironnogo i neuro-nechetkogo upravleniya v sistemakh real'nogo vremeni [Algorithms of fuzzy, neural and neuro-fuzzy control in real-time systems]. Perm': PNIPU Publ., 2013. 156 p.

24. Khizhnyakov Yu.N. Nechetkoe, neironnoe i gibridnoe upravlenie [Fuzzy, neural and hybrid control]. Perm': PNIPU Publ., 2013. 303 p.

25. Bakhusova E.A. Ee elementy teorii nechetkikh mnozhestv [Elements of the theory of fuzzy sets]. Tol'yatti: TGU Publ., 2013. 116 p.

26. Zak Yu.A. Prinyatie reshenii v usloviyakh nechetkikh i razmytykh dannykh [Decision making in conditions of fuzzy and fuzzy data: Fuzzy-Technologies]. Moscow: Librokom Publ., 2013. 352 p.

27. Frank H. Fuzzy Methoden in der Wirtschaftsmathematik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg & Sohn Verlag, 2002. 242 p.

28. Friedrich A. Logik und Fuzzy-Logik. Stuttgart : Expert Verlag, 2006. 319 p.

29. Terano T., Asai K., Sugeno M. Prikladnye nechetkie sistemy [Applied fuzzy systems]. Moscow: Mir Publ., 1993. 368 p.

Информация об авторах

Дусакаева Слушаш Тугайбаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург; e-mail: slushashdusakaeva@rambler.ru.

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

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

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

Information about the authors

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

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

Pavel L. Niryan, Department of Applied Mathematics, Orenburg State University, Orenburg; e-mail: niran908@gmail.com.

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