

УДК: 355.58

DOI: 10.25629/SMW.2024.01.01

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА)

Свиридок Р.В.¹, Григорьев В.Н.²

¹Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России

²Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий)

Аннотация

В статье представлены результаты исследования, обосновывающие необходимость перехода от автоматизированных систем безопасности к автоматизированным системам с элементами искусственного интеллекта, через применение теории нечетких множеств при выработке рациональных предложений для принятия управленческих решений по локализации и ликвидации аварий (чрезвычайных ситуаций), возникающих на объектах нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова

Аварии, чрезвычайные ситуации, обеспечение безопасности, объекты нефтегазовой отрасли, автоматизация, искусственный интеллект, принятие управленческих решений.

Введение

Анализ чрезвычайных ситуаций различного характера (далее – ЧС) за последние годы свидетельствует об определенной стабилизации в этой области жизнедеятельности российского общества [1]. Резкий рост ЧС, произошедший во второй половине двухтысячных, грамотными действиями руководства и спасательных формирований был локализован и сокращен к 2015 году практически в десять раз [2]. Однако результаты различных исследований свидетельствуют о сохранении тенденции к потенциальному росту ЧС не только в России, но и в мире в целом. Этому способствует ряд обстоятельств, среди которых можно выделить: экстенсивный способ производства, направленный на извлечение максимальной прибыли; перенос производства развитыми странами в развивающиеся, как правило, со слабым экологическим законодательством и низкой стоимостью труда; снижением уровня и качества образования вообще и профессионального в частности [3].

Структура российской экономики свидетельствует о значительной доле добывающей и обрабатывающей промышленности. Так, по данным Росстата, за прошлый год доля нефтегазовой отрасли в структуре ВВП страны составила более 20 % [4]. Учитывая высокую технологичность процессов добычи, транспортировки и переработки углеводородов, а также серьезные последствия для экологии и населения в случае возникновения аварийных ситуаций на объектах отрасли, обеспечение безопасности в этой сфере экономики является первостепенной задачей как органов государственного управления, так и субъектов хозяйственной деятельности.

Краткий обзор литературы

Исследованиями проблемных вопросов обеспечения безопасности нефтегазовой отрасли в различное время занимались различные научные центры и исследователи. Так, безопасность

отрасли с позиций протектологии рассматривали в своих работах сотрудники института нефти и газа им. Губкина [5]. Экономическую безопасности России в условиях санкционной политики коллективного Запада на примере нефтегазового комплекса исследовали в институте экономики РАН [6]. Вопросы безопасности предприятий по переработке углеводородов изучали в Сибирском федеральном университете [7].

Эти и ряд других авторов рассматривали обеспечение безопасности нефтегазовой отрасли с различных позиций современной науки и обосновали достаточно взвешенные предложения. Однако вопросы построения моделей безопасности и применения в этих целях искусственного интеллекта в настоящее время рассмотрены не были.

Решение вопросов повышения безопасности промышленных объектов различного назначения и предупреждение чрезвычайных ситуаций на них является задачей первостепенной важности, как для обеспечения национальной безопасности страны, так и для ее экономического роста. Поэтому исследование возможностей перспективных технологий и разработка на их базе моделей обеспечения безопасности явилась основной целью проведенного исследования основные результаты, которого представлены в настоящей статье.

По нашему мнению, работы по исследованию возможностей искусственного интеллекта для предупреждения чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли являются актуальными и крайне необходимыми в условиях сохраняющейся общемировой тенденции к повышению риска возникновения природных и техногенных аварий и катастроф.

К основным методам, которые были применены в ходе исследования, следует отнести: аналитическое исследование, системный анализ, имитационное моделирование и др.

Основные результаты исследования

В ходе исследования был проведен анализ ЧС, обусловленных взрывами на объектах производственного и складского назначения за 2022 и 11 месяцев 2023 года, результаты которого представлены в таблице 1.

Представленные в таблице данные свидетельствуют о гибели 50 человек и 1255 пострадавших в результате произошедших ЧС, связанных со взрывами углеводородов. При этом были задействованы подразделения МЧС России и спасательных структур субъектов федерации. Примерный ущерб от произошедших ЧС оценивается в 30 млрд. руб., не считая морального и психологического причиненного вреда, связанного с гибелью людей и полученными травмами выжившими.

Практика показывает, что в промышленности автоматизация позволяет значительно повысить оперативность и обоснованность принятия решений, уменьшить ущерб и предотвратить человеческие жертвы среди сотрудников предприятия и населения, проживающего около них.

Нет смысла говорить о тех успехах, которые достигла автоматизация – почти всё вокруг нас либо работает в автоматизированном режиме, либо создано автоматизированным способом. Однако у автоматизации есть принципиальная особенность – она не работает в пространстве без алгоритмов, в таком, где четко не определены все шаги и их порядок. Поэтому число ситуаций, доступных ей, ограничено, и для того, чтобы осваивать всё их бесконечное разнообразие – автоматизации нужно беспредельно долго развиваться.

Автоматизации не подвластен ряд определенных ситуаций, а также различные действия, связанных с ними. Например, основным проблемным вопросом автоматизации промышленного процесса, наряду с разнородностью, слабой согласованностью и взаимосвязанностью различных её звеньев, является то, что современными средствами автоматизации невозможно исключить человека в сугубо творческих процессах планирования действий и тем более формирования целей действий, целеполагании, в том числе и по предупреждению чрезвычайных ситуаций [8]. Поэтому, в последнее время к автоматизации процесса добавилось понятие систем с искусственным интеллектом (далее – СИИ), которую зачастую отождествляют с автоматизированными системами управления (далее – АСУ), что не одно и то же.

Таблица 1 – Сведения о чрезвычайных ситуациях, обусловленных взрывами на объектах производственного или складского назначения, за период с 01.01.2022 по 11.12.2023 гг.

№ п/п	Дата	Место ЧС	Описание ЧС (источник, характер, описание)	Пострадало, чел.	Спасено, чел.	Погибло, чел.	Силы, чел.	Средства, ед. тех.
1.	21.02.2023	Уральский, Ямало-Ненецкий автономный округ, Муниципальный округ Тазовский район, Тазовский	Взрывы и (или) разрушения (обрушения) в зданиях, сооружениях, предназначенных для производственного или складского назначения. Взрыв остатков газозвдушной смеси в колонне испарителя, без последующего горения, в результате которого произошло опрокидывание данной колонны на рабочих.	3	1	2	31	6
2.	27.04.2023	Дальневосточный, Республика Саха (Якутия), Мирнинский улус, Тас-Юрях	Взрывы и (или) разрушения (обрушения) в зданиях, сооружениях, предназначенных для производственного или складского назначения. На участке добычи газа в 6 км от н.п. Таас-Юрях при проведении ремонтных работ скважины №99 произошел выброс газа с последующим возгоранием газозвдушной смеси.	9	0	0	22	6
3.	20.06.2023	Центральный, Тамбовская область, городской округ Котовск	Взрывы и (или) разрушения (обрушения) в зданиях, сооружениях, предназначенных для производственного или складского назначения. При проведении ремонтных работ на первом этаже кирпичного двухэтажного цеха (находился на реконструкции) на территории ФКП «Тамбовский пороховой завод» произошел взрыв с последующим пожаром.	19	0	5	51	19
4.	07.07.2023	Приволжский, Самарская область, городской округ Чапаевск	Взрывы и (или) разрушения (обрушения) в зданиях, сооружениях, предназначенных для производственного или складского назначения. Взрыв при проведении ремонтных работ на трубопроводе с азотом на территории завода АО «Промсинтез».	8	2	6	43	15
5.	09.08.2023	Центральный, Московская область, Сергиево-Посадский городской округ	Взрывы и (или) разрушения (обрушения) в зданиях, сооружениях, предназначенных для временного пребывания людей, преимущественно ритмичного характера (рабочий день, школьная смена, сеанс и т.д.). Взрыв с последующим пожаром в здании компании ОАО «Пироросс» (территория АО «Загорский оптико-механический завод»).	104	0	1	400	93
6.	14.08.2023	Северо-Кавказский, Республика Дагестан, Кумторкалинский район, Новокули, Караман	Взрывы и (или) разрушения (обрушения) в зданиях, сооружениях, предназначенных для производственного или складского назначения. Взрыв с последующим горением на станции ТО и АЗС. Сгорели 3 частных дома, 30 автомобилей в т.ч. 26 легковых, 2 газели грузовые 2 микроавтобуса, повреждено остекление 40 частных домов и 4-х этажного здания.	1112	27	36	264	87
Всего:				1255	30	50	811	226

Данные, представленные в таблице, подготовлены авторами по материалам служебных документов МЧС России и публикациям в средствах массовой информации

Нужно различать автоматизацию процессов управления и применение для этих целей систем искусственного интеллекта. В первом случае речь идет о вычислительных машинах, оснащенных совокупностью алгоритмов сбора, классификации, структурирования информации, которая затем используется как система исходных данных для решения задач с помощью формализованных методов. Основные отличия интеллектуализации по отношению к автоматизации – это реализация способности компьютера принимать решения в условиях значительной неопределенности, на основе разнородной и неполной информации, часто меняющихся ситуаций. Большое значение имеет также самообучаемость и адаптивность как способность СИИ самостоятельно совершенствовать заложенное в нее программное обеспечение, в том числе осуществлять самопрограммирование в различных ситуациях. Можно сказать, что ИИ – это способность компьютера принимать решения в разнообразных и быстро меняющихся ситуациях аналогично человеку [9].

Поэтому построение автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта в настоящий момент затруднительно в связи с огромным количеством факторов, подлежащих учету, а также низкой точностью их значений, неопределенностью, качественным их характером.

В этих условиях возможным выходом может являться применение различных экспертных систем знаний, основанных на теории нечетких множеств (далее – ТНМ) [10]. Именно они позволят учесть высокую размерность и все неопределенности, о которых говорилось выше. Сама эта теория является обобщением классической теории множеств (положенной в основу всей современной математики) на случай различного рода физических, лингвистических и других неопределенностей.

С учетом положений ТНМ в рамках экспертной системы для выработки рациональных действий пожарно-спасательных подразделений (далее – ПСП) и дежурной диспетчерской службы (далее – ДДС) объекта нефтегазовой отрасли необходимо разработать систему нечеткого вывода (далее – СНВ). Информацию, которая подается на вход СНВ, составляют значения некоторых входных переменных. Это может быть различная информация – от контрольно-управляющей системы контроля текущих концентраций аварийных химически опасных веществ (далее – АХОВ) в рабочих помещениях и на производственных площадках (система газового анализа), автоматического метеокомплекса, системы оповещения, технических средств связи и передачи данных, аппаратных и программных средств обеспечения информационной безопасности до количества персонала на объекте и населения проживающего в зоне чрезвычайной ситуации и др. Выходной информацией для СНВ будут являться рациональные варианты действий ПСП и ДДС потенциально опасного объекта с учетом количества пострадавших, сил и средств, необходимых для ликвидации аварий, а также пунктов необходимых для временного размещения пострадавших и многое другое.

Для построения алгоритмов нечеткого вывода, которые могут быть положены в основу экспертных систем для выработки рациональных действий, в статье рассматривается условная ситуация:

- попадание средства поражения (например, боеприпаса, доставленного беспилотным летательным аппаратом) в технологическое оборудование с горючим газом;
- разгерметизация или полное разрушение технологического оборудования с горючим газом;
- выброс опасного вещества в помещении;
- образование облака газозадышенной смеси (далее – ГВС);
- возникновение источника воспламенения;
- взрыв облака ГВС;
- поражение персонала, объектов инфраструктуры ударной волной и летящими осколками технологического оборудования, строительных конструкций;
- поражение персонала тепловым излучением;
- принятие решение на проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее – АСДНР);
- эвакуация персонала и населения в пункты временного размещения (далее – ПВР).

С технической точки зрения процессы возникновения и развития аварий, вызываемых террористическими действиями на объекты нефтегазовой отрасли, отличаются от аналогичных процессов, протекающих при авариях, вызванных только технологическими факторами. Так, в этом случае имеют место быть кратковременные мощные воздействия на выбираемые участки конструкции, поэтому для ликвидации такого типа аварий необходимы, по меньшей мере, три определяющих момента: управляющая деятельность человека (экспертные знания), активные средства (автоматизированные системы) и другие средства, непосредственно взаимодействующие с активными средствами.

Важнейшей составной частью автоматизированной системы управления в ЧС является подсистема управления на уровне объектов ведения работ и рабочих мест. Именно там, как представляется, заключено многообразие всех возможных факторов обстановки, условий применения аварийно-спасательных средств, индивидуальных действий спасателей и др.

В этой связи, рассмотренное крайне неопределенное описание обстановки на рабочем месте можно формализовать с помощью системы нечеткого вывода. Далее будут описываться основные этапы использования СНВ [9] применительно к вышеуказанному примеру:

1 этап – формирование базы правил.

База правил предназначена для формального представления эмпирических знаний в предметной области, в нашем случае – применительно к рассматриваемой обстановке на рабочем месте. Каждое из правил имеет вид:

Правило_n : ЕСЛИ Условие_n ТО заключение_n (F_n – вес правила)

Условия и заключения в правиле сформулированы в виде названий нечетких переменных. Если вес (важность) правила не указан, он принимается равным единице.

Для обоснования количества сил и средств необходимых для ликвидации аварии возможно записать такое правило:

ЕСЛИ "количество пострадавших"="незначительно" ТО "количество сил и средств необходимых для ликвидации аварий"="незначительно" ИЛИ ="ниже среднего";

ЕСЛИ "количество пострадавших"="среднее" ТО "количество сил и средств необходимых для ликвидации аварий"="ниже среднего" ИЛИ ="среднее";

ЕСЛИ "количество пострадавших"="большое" ТО "количество сил и средств необходимых для ликвидации аварий"="значительное".

В этом правиле участвует входная и выходная нечеткие переменные, функции принадлежности которых могут быть представлены с незначительной потерей точности в «линейно-кусочном» образе [10, 11], в виде треугольных или трапецеидальных функций (рисунок 1):

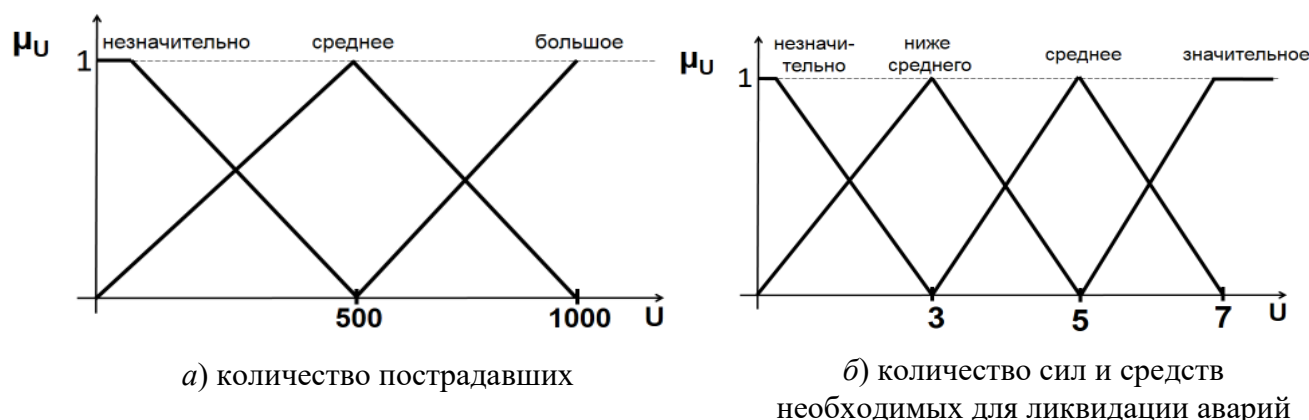


Рисунок 1 – Функции принадлежности входной (а) и выходной (б) нечетких переменных

Также нечеткий вывод для выбора рациональной технологии может выполняться с использованием приложения FuzzyLogicDesigner в программном продукте MATLAB R2022a [11].

К примеру, выбор критерия «емкость пунктов временного размещения для пострадавшего населения» (далее – емкость ПВР):

ЕСЛИ "количество населения у которых жилой фонд не пригоден для проживания"="незначителен" ТО "емкость ПВР"="незначительная";

ЕСЛИ "количество населения у которых жилой фонд не пригоден для проживания"="ниже среднего" ИЛИ "средние" ТО "емкость ПВР"="средняя";

ЕСЛИ "количество населения у которых жилой фонд не пригоден для проживания"="большое" ТО "емкость ПВР"="большая".

Функции принадлежности входной (а) и выходной (б) нечётких переменных приведены на рисунке 2.

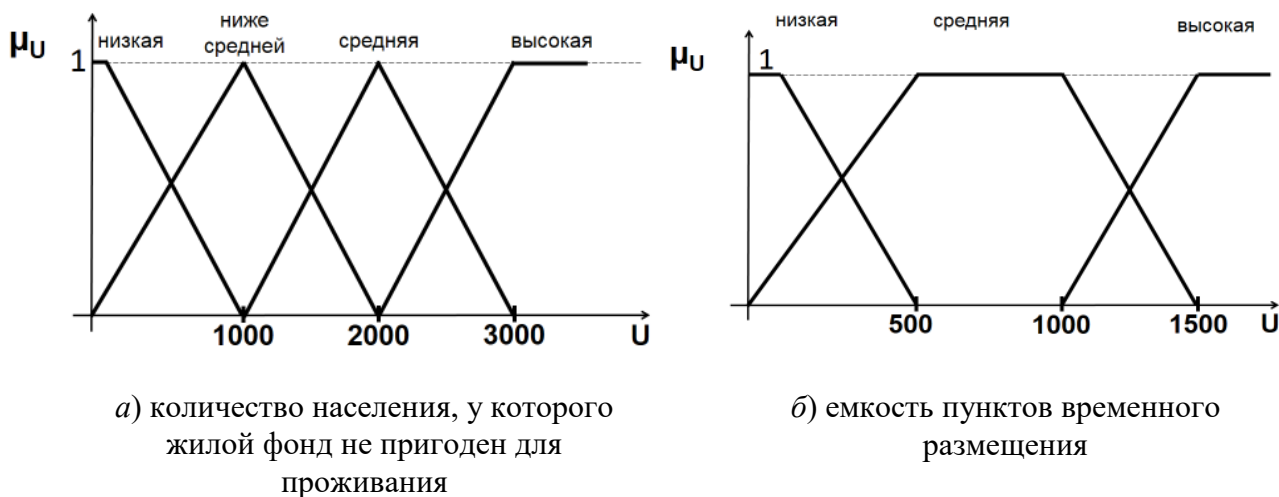
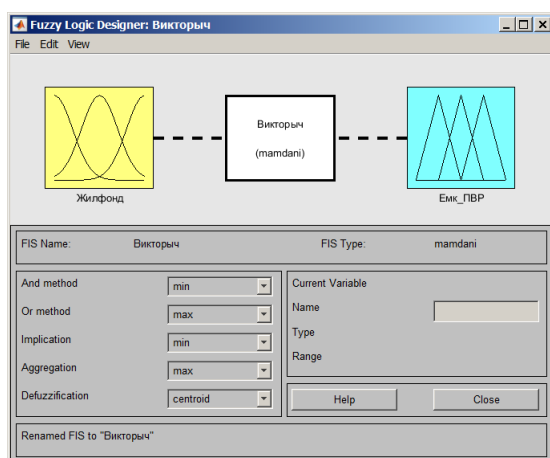


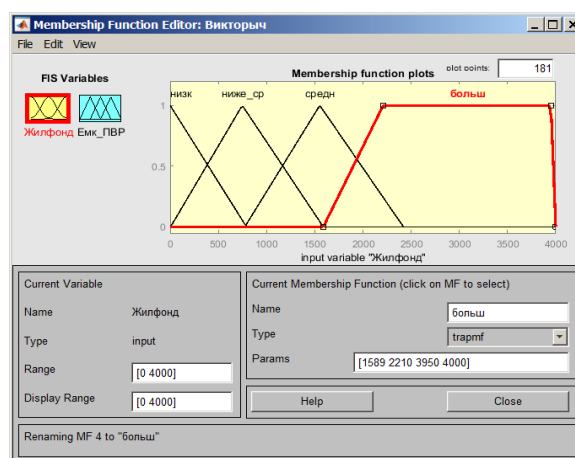
Рисунок 2 – Функции принадлежности входной (а) и выходной (б) нечётких переменных

Скриншоты окон нечёткого логического вывода применительно к определению емкости ПВР с использованием приложения FuzzyLogicDesigner в программном продукте MATLAB R2022a представлены на рисунке 3.

На рисунке 3 а показано окно для определения количества входных и выходных функций принадлежности, б – параметры входной и в – выходной функций принадлежности, г – система правил, д – форма нечеткого логического вывода из системы правил и значений входной функции принадлежности.



а



б

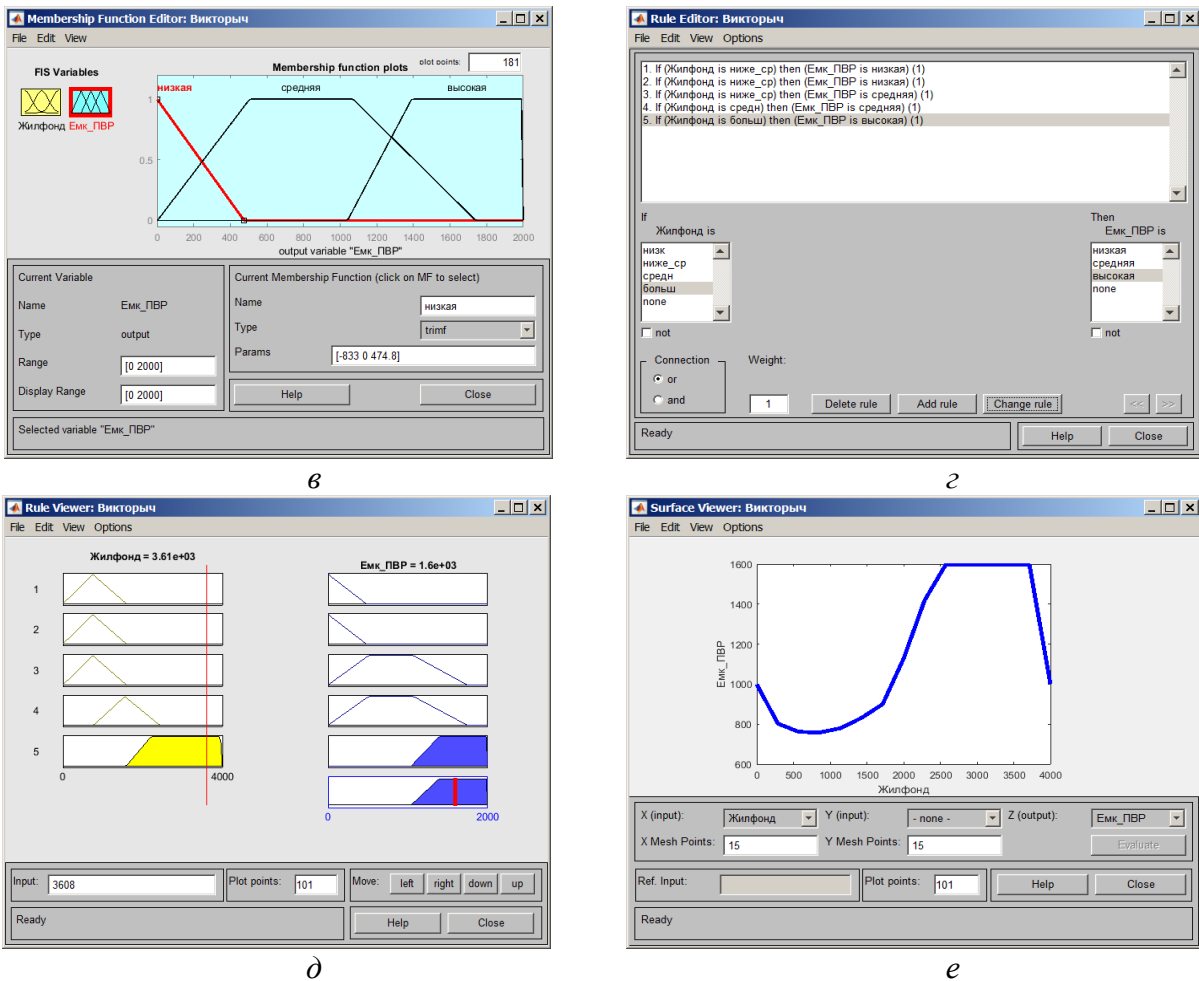


Рисунок 3 – Окна нечёткого логического вывода с использованием приложения FuzzyLogicDesigner в программном продукте MATLAB R2022a

Позиция *г* рисунка 3 показывает зависимость требуемой емкости ПВР от количества населения, у которых жилой фонд не пригоден для проживания. Видно, что данная зависимость имеет нелинейный немонотонный характер с наличием оптимального плато. Такая достаточно сложная форма зависимости обусловлена формами функций принадлежности и содержанием системы правил, т.е. фактически формализованными знаниями эксперта в рассматриваемой области.

В то же время, желательно добиться более адекватных результатов вывода. Это можно сделать путем приведения в более полное соответствие результатов экспертной системы с мнением спасателей, имеющих значительный опыт проведения подобных работ. Для этого потребуется либо дополнительный их опрос, либо использование искусственных нейронных сетей в рамках гибридных моделей [9], позволяющих перенастраивать параметры функций принадлежности, веса правил и т.п.

Заключение

Таким образом, внедрение системы искусственного интеллекта в деятельности человека уже давно не носит революционный характер, с учетом увеличения риска возникновения аварий на объектах нефтегазовой отрасли причинами которых могут быть как природные явления, нарушение технологического процесса так и умышленное воздействие с целью разрушения самого объекта, нарушения его функционирования и нанесения поражения населению, находящемуся в зоне поражения как от первичных, так и вторичных факторов. При этом внедрение СИИ в системы безопасности и оповещения с возможностью самообучения, позволит

при получении информации об возникшей аварии руководителям на соответствующих уровнях принимать эффективные решения, при этом СИИ будут подготовлены предложения по оптимальному количеству личного состава и техники необходимой для ликвидации аварии, а также необходимости проведения эвакуационных мероприятий и задействование необходимого количества ПВР.

Задание правил применительно к различным ситуациям в ходе ликвидации аварии необходимо осуществлять с использованием знаний, опыта и интуиции личного состава, привлекаемого к ликвидации, имеющих опыт проведения аварийно-спасательных работ и данных с автоматизированных систем. Именно эта информация и будет составлять основу соответствующей базы знаний СНВ. При этом очевидно, что вариантов обстановки на объекте при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее – АСДНР) огромное (пожалуй, бессчетное) количество. Поэтому такая база знаний должна регулярно пополняться и составлять банк таких ситуаций, из которого всегда можно выбрать наиболее близкую к реальной. Выбор сходной ситуации, возможно, осуществлять с использованием искусственных нейронных сетей, которые необходимо обучать на примерах из указанного банка ситуаций. Именно нейронные сети должны позволить автоматизировать этот процесс и «подгружать» более соответствующей реальной обстановке информационный фон, перестраивать параметры СНВ применительно к данной обстановке и предлагать варианты рациональных технологий АСДНР. При необходимости в СНВ могут использоваться и традиционные методы обоснования мероприятий, количественные модели операций, функционирования комплектов и систем обеспечения АСДНР, расчетные задачи и многое другое, широко используемое в практике принятия решений [12].

Построение такой базы знаний должно иметь иерархический характер. Верхние уровни иерархии ситуаций на объектах работ должны составлять те из них, описание которых имеет самый общий характер в связи с неопределенностью информации. По мере поступления данных с автоматизированных систем, опроса свидетелей и очевидцев возможен переход на более низкие уровни с детальным описанием возможных ситуаций не только на объекте, но и на рабочих местах.

Библиография

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2022 году». – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2023.
2. Енин Д.В. Чрезвычайные ситуации и их динамика в Российской Федерации // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация, № 1, 2019. – С. 56-59.
3. Григорьев В.Н., Сюрсин В.А., Дуганов В.А. и др. Подготовка научно-обоснованных предложений по формированию проекта концепции комплексной системы кадрового обеспечения в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их предупреждения и ликвидации на период до 2030 года (отчет о НИР). – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2023.
4. Новости Росстата. <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/174229>, (дата обращения 17.12.2023).
5. Сулейманов А.А., Рустамий Ж.Р., Акрамов Ж.Г. Теоретические и практические проблемы обеспечения безопасности в нефтегазовой отрасли // Наука, техника и образование, № 10, 2017. – С. 24-27.
6. Ларин С.Н., Хрусталева О.Е., Стебеньева Т.В. Системный анализ угроз экономической безопасности России в условиях действия секторальных и финансовых санкций на примере нефтегазового комплекса // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, № 3, 2017. – С. 767-780.

7. Кравцов А.С., Седельникова В.А., Чижов К.А. и др. Подходы к обеспечению безопасности на нефтегазовых предприятиях // Московский экономический журнал, №9, 2021. – С. 697-704.

8. Дурнев Р.А., Жданенко И.В. Алгоритмы нечёткого вывода для выбора рациональной технологии спасения. М.: Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 4, 2022.

9. Буренок В.М. Новая парадигма силового противостояния государств на основе применения искусственного интеллекта // Вооружение и экономика, № 2, 2020.

10. А. Пегат. Нечеткое моделирование и управление. – М., Бином, 2011.

11. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб: БХВ-Петербург, 2005.

12. Борисов А.Н. и др. Принятие решений на основе нечетких моделей. – Рига, 1990.

PREVENTION OF EMERGENCIES AT OIL AND GAS INDUSTRY FACILITIES (USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS AN EXAMPLE)

Sviridok R.V.¹, Grigoriev V.N.²

¹National Crisis Management Center of the Ministry of Emergency Situations of Russia

²All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of EMERCOM of Russia (Federal Center of Science and High Technologies)

Abstract

The article presents the results of the research substantiating the necessity of transition from automated safety systems to automated systems with elements of artificial intelligence, through the application of fuzzy set theory in the development of rational proposals for making management decisions to localize and eliminate accidents (emergencies) arising at the facilities of the oil and gas industry.

Keywords

Accidents, emergencies, safety, oil and gas industry facilities, automation, artificial intelligence, management decision-making.