УДК: 004.94

АЛГОРИТМ И ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТАКТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В ЦЕЛЯХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Р.А. Дурнев, А.С. Гусева (Москва)

Важнейшей частью разработки вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) является моделирование применения ВВСТ на тактическом уровне. На данном уровне, как представляется, заключено многообразие всех возможных факторов боевой обстановки, условий применения оружия, индивидуальных действий военнослужащих. При этом, в научном плане особый интерес представляет вопрос о том, что должно быть положено в основу алгоритмизации процессов современного боя, протекающего в сложных условиях. Особенностями этих условий является, прежде всего, наличие огромного количества факторов различной природы, подлежащих учету - от конкретного физиологического состояния бойца до погрешности в передаче разведывательной информации, от наличия боекомплекта у каждого военнослужащего в тактическом подразделении - до метеорологических параметров атмосферы в районе расположения противника и т.п. [1,2]. Помимо размерности такой задачи, особую проблему составляют и другие нюансы, например, точность получаемой отдельными военнослужащими, в том числе командирами, информации о всех рассматриваемых факторах. Ну и, наконец, значительную проблему в автоматизации (в частности, для выработки рациональных тактических действий) представляет неопределенность информации, зачастую связанная с еѐ качественным характером.

Представляется, что наиболее пригодным для решения рассматриваемой задачи являются различные экспертные системы знаний, основанные на теории нечетких множеств (ТНМ) [3]. 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 тактических действий необходимо разработать систему нечеткого вывода (СНВ). Информацию, которая подается на вход СНВ, составляют значения некоторых входных переменных. Это может быть поступающая бойцу информация из всех возможных источников – от старшего начальника в виде полной постановки боевой задачи или отдельных конкретных указаний в ходе боя, личного состава своего подразделения (соседей справа-слева), приборов ночного видения, прицельных приспособлений, органов чувств самого военнослужащего, приборов разведки, оптико-электронных систем БПЛА и робототехнических средств и др. Выходной информацией для СНВ будут являться рациональные варианты тактических действий – по выбору цели, перемещению на поле боя, занятию рубежей обороны, выбору стрелкового и другого оружия и многое другое.

Для построения алгоритмов нечеткого вывода, которые могут быть положены в основу экспертных систем для выработки рациональных тактических действий, в докладе рассматривается условная тактическая ситуация следующего характера:

− из укрепленной огневой позиции (УОП) в направлении двух бойцов осуществляется огневое воздействие с использованием крупнокалиберного автоматического оружия (пулемета);

− этим бойцам поставлена задача подавить УОП путем приближения к ней и поражения с использованием гранат;

– справа от позиции бойцов располагается многоэтажное здание, на верхних уровнях которого вероятно нахождение снайпера (некоторое время назад были слышны одиночные выстрелы);

– с фронтальной стороны здания есть полоса достаточно редкой растительности, с тыльной – густая (по всей видимости) лесополоса;

– в лесополосе находится несколько бойцов, принадлежность которых не выяснена;

– над лесополосой осуществляет полет разведывательный квадрокоптер, информация с оптико-электронного устройства (ОЭУ) которого передается двум бойцам. Разрешение видеоизображение невысокого качества и не позволяет достоверно определить цвет полосы на руке и ноге бойцов в лесополосе;

– необходимо выбрать 1-ый или 2-ой маршруты выдвижения к УОП.

Рассмотренное крайне неопределенное описание тактической ситуации можно формализовать с помощью системы нечеткого вывода, который выполнялся с использованием приложения FuzzyLogicDesigner [2, 3] в программном продукте MATLABR2022a.

Вид окон формирования системы нечеткого вывода и выходной нечеткой переменной («выбор действий») показан на рисунке 1, входных нечетких переменных («пауза в ведении огня из УОП», «отсутствие огня» (со стороны снайпера), «частота выстрелов по тылу», «отсутствие противника» (в лесополосе), далее соответственно «пауза УОП», «отсутствие снайпера», «частота тыл» и «отсутствие противника») - на рисунке 2.

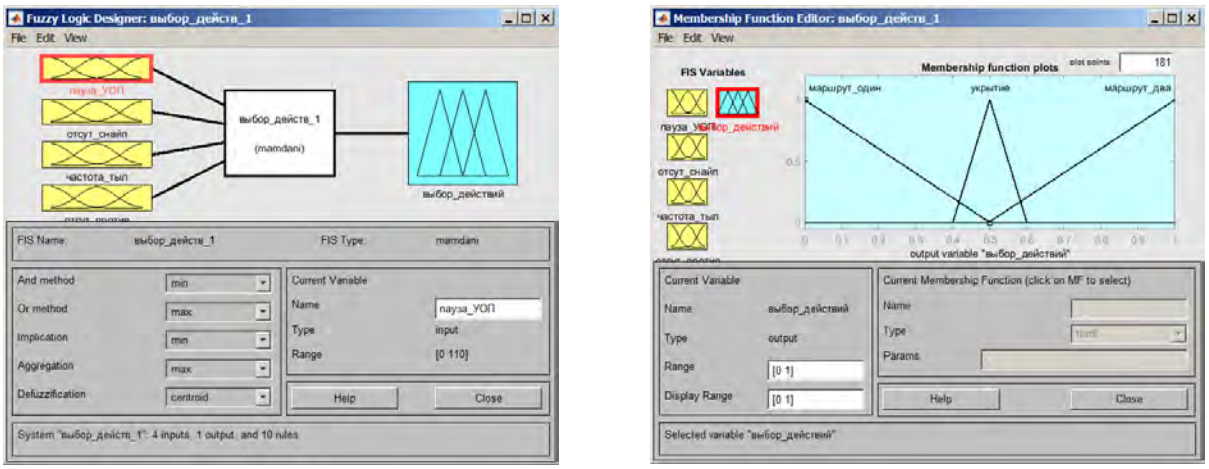


Рис.1 – Вид окон формирования системы нечеткого вывода и выходной нечеткой переменной

В качестве термов выходной нечеткой переменной выбраны «маршрут один», «маршрут два» и «укрытие» с областями определения соответственно [0; 0,5], [0,5; 1] и [0,4; 0,6].

Правила нечеткого вывода формировались двумя способами – так, как приведено в статье [1], и объединением отдельных правил, относящихся к одному из термов выходной нечеткой переменной («маршрут один», «маршрут два» и «укрытие»), с помощью конъюнкции (логического «И») или отрицания (логического «НЕ»), типа:

ЕСЛИ "пауза УОП"="средняя" И "отсутствие снайпера"="длительное"ТО "выбор действий"="маршрут один"

или

ЕСЛИ "пауза УОП"= НЕ "средняя" И "отсутствие снайпера"= НЕ "длительное" И «частота тыл»=НЕ «низкая» И «отсутствие противника»= «неочевидное» ТО "выбор действий"="укрытие".

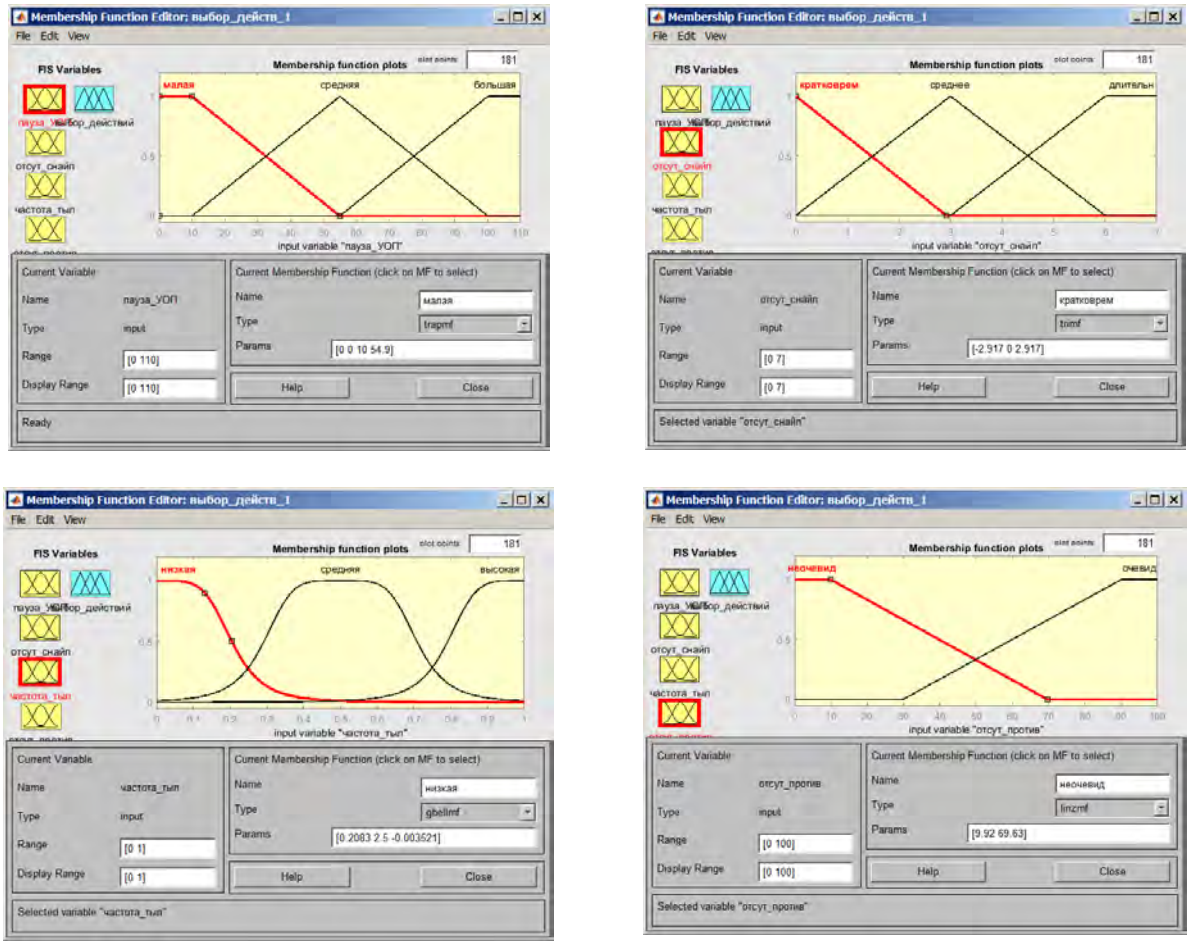


Рис.2 – Вид окон формирования входных нечетких переменных

Окна формирования системы правил показаны на рисунке 3.

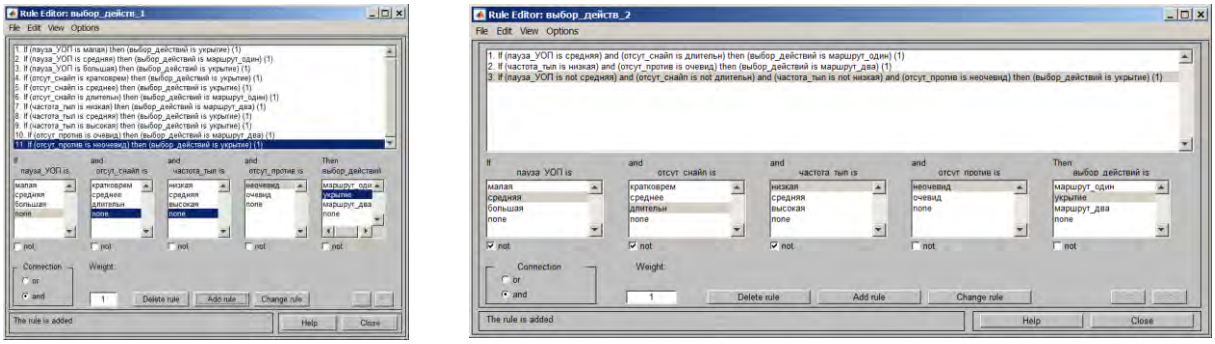


Рис. 3 – Вид окон формирования системы отдельных (слева) и объединенных (справа) правил

На рисунке 4 показаны окна результатов нечеткого вывода применительно к отдельным и объединенным правилам при одинаковых входных нечетких переменных.

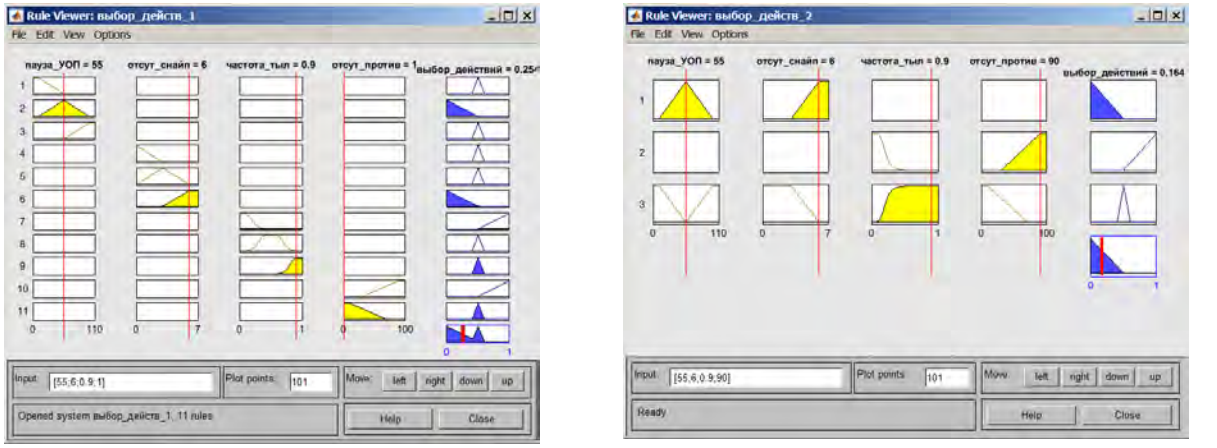


Рис. 4 – Вид окон результатов нечеткого вывода применительно к отдельным (слева) и объединенным (справа) правилам

Значения выходной нечеткой переменной «выбор действий» при конкретных значениях входных нечетких переменных отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения выходной нечеткой переменной при конкретных значениях входных переменных

Входные нечеткие переменные				Выходная нечеткая переменная
«пауза УОП»	«отсутствие снайпера»	«частота тыл»	«отсутствие противника»	«Выбор действий»
для отдельных правил				
55	6,00	0,9	1	0,254 (маршрут один)
0	0,75	0,5	1	0,514 (укрытие)
2	1,00	0,1	90	0,746 (маршрут два)
для объединенных правил				
55	6,00	0,9	90	0,164 (маршрут один)
5	1,00	0,5	10	0,500 (укрытие)
5	1,00	0,1	95	0,835 (маршрут два)

Примечание: термы переменной «выбор действий» определялись с учетом вышеприведенных областей определения.

В используемом программном продукте существует возможность визуализации кривой или поверхности результатов нечѐткого вывода. Для кривой выводится зависимость выходной переменной от одной из входных переменных (рис. 5). При этом значения оставшихся трех переменных фиксируются на определенном уровне.

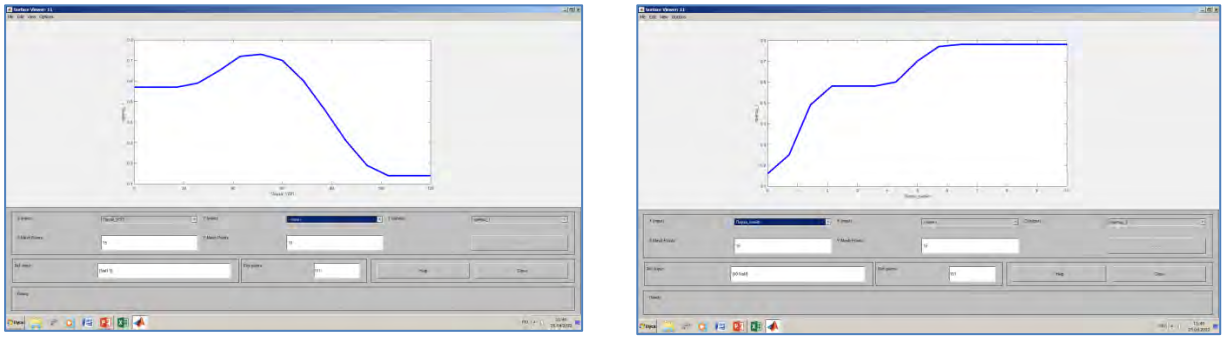
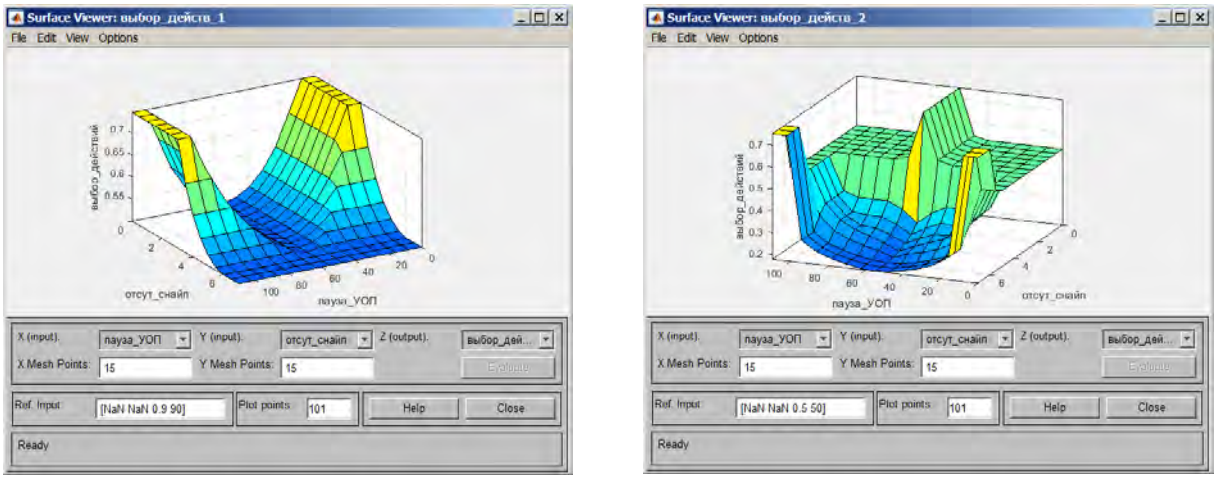


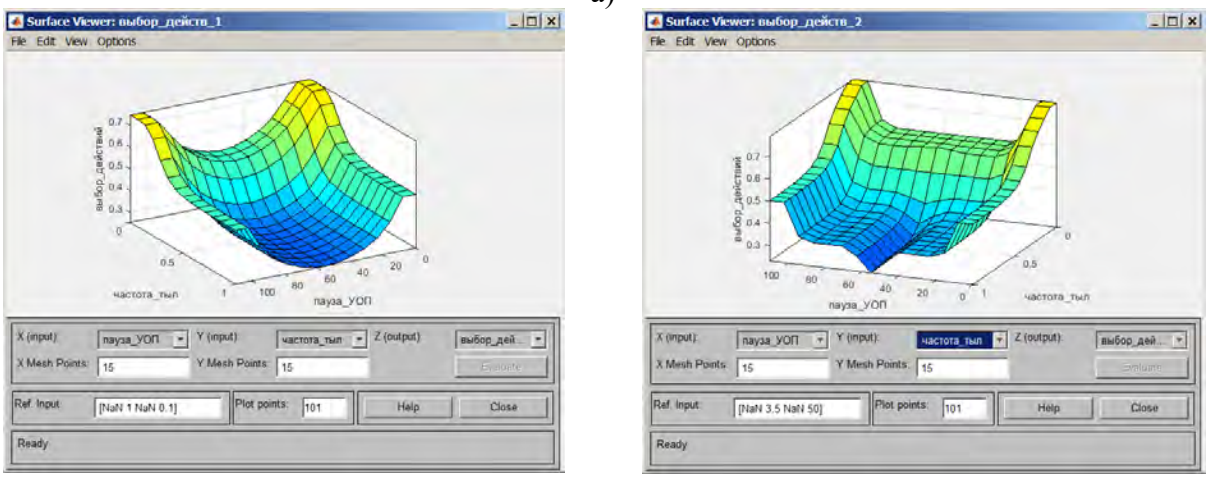
Рис. 5 – Вид окон визуализации кривой результатов нечѐткого вывода (зависимость «маршрут один» от «пауза УОП» (слева) и «отсутствие снайпера» (справа))

Для поверхности выводится зависимость выходной переменной (по вертикальной оси) от двух входных переменных (по горизонтальным осям) при фиксации оставшихся двух переменных. На рисунках 6 и 7 в левой колонке показаны такие поверхности для отдельных правил, в правой – для объединенных правил.

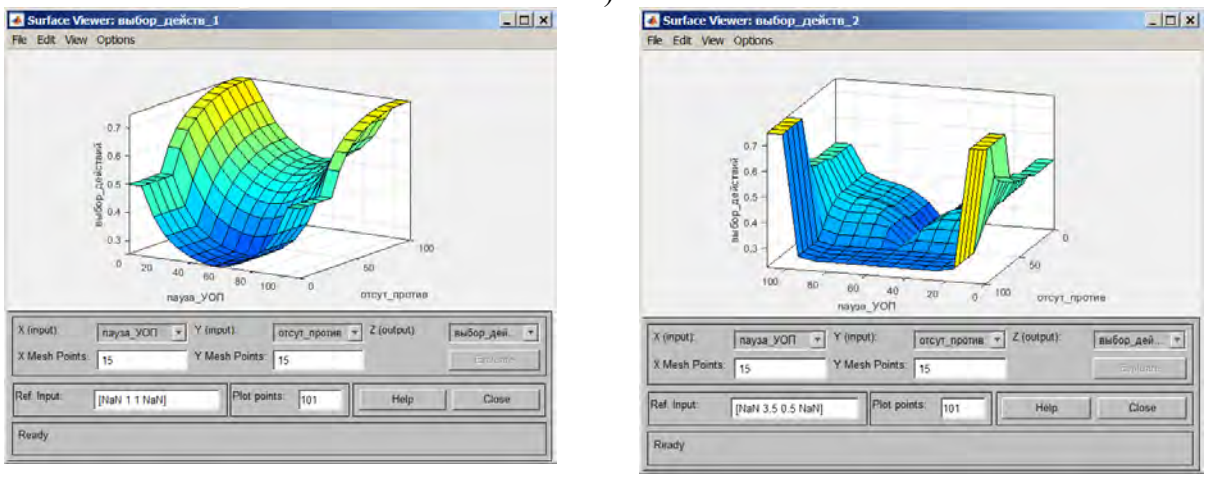
В связи с тем, что такие составляющие нечеткого вывода, как функции принадлежности и импликации (правила) определялись экспертным путем, высоких требований к точности результатов предъявлять не целесообразно. В случае экспертных систем результатом будут являться данные для сравнения различных вариантов тактических действий и выбора с учетом формализованного опыта военнослужащих, участвовавших в боевых действиях, наиболее рационального варианта с учетом конкретных значений факторов обстановки на поле боя.



а)

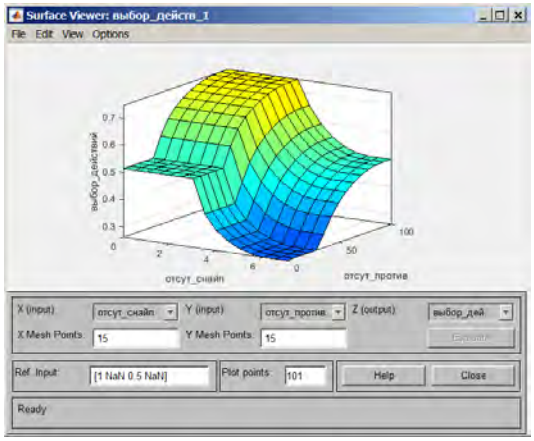


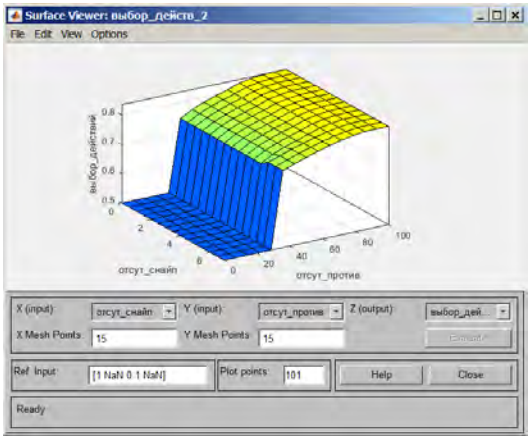
б)



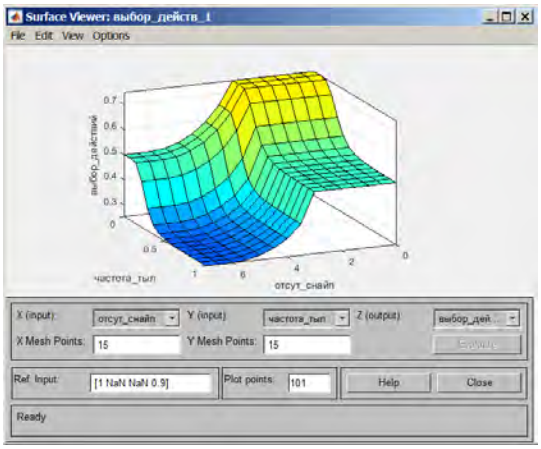
в)

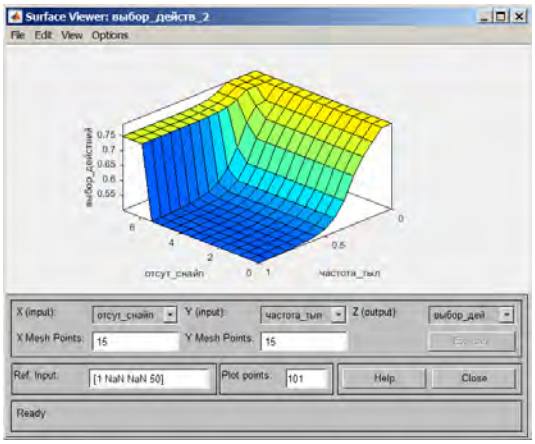
Рис. 6 – Поверхности, отражающие зависимости «выбор действий» от «пауза УОП - отсутствие снайпера» (а), «пауза УОП - частота тыл» (б) и «пауза УОП - отсутствие противника» (в)



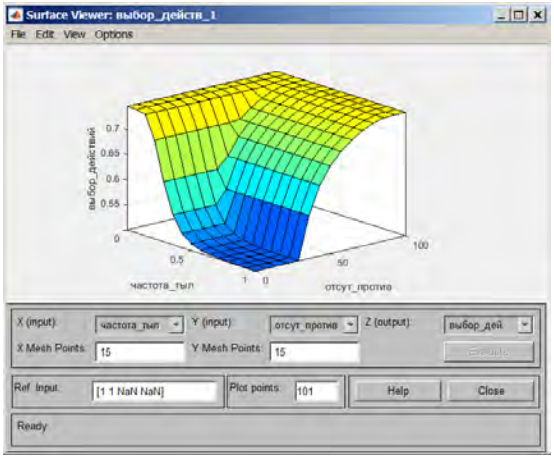


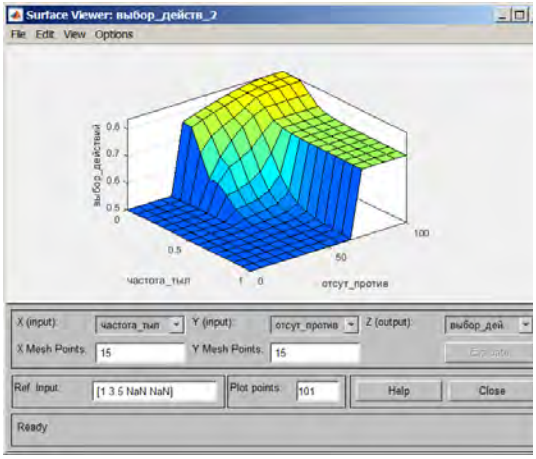
г)





д)





е)

Рис. 7 – Поверхности, отражающие зависимости «выбор действий» от «отсутствие снайпера - отсутствие противника» (г), «отсутствие снайпера – частота тыл» (д) и «частота тыл - отсутствие противника» (е)

На рисунках 6 и 7 цветами обозначены термы:

- темно-синий цвет – маршрут один;
- голубой-бирюзовый – укрытие;
- салатовый-желтый – маршрут два.

Визуальный анализ рисунков 6 и 7 позволяет сделать предварительный вывод о том, что поверхности для объединенных правил, по всей видимости, более адекватны мнениям специалистов. Но, в то же время, их характеризует «скачкообразность»

изменения формы поверхности при незначительных изменениях значений входных переменных. Недостатком является и наличие «седловых» точек, многоэкстремальность поверхности, не всегда поддающаяся разумной интерпретации. Для отдельных правил поверхность более гладкая, монотонная, более плавно «аппроксимирует» мнения экспертов, зачастую не столь категоричных в выводах о рациональных вариантах тактических действий.

В будущем для того, чтобы добиться адекватных результатов вывода необходимо привести в более полное соответствие результатов экспертной системы с мнением бойцов, имеющих значительный опыт ведения боевых действий. Для этого потребуется либо дополнительный их опрос, либо использование искусственных нейронных сетей в рамках гибридных моделей [4], позволяющих перенастраивать параметры функций принадлежности, веса правил и т.п.

Представленные алгоритмы могут быть положены в основу экспертных систем для выработки рациональных тактических действий по применению разрабатываемых образцов ВВСТ. С использованием нечѐтких процессоров, которые могут быть связаны с различными источниками информации (датчиками на БПЛА, приборами разведки, радиостанциями, геоинформационными системами, устройствами сканирования мозговой активности военнослужащих и т.п.), поступающая информация беспрерывно перерабатывается и в каждый момент времени выдаются данные, позволяющие выбрать рациональные варианты тактических действий. Применительно к рассматриваемому примеру это могут быть степени пригодности 1-го и 2-го маршрутов, а также вариант, предусматривающий нахождение бойца в исходном укрытии. Изменение этих величин будет происходить во времени с учетом поступающей противоречивой, неопределенной, зачастую качественной информации.

Задание правил применительно к различным тактическим ситуациям необходимо осуществлять с использованием знаний, опыта и интуиции военнослужащих, имеющих опыт участия в боевых действиях на тактическом уровне. Именно эта информация и будет составлять основу соответствующей базы знаний СНВ. При этом очевидно, что вариантов обстановки на поле боя 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 тактических решений, сформированных с учетом баз знаний экспертов. При необходимости в СНВ могут использоваться и традиционные методы обоснования мероприятий, количественные модели операций, функционирования систем вооружения, расчетные задачи и многое другое, широко использующееся в практике принятия решений.

Построение такой базы знаний должно иметь иерархический характер. Верхние уровни иерархии боевых ситуаций должны составлять те из них, описание которых имеет самый общий характер в связи с неопределенностью информации. По мере поступления разведывательных и иных данных возможен переход на более низкие уровни с детальным описанием возможных ситуаций на поле боя. Представляется, что указанные системы в настоящем и будущем могут быть реализованы различным образом – и на традиционных сегодня «планшетах», и на экранах шлем-масок боевой экипировки и даже с использованием компактных сканирующих устройств в касках

военнослужащих, позволяющих сопрягать мыслительные процессы с внешними информационными потоками.

Выводы

Использование рассмотренных экспертных систем выработки рациональных тактических действий позволит значительно повысить оперативность и обоснованность принятия решений по применению ВВСТ, а значит – увеличить ущерб и потери противника, снизив их для своих сил и средств.

Литература

1. **Дурнев Р.А., Свиридок Е.В., Маркелов Е.Б.** Выработка рациональных тактических действий: методический подход к алгоритмизации. Сборник докладов научно-технической конференции «Научно-технические проблемы развития ракетно-артиллерийского вооружения Воздушно-десантных войск и пути их решения». Москва, 3 ЦНИИ Минобороны России, 2022.
2. **Леоненков А.В.** Нечѐткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. С. 736.
3. **Штовба С.Д.** Проектирование нечѐтких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия. Телеком, 2007. С. 288.
4. **А. Пегат.** Нечеткое моделирование и управление. М., Изд. Бином, 2011. С. 801.