

УДК 355/359

Р.А. ДУРНЕВ, доктор технических наук,
доцент

П.А. ДУЛЬНЕВ, доктор военных наук,
профессор

Е.В. СВИРИДОК, кандидат технических
наук

ВЫРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ ТАКТИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ: МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АЛГОРИТМИЗАЦИИ

Предлагается подход к использованию алгоритмов для выработки рациональных тактических действий. Основу данного подхода должны составлять алгоритмы нечеткого вывода, предназначенные для выбора указанных действий в зависимости от ситуации на поле боя. Кроме того, необходимо применять искусственные нейросети, позволяющие осуществлять поиск в банке данных таких ситуаций, которые наиболее близки к реальным.

Ключевые слова: тактические действия; поле боя; автоматизация; алгоритм; неопределенность; теория нечетких множеств; нечеткий вывод; искусственные нейросети.

Важнейшей составной частью автоматизированной системы управления в военной области является подсистема тактического уровня. Именно там, как представляется, заключено многообразие всех возможных факторов боевой обстановки, условий применения оружия, индивидуальных действий военнослужащих (чем-то сродни огромному разнообразию эффектов и закономерностей на молекулярно-атомарном уровне вещества, что привело к выделению из физики и самостоятельному развитию науки химии). Создание и совершенствование указанной подсистемы осуществляется по таким направлениям, как передача-прием командно-сигнальной и навигационной информации, текстовых сообщений, целеуказание, работа с цифровой картой местности, сбор данных обстановки, обеспечение взаимодействия ВВСТ со средствами автоматизации подразделений различных уровней, средствами управления отдельных военнослужащих, реконфигурация системы и ее элементов под текущую обстановку на поле боя и т.п.

При этом в научном плане особый интерес представляет вопрос – а что может быть положено в основу алгоритмизации процессов принятия решений в сложных условиях современного боя?

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.

Помимо размерности такой задачи, особую проблему составляют и другие нюансы, например, точность получаемой отдельными военнослужащими, в том числе командирами, информации о всех рассматриваемых факторах. Представляется, что наиболее адекватным из того, чем владеет современная наука для

описания изменений указанных факторов во времени, является аппарат дифференциальных уравнений в частных производных. Однако при этом многие из этих уравнений оказываются, как показывает практика, очень чувствительными к точности исходных данных и даже пустяковое, с обыденной точки зрения, округление до третьего-четвертого знака после запятой оборачиваются неадекватной оценкой возможной обстановки. Наиболее ярким примером здесь может служить проблема прогнозирования погоды, когда значительные увеличения вычислительных мощностей и количества станций наблюдения не позволяют также существенно повысить точность прогноза. Более того, теории катастроф, хаоса и другие говорят о том, что прогнозирование поведения нелинейных систем с большим числом степеней свободы (что вполне относится к современному бою) на длительный период в принципе невозможно. Ну и, наконец, предельная точность любых вычислений связана со знаменитым принципом неопределенности Гейзенберга – на квантово-механическом уровне уже что-то определенное одновременно о всех рассматриваемых факторах сказать, увы, не получится. Поэтому вполне справедливо отмечается в [1] то, что при построении формальных моделей чаще всего пользуются детерминированными методами и тем самым вносят определенность в те ситуации, где ее в действительности не существует. И чем сложнее система, тем менее мы способны дать точные и в то же время имеющие практическое значение суждения о ее поведении.

Ну и, наконец, значительную проблему в автоматизации (в частности, для выработки рациональных тактических действий) представляет неопределенность информации, зачастую связанная с её качественным характером. Возможные виды неопределенности, влияющие на рассматриваемые процессы автоматизации, показаны на рисунке 1 [2].



Рисунок 1 – Виды неопределенности, подлежащие учету при автоматизации

Такая составляющая неопределенности, как неизвестность, связана с отсутствием исходных данных на начальном этапе решения, например, до получения текущих данных разведки.

Недостоверность определяется тем, что собрана не вся возможная или необходимая информация, есть только приближенные описания элементов или ряд элементов задачи описан по аналогии с ранее решенными (по опыту предыдущего боя, военного конфликта, прошлой войны и т.п.).

Неоднозначность характеризуется тем, что вся возможная информация собрана, но полностью определенное описание не получено или не может быть получено. При этом такая её составляющая, как физическая неопределенность, связана с наличием в окружающей среде нескольких возможностей, которые случайным образом становятся действительностью (стохастические факторы) или неточностью измерений (погрешностью), выполняемых физическими приборами (например, приборами радиационной и химической разведки).

Лингвистическая неопределенность основана на необходимости оперирования конечным числом слов и структур фраз (поступающих по радиосвязи, системе электронного документооборота, устно от командира) для описания за конечное время бесконечно сложного мира.

Омонимия связана с наличием одинаково пишущихся и звучащих слов с разной семантикой (коса – песчаная, инструмент для покоса, вид прически; автомат – вид автоматического устройства в системе управления производством или обиходное обозначение автоматического оружия).

Нечеткость определяется тем, что качественным значениям слов нередко придают различное количественное содержание. Например, небольшой запас горючего – это 100 литров или одна тонна?

Прагматическая неопределенность хорошо знакома тем, кто пытался дать определение какому-либо новому понятию, т.е. определенно описать его с помощью уже известных, но также не вполне «определенных» определений (например, понятия «знание», «материя» и др.).

И, наконец, семантическая неопределенность значений фраз связана с богатством любого языка, возможностью фигурально выражаться, приводить метафоры, неточные фразы для более точного описания действительности, выражать свои эмоции («голубые зеленые мысли яростно спят», «глокая куздра штеко будла нула бокра и кудрячит бокренка», а также различные элементы профессионализмов, жаргонизмов, ненормативной лексики, которые зачастую сопровождают устную информацию в ситуациях наивысшего эмоционального напряжения в ходе ведения современного боя).

Представляется, что наиболее пригодным для алгоритмизации процессов принятия решений в сложных условиях современного боя являются экспертные системы знаний, основанные на теории нечетких множеств (ТНМ). 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 [1]. В общем виде нечётким множеством A , определенным на области X , является множество пар:

$$A = \{(\mu_A(x), x)\}, \forall x \in X, \quad (1)$$

где для каждого элемента $x \in X$ степень μ_A его принадлежности множеству A задается с помощью функции принадлежности $\mu_A(x)$, равной

$$\mu_A(x) \in [0,1] \text{ или } \mu_A: X \rightarrow [0,1]. \quad (2)$$

При этом μ_A , соответствующие какому-то числу от 0 до 1, характеризуют степень экспертной уверенности о том, что элемент x принадлежит множеству A .

Нечеткая переменная определяется как кортеж – $\langle \alpha, X, A \rangle$, где α – это название нечёткой переменной.

Лингвистическая переменная также определяется как кортеж [3] – $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где β – название лингвистической переменной, T – множество значений (термов), каждое из которых представляет собой наименование нечеткой переменной, G – синтаксические процедуры, позволяющие генерировать из множества T новых, осмысленных в рассматриваемом контексте значений для данной лингвистической переменной (например, генерировать значение «очень высокая скорость» от значения «высокая скорость»).

M – семантическая процедура, которая позволяет поставить в соответствие каждому новому значению лингвистической переменной, получаемому с помощью процедуры G , осмысленное содержание посредством формирования соответствующего нечеткого множества. Например, при наличии нескольких условий, связанных логическим оператором «И» (пересечение (\cap), логическое произведение нечетких множеств), типа

(условие 1) И (условие 2),

в рамках процедуры M используется оператор произведения (PROD) [4]:

$$\mu_{y_1 \cap y_2}(x) = \mu_{y_1}(x) \cdot \mu_{y_2}(x), \quad (3)$$

где $\mu_{y_1}(x)$ – функции принадлежности нечеткого множества первого условия; $\mu_{y_2}(x)$ – функции принадлежности нечеткого множества второго условия.

При наличии нескольких условий, связанных логическим оператором «ИЛИ» (объединение (\cup), логическая сумма нечётких множеств), типа

(условие 1) ИЛИ (условие 2),

используется оператор максимума (MAX) [4]:

$$\mu_{y_1 \cup y_2}(x) = \max(\mu_{y_1}(x), \mu_{y_2}(x)). \quad (4)$$

В качестве примера сказанному можно рассмотреть такую лингвистическую переменную, как «пауза в ведении огня из укрепленной огневой позиции» с термами (нечеткими переменными) «малая», «средняя», «большая» и функциями принадлежности, показанными на рисунке 2.

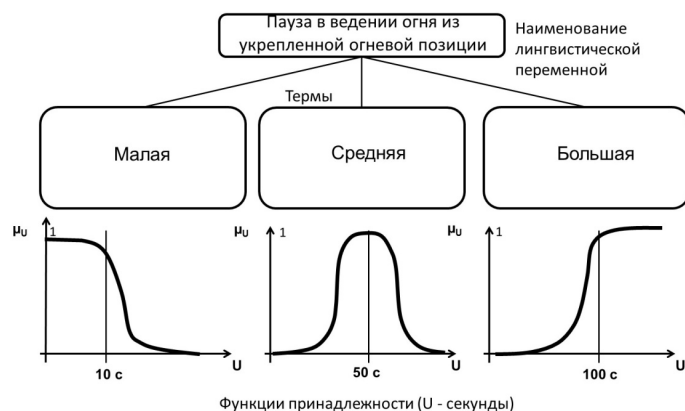


Рисунок 2 – Некоторые составляющие понятия «лингвистическая переменная»

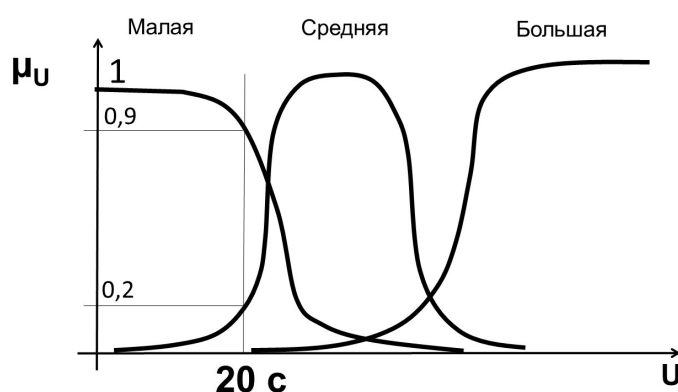


Рисунок 3 – Значения функции принадлежности нечетких переменных «малая» и «средняя» лингвистической переменной «пауза в ведении огня из укрепленной огневой позиции» при конкретном значении (20 с)

Если все функции принадлежности рассматриваемой лингвистической переменной расположить на одном графике и задать конкретное значение «паузы в ведении огня из укрепленной огневой позиции», равной 20 секундам, то видно (рисунок 3), что это значение скорее принадлежит нечёткой переменной «малая», чем «средняя» ($0,9 > 0,2$).

Теоретические и прикладные аспекты применения теории нечетких множеств изложены в многочисленных работах [1-5] и поэтому подробно рассматриваться не будут, за исключением самых общих основ, необходимых для последующего изложения специфики аппарата применительно к решаемой задаче.

Так, с учетом положений теории нечётких множеств 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.

Сама СНВ будет позволять преобразовать входную информацию в выходную на основе использования нечетких правил (логических импликаций) вида

ЕСЛИ (условие или антецедент) ТО (следствие или консеквент),

или

ЕСЛИ ($x = A$) ТО ($y = B$).

Здесь A и B – нечёткие множества, заданные своими функциями принадлежности $\mu_A(x)$, $\mu_B(x)$ и областями определения X и Y соответственно.

Нечёткая импликация (вид нечёткого отношения) задается функцией принадлежности $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$, область определения которой является декартовым произведением $X \times Y$ соответствующих областей условия и заключения [4]. В общем случае функция принадлежности нечёткого отношения представляет собой гиперповерхность в $(n + 1)$ -мерном пространстве, где n – количество условий и заключений.

Для построения алгоритмов нечеткого вывода, которые могут быть положены в основу экспертных систем для выработки рациональных тактических действий, на рисунке 4 приведена схема условной тактической ситуации, которая может сложиться в ходе боя¹.

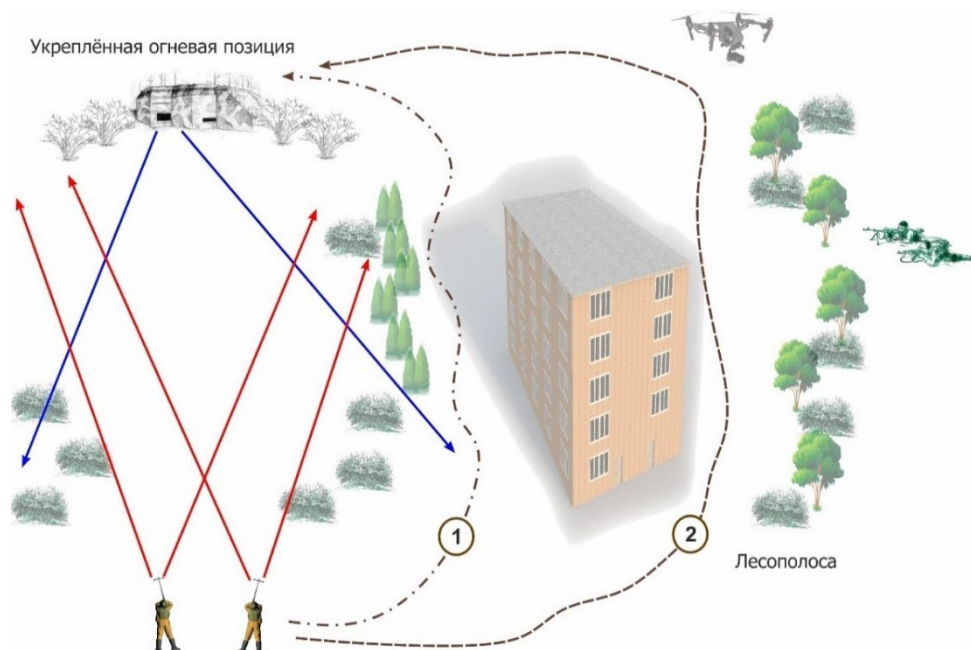


Рисунок 4 – Схема условной тактической ситуации, сложившейся в ходе боя

¹ Учебник сержанта мотострелковых войск. М.: Воениздат, 2003. – 446 с.; Макаров А.П., Мойсеенко Н.П., Литвиненко В.И. Тактика: батальон, рота, взвод, отделение: учеб. пособие / Под общ. ред. П.А. Дульнева. М.: Кнорус, 2019. – 678 с.

Данная ситуация характеризуется следующими не вполне определенными параметрами:

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, при этом разрешение видеоизображения невысокого качества и не позволяет достоверно определить цвет полосы на руке и ноге бойцов в лесополосе;

необходимо выбрать 1-й или 2-й маршруты выдвижения к УОП.

Использование 1-го маршрута характеризуется следующими рисками:

– полосу растительности составляют достаточно редкие деревья, начальный этап передвижения попадает в сектор обстрела УОП;

– возможен прицельный огонь с верхних уровней многоэтажного здания на протяжении практически всего маршрута.

Для 2-го маршрута характерны следующие риски:

– возможен прицельный огонь с верхних уровней многоэтажного здания на протяжении некоторой части маршрута;

– не исключается огневое воздействие со стороны бойцов, находящихся в лесополосе. При этом исходя из предыдущего этапа развития боевой обстановки есть некоторая уверенность в том, что это бойцы соседнего подразделения.

Очевидно, что описание данной тактической ситуации содержит практически весь ранее указанный набор неопределенностей:

отсутствуют исходные данные об обстановке на поле боя в целом (непонятно, например, где располагаются соседи);

ряд элементов описан приближенно (насколько густая лесополоса?);

невозможно достоверно определить цвет полосы на руке или ноге военнослужащих в лесополосе в связи с погрешностью изображения, поступающего от ОЭУ квадрокоптера;

по информации, поступившей ранее устно от командира, в УОП скорее всего небольшой боекомплект и т.п.

Исходя из опыта бойцов, их осведомленности о сложившейся тактической ситуации возможно определить следующие критерии выбора маршрутов:

для 1-го – возникла пауза в ведении огня из УОП, связанной с полным исчерпанием боекомплекта или перезаряданием крупнокалиберного автоматического оружия, а также длительное отсутствие прицельного огня с верхних уровней многоэтажного здания во фронтальную сторону;

для 2-го – прицельный огонь с верхних уровней многоэтажного здания ведется в основном во фронтальную сторону, а также отсутствие противника в лесополосе.

Рассмотренное крайне неопределенное описание тактической ситуации можно формализовать с помощью системы нечеткого вывода. Далее будут описываться основные этапы использования СНВ [2-5] 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 тактической ситуации. Каждое из правил имеет вид:

Правило n :
ЕСЛИ условие n
ТО заключение n (F_n – вес правила).

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

Для выбора 1-го маршрута в соответствии с вышеприведенным критерием возможно записать такое правило:

Правило i :
ЕСЛИ «пауза в ведении огня из УОП» = «малая»
ТО «пригодность 1-го маршрута» = «средняя».

Данное правило отражает суждение эксперта о том, что любая подобная пауза может быть связана с необходимостью перезарядания оружия или исчерпанием боекомплекта. Но окончательной уверенности в том, что нужно немедленно передвигаться по 1-му маршруту, пока нет (иначе заключение «пригодность 1-го маршрута» приняло значение «высокая»), т.к. действительная причина паузы неизвестна (например, небольшой отдых стрелка-пулеметчика).

В этом правиле участвует входная и выходная нечеткие переменные, функции принадлежности которых могут быть представлены с незначительной потерей точности в «линейно-кусочном» образе [5], в виде треугольных или трапецеидальных функций (рисунок 5).

Выходная переменная «пригодность 1-го маршрута» принимает значения (степень экспертной уверенности) от 0 (абсолютно непригоден) до 1 (абсолютно пригоден).

Еще одним правилом (в соответствии с критерием) для выбора может быть следующее:

Правило j:

ЕСЛИ «отсутствие огня» = «длительное»

ТО «пригодность 1-го маршрута» = «высокая»».

Нечёткая переменная «Отсутствие огня» отражает длительность отсутствия прицельного огня с верхних уровней многоэтажного здания во фронтальную сторону и может быть представлена функцией принадлежности на рисунке 6.

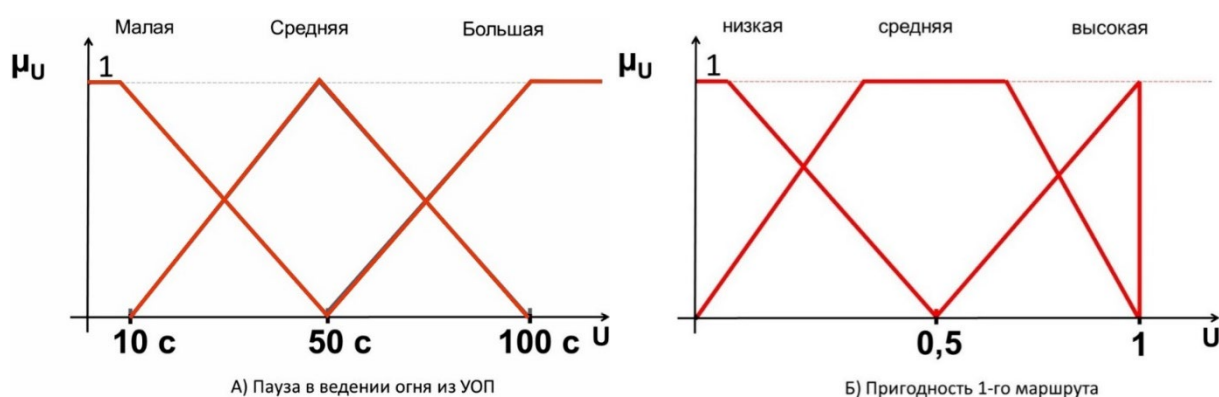


Рисунок 5 – Функции принадлежности входной (А) и выходной (Б) нечётких переменных

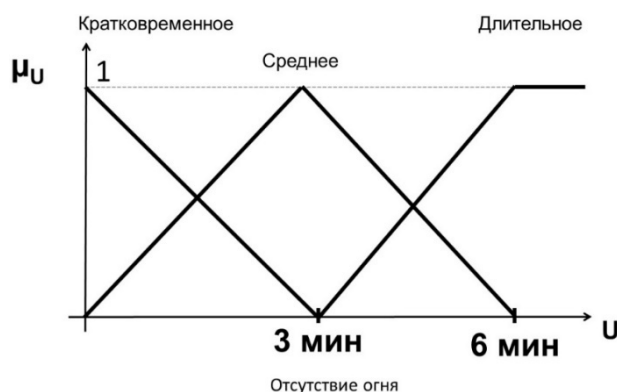


Рисунок 6 – Функция принадлежности нечёткой переменной «Отсутствие огня»

Группа правил применительно к 1-му маршруту может выглядеть следующим образом:

Правило 1:

ЕСЛИ «пауза в ведении огня из УОП» = «малая»

ТО «пригодность 1-го маршрута» = «средняя»».

Правило 2:

ЕСЛИ «пауза в ведении огня из УОП» = «средняя»

ТО «пригодность 1-го маршрута» = «высокая».

Правило 3:

ЕСЛИ «пауза в ведении огня из УОП» = «большая»

ТО «пригодность 1-го маршрута» = «низкая».

Правило 4:

ЕСЛИ «отсутствие огня» = «кратковременное»

ТО «пригодность 1-го маршрута» = «низкая».

Правило 5:

ЕСЛИ «отсутствие огня» = «среднее»

ТО «пригодность 1-го маршрута» = «средняя».

Правило 6:

ЕСЛИ «отсутствие огня» = «длительное»

ТО «пригодность 1-го маршрута» = «высокая».

В правиле 3 отражаются опасения эксперта в том, что большая пауза может свидетельствовать не столько об исчерпании боекомплекта, сколько об окончании процесса перезаряжания.

Для 2-го маршрута в соответствии с вышеприведенным критерием может быть сформулирована следующая группа правил:

Правило 7: ЕСЛИ «направление ведение огня»=«только по фронту»

ТО «пригодность 2-го маршрута»=«высокая».

Правило 8: ЕСЛИ «направление ведение огня»=«по фронту и тылу»

ТО «пригодность 2-го маршрута»=«средняя».

Правило 9: ЕСЛИ «направление ведение огня»=«только по тылу»

ТО «пригодность 2-го маршрута»=«низкая».

Правило 10: ЕСЛИ «отсутствие противника в лесополосе»=«очевидное»

ТО «пригодность 2-го маршрута»=«высокая».

Правило 11: ЕСЛИ «отсутствие противника в лесополосе»=«неочевидное»

ТО «пригодность 2-го маршрута»=«средняя» или «низкая».

Область определения функции принадлежности нечёткой переменной «направление ведения огня» (правила 7-9) может составлять частота (доля) выстрелов по фронту или тылу. Кроме того, для данной функции может использоваться трехточечная форма (т.н. синглтонная [5]).

Правило 11 содержит составное заключение, состоящее из двух термов – «средняя», «низкая». В этом случае, как показано ранее, может использоваться оператор максимума (логическая сумма нечётких множеств).

2 этап – фаззификация

Под фаззификацией понимается установление соответствия между конкретным численным значением входной переменной и значением функции принадлежности соответствующего термина лингвистической переменной. Если, например, принять численное значение такой входной переменной, как «пауза в ведении огня из УОП» равное 20 с, то значения функции принадлежности будут равны 0,3 (для термина «Средняя») и 0,7 (для термина «Малая») (рисунок 7).

После завершения этого этапа для всех входных переменных должны быть определены конкретные значения функции принадлежности по каждому из лингвистических термов, которые используются в условиях базы правил СНВ [2-5].

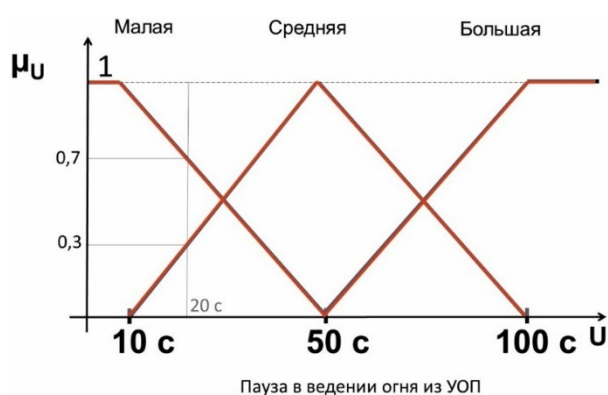


Рисунок 7 – Значения функций принадлежности термов «малая» и «средняя» при значении входной переменной «пауза в ведении огня из УОП», равном 20 с

3 этап – агрегирование условий

В рамках агрегирования определяется степень истинности условий по каждому из правил. Данный этап выполняется тогда, когда условия правил имеют сложный составной вид с использованием логических конъюнкций (И) или дизъюнкций (ИЛИ), например, при объединении условий правил 3 и 4 в виде:

*ЕСЛИ «пауза в ведении огня из УОП» = «большая»
И «отсутствие огня» = «кратковременное»
ТО «пригодность 1-го маршрута» = «низкая».*

4 этап – активизация заключений

При активизации заключений осуществляется определение степени истинности по каждому из заключений правил. Для этого применяются различные методы нечеткой композиции (min-активизация, prod-активизация и др.), приведенные в [1-5]. Этап активизации считается законченным, когда для каждой из выходных лингвистических переменных, входящих в отдельные заключения правил, будут определены функции принадлежности нечетких множеств их значений. Для правила 1:

*ЕСЛИ «пауза в ведении огня из УОП» = «малая»
ТО «пригодность 1-го маршрута» = «средняя».*

Графический вид этой операция применительно к «паузе в ведении огня из УОП», равной 20 с, показан на рисунке 8. Для правила 2 графический вид показан на рисунке 9.

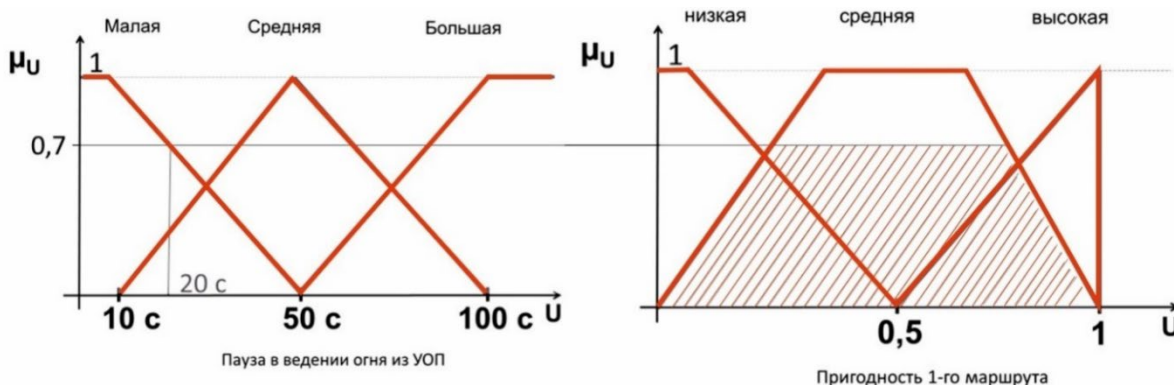


Рисунок 8 – Графический вид активизации заключения правила 1

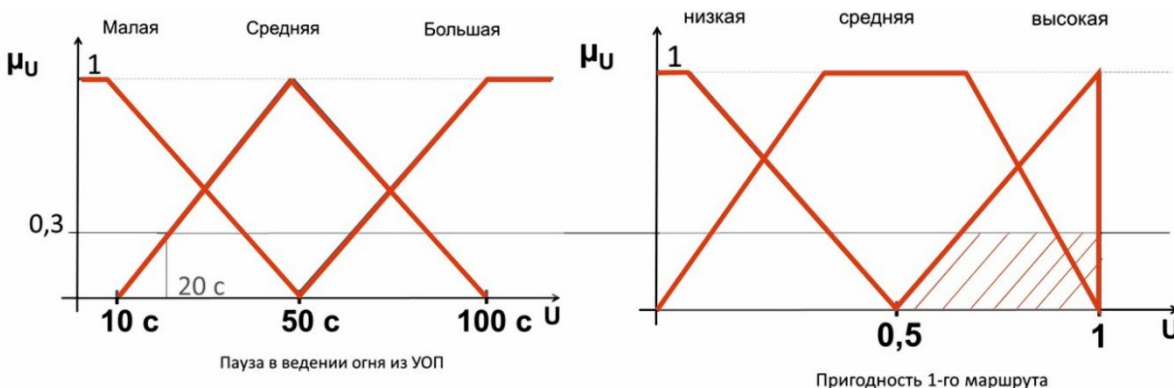


Рисунок 9 – Графический вид активизации заключения правила 2

5 этап – аккумулярование заключений

Аккумулярование заключений представляет собой процедуру нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных. Цель аккумулярования заключается в том, чтобы объединить (аккумуляировать) все степени истинности заключений (принадлежащих различным правилам) для получения функции принадлежности каждой из выходных переменных. Для этого используются операции объединения, алгебраического объединения и др. [1-5].

Графический вид аккумуляции выходной переменной «пригодность 1-го маршрута» для правил 1 и 2 показан на рисунке 10.



Рисунок 10 – Графический вид аккумулярования выходной переменной «пригодность 1-го маршрута» для правил 1 и 2

6 этап – дефаззификация

Под дефаззификацией понимается процедура нахождения обычного (не нечеткого) значения для каждой из выходных лингвистических переменных. Цель дефаззификации заключается в том, чтобы используя результаты аккумуляции всех выходных лингвистических переменных, получить обычное количественное значение каждой из выходных переменных.

Для установления конкретного значения функции принадлежности переменной «пригодность 1-го маршрута» необходимо найти такое u^* , которое наиболее рационально представляло бы это нечёткое множество. Из большого количества методов, позволяющих определить указанное значение (среднего максимума, первого максимума, центра сумм, высот и др. [1-5]), в рассматриваемой СНВ может использоваться метод центра тяжести, обеспечивающий более высокую чувствительность к изменению входных значений. Для этого рассчитывается координата центра тяжести фигуры (трапеции под линией на рисунке 10), как отношение момента трапеции под линией относительно вертикальной оси μ к площади этой фигуры (рисунок 11):

$$u^* = \frac{\int u \cdot \mu_{\text{трап.}}(u) du}{\int \mu_{\text{трап.}}(u) du}, \quad (5)$$

где $\mu_{\text{трап.}}(u)$ – кривая, ограничивающая трапецию на рисунке 10.

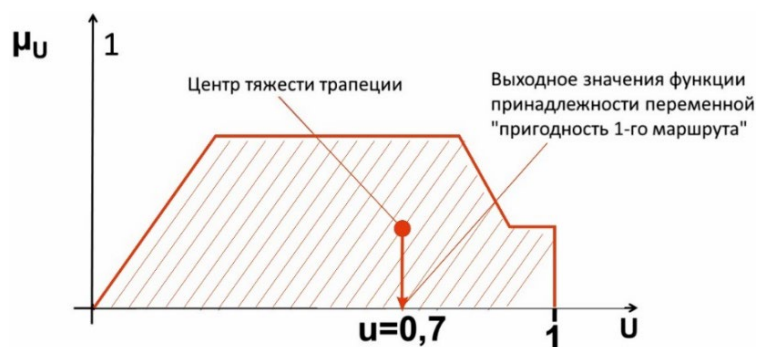


Рисунок 11 – Графический вид дефаззификации выходной переменной «пригодность 1-го маршрута»

В связи со сказанным, при значении входной переменной «пауза в ведении огня из УОП», равном 20 с, степень пригодности 1-го маршрута составляет 0,7 (70%).

Представленные алгоритмы могут быть положены в основу СНВ (в дальнейшем – экспертных систем) для выработки рациональных тактических действий. С использованием нечётких 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 непрерывно 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, бесчисленное) 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 [6-8], 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 используемое 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.

В следующей статье будет показано совместное использование всей системы правил, приведенных в данной статье, и даны предложения по этапам развития экспертных систем для выработки рациональных тактических действий.

Список использованных источников

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. – 165 с.
2. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
3. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином, 2011. – 798 с.
5. Штовба С.Д. Проектирование нечётких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
6. Николенко С.И., Кадурич А.А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
7. Потапов А.С. Искусственный интеллект и универсальное мышление. СПб.: Политехника, 2012. – 711 с.
8. Что мы думаем о машинах, которые думают: Ведущие мировые ученые об искусственном интеллекте / Под ред. Дж. Брокмана. М.: Альпина нон-фикшн, 2017. – 549 с.