

					—
				—	
			

ПОДХОД К АНАЛИЗУ ДАННЫХ В ИМИТАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

В. М. Булойчик, Е. С. Макарова

*Военная академия Республики Беларусь
Минск, Беларусь*

В статье рассматривается методический подход к построению имитационной системы моделирования боя и боевых действий уровня отделение–рота сухопутных войск. Вводится понятие типового боевого объекта, неделимой единицы, способной самостоятельно выполнять в бою следующие задачи: движение; наблюдение за противником; стрельба по противнику и принятие решений по выполнению указанных выше действий. На ее основе предлагается разрабатывать модели более высоких уровней управления. Основное внимание уделяется задаче принятия решения. Выполнена формализация этого процесса. Приведен подход к анализу и обработке данных, на основе которых принимаются решения по управлению типовым боевым объектом.

Ключевые слова: имитационное моделирование, модель управления, принятие решений в имитационных системах моделирования.

Искусству ведения военных действий с давних пор уделялось большое внимание. На протяжении многих веков от знаний, опыта и действий военачальников зависела жизнь не только миллионов людей, но и целых цивилизаций. В ходе боевых действий решалась судьба государств. Опыт военачальников передавался из поколения в поколение, а совершенствовался в ходе реальных боевых действий, ценою человеческих жизней.

В настоящее время в целях обучения будущих командиров, а также анализа и прогнозирования исхода боевых действий различного масштаба широко применяется моделирование. Такой подход позволяет с меньшими затратами и потерями достичь поставленной цели, обосновать и принять эффективное решение.

При моделировании боевых действий наибольшее распространение получило имитационное моделирование ввиду сложности таких действий, как таковых. Как правило, в боевых действиях принимает участие большое количество объектов, создание аналитических моделей которых может быть затруднительным. Имитационные модели же позволяют изучить интересующую ситуацию с необходимой степенью детализации, используя разные принципы формирования модельного времени. А многократное проигрывание конкретной боевой задачи позволит восполнить недостающие данные. Таким образом приобретается опыт ведения боев без их фактического проведения.

Приступая к разработке любого комплекса математических моделей, необходимо определиться с системой основополагающих принципов, позволяющих достичь требуемого качества разрабатываемого комплекса [1, 2, 3].

1. Принцип декомпозиции моделируемой системы на подсистемы. Принцип декомпозиции предполагает выделение подсистем, которые, в свою очередь, могут делиться на элементы и т. д. Такой подход позволит создать математическую модель процесса боевых действий, опираясь на моделирующие алгоритмы отдельных объектов и алгоритмы их функционального взаимодействия.

2. Принцип рационального компромисса между уровнем детализации моделей и сложностью комплекса. Поиск рационального компромисса связан с анализом допустимых упрощений как исходных алгоритмов функционирования отдельных элементов, так и алгоритмов их взаимодействия.

Критерием такого компромисса является степень достижения целей моделирования. При этом в комплексе моделей должна быть предусмотрена возможность вве-

дения дополнительных упрощений и, наоборот, возможность детализации описания некоторых подсистем и их элементов.

3. Построение комплекса моделей в виде иерархической агрегативной системы. Процессы преобразования входной информации в таких системах осуществляются с учетом текущего состояния каждого агрегата. Формирование выходных сигналов происходит в соответствии с заданным алгоритмом, который учитывает особенности функционирования каждого агрегата и реально существующие взаимные связи.

Рассмотрим возможный подход к реализации указанных принципов и соответствующий им анализ данных в имитационной системе моделирования боевых действий. За основу примем иерархическую систему управления ранга отделение–рота сухопутных войск (СВ). С этой целью введем понятие типового боевого объекта, под которым будем понимать неделимую огневую единицу, способную самостоятельно выполнять в бою четыре основные задачи: движение (маневрирование на основе цифровой карты местности); наблюдение за противником (разведка); стрельба по противнику (поражение цели) и принятие решений по выполнению указанных выше действий для различных условий обстановки, складывающихся на текущий момент времени (управление боевым объектом). В качестве типового боевого объекта примем отделение СВ, входящее в состав мотострелкового взвода, который, в свою очередь, входит в состав роты СВ.

В этом случае математическая модель типового боевого объекта должна реализовывать четыре основные функции: принятие решений (управление боевым объектом); маневрирование; разведка; поражение.

В соответствии с приведенными функциями выделяются составные модели (подмодели), их воспроизводящие. В этом случае структура модели типового боевого объекта (см. принцип 1) имеет вид, приведенный на рис. 1.



Рис. 1. Структура модели типового боевого объекта

Модель управления боевым объектом должна обеспечить реализацию управленческих функций командира – функций принятия решений на всех выделенных выше этапах: маневрирования, разведки и поражения, а также функций корректировки ранее принятых решений.

Процесс маневрирования представляет собой перемещение объектов в направлениях, определенных поставленными задачами, и со скоростями, соответствующими характеру местности, времени суток и характеру действий в условиях решаемой задачи. При этом на основе цифровой карты местности (ЦКМ) на каждый момент модельного времени требуется оценивать местоположение (рассчитывать текущие координаты) моделируемого объекта и параметры его движения.

Моделирование процесса разведки заключается в получении ряда оценок, которые характеризуют возможность обнаружения объектов противника в сложившихся условиях моделируемой обстановки. На основании этих оценок принимается решение о обнаружении и распознавании объекта противника (цели для поражения).

Модель поражения цели включает:

- определение вероятности попадания в цель выбранным оружием и определение вероятности поражения исходя из характеристик средств поражения, свойств цели и условий моделируемой обстановки;
- определение ущерба, наносимого объектам противника при применении по нему назначенных средств поражения.

Подход к формализации процессов маневрирования на основе ЦКМ, разведки и поражения цели для подразделения сухопутных войск приведен в [4]. Однако поведение моделируемых объектов в этом случае «жестко» задается пользователем модели и при этом не учитывается многовариантность развития событий. Эта многовариантность обусловлена тем, что на каждом моменте времени могут иметь место изменения обстановки, которые требуют корректировки выполнения ранее поставленной задачи. Например, в процессе моделирования при возникновении необходимости выбора маршрута движения от некоторой исходной точки А к точке Б должны быть учтены: проходимость местности, новые разведданные о расположении противника и его возможностях по обнаружению отделения на маршруте движения, длина маршрута и другие факторы.

Очевидно, что в общем случае основной частью модели типового боевого объекта является подмодель управления этим объектом, которая должна обеспечить не только принятие решений о поведении подразделения в зависимости от параметров маневрирования, разведки и поражения цели, но и «объяснить», почему в данной ситуации было выбрано именно такое решение, показать, что оно является наиболее подходящим из всех возможных.

Таким образом, необходимо наделить модель типового боевого объекта «интеллектом», способным по имеющейся информации (знаниях об условиях обстановки, состояниях и параметрах подчиненных моделей) принять решение о дальнейших действиях всего объекта.

При построении систем, основанных на знаниях, наиболее часто используются знания, накопленные экспертами и представленные в виде конкретных правил решения тех или иных частных задач. Поэтому предлагается построить интеллектуальную информационную экспертную систему продукционного типа [4], позволяющую на основе знаний высококвалифицированных экспертов выработать рекомендации по действиям отделения в конкретной обстановке.

Для многих приложений, связанных с управлением динамическими процессами, необходимо построение модели рассматриваемого процесса. Знание такой модели позволяет подобрать соответствующий регулятор (модуль управления). Однако с точки зрения принципа 2 часто построение корректной модели представляет собой трудную задачу, требующую иногда введения различных упрощений. Применение теории нечетких множеств для управления процессами и объектами не требует детального знания моделей этих процессов и объектов. Следует только сформулировать правила поведения в форме нечетких условных суждения типа IF ... THEN.

Классический модуль нечеткого управления (рис. 2) состоит из следующих компонентов: базы правил, блока фuzziфикации, блока выработки решения, блока дефuzziфикации [5].

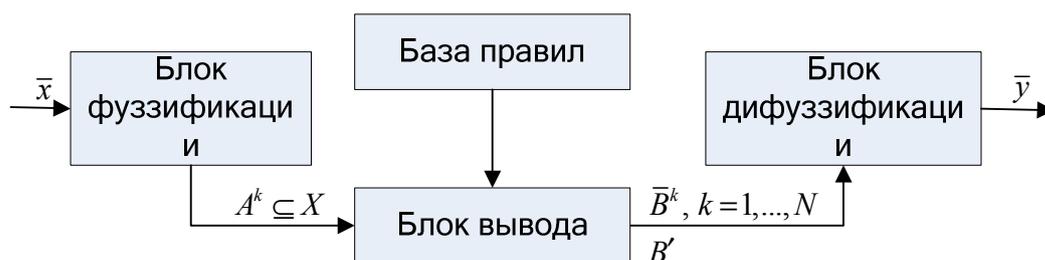


Рис. 2. Модуль нечеткого управления

База правил, иногда называемая лингвистической моделью, представляет собой множество нечетких правил $R^{(k)}, k=1, \dots, N$ вида

$$R^{(k)} : IF (x_1 \text{ это } A_1^k \text{ AND } x_2 \text{ это } A_2^k \dots \text{ AND } x_n \text{ это } A_n^k)$$

$$THEN (y_1 \text{ это } B_1^k \text{ AND } y_2 \text{ это } B_2^k \dots \text{ AND } y_m \text{ это } B_m^k),$$

где N – количество нечетких правил, характеризующих поведение моделируемого отделения в конкретных условиях обстановки; A_i^k – нечеткие множества $A_i^k \subseteq X_i \subset R, i=1, \dots, n$, B_j^k – нечеткие множества $B_j^k \subseteq Y_j \subset R, j=1, \dots, m$, x_1, x_2, \dots, x_n – входные переменные лингвистической модели, причем $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T = x \in X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$, y_1, y_2, \dots, y_m – выходные переменные лингвистической модели, причем $(y_1, y_2, \dots, y_m)^T = y \in Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_m$.

Рассмотрим процесс принятия решений для имитационной модели боевого объекта. Допустим, на некотором этапе моделирования необходимо принять решение о выборе маршрута движения объекта. Заметим, что, как правило, выбор осуществляется на основании минимальности длины маршрута. Однако при построении детальной модели и рассмотрении движения на ЦКМ возникает вопрос о проходимости предложенного маршрута моделируемым объектом. А в условиях противостояния – скрытности от противника. Поэтому далее будем характеризовать возможный маршрут следующими параметрами: коэффициентом проходимости; коэффициентом маскировки; длиной пути [4].

Эти параметры подаются на вход модуля нечеткого управления. Сопоставив и проанализировав значения данных сигналов, система управления боевым объектом должна выбрать дальнейший маршрут движения объекта, руководствуясь рекомендациями экспертов.

На основе заданных экспертом функций принадлежности числовым значениям параметров ставятся в соответствие нечеткие множества $A_1 = \{\text{«низкая»}, \text{«средняя»}, \text{«высокая»}\}$, $A_2 = \{\text{«низкий»}, \text{«средний»}, \text{«высокий»}\}$ и $A_3 = \{\text{«близко»}, \text{«средне»}, \text{«далеко»}\}$ (рис. 3).

Определяется степень принадлежности числового значения параметра к полученным нечетким множествам. Эти степени будут выражаться значениями функций принадлежности соответствующих нечетких множеств для каждого параметра. Сопоставим числовые значения параметров по областям, в которых они имеют максимальные степени принадлежности.

Например: $x_1 = 0,6$; $x_2 = 0,7$; $x_3 = 30$ км;

$$\mu_B(x_1) = 0,5, \mu_C(x_1) = 0,75; \mu_C(x_2) = 0,2, \mu_B(x_2) = 0,6; \mu_B(x_3) = 0,6, \mu_C(x_3) = 0,4.$$

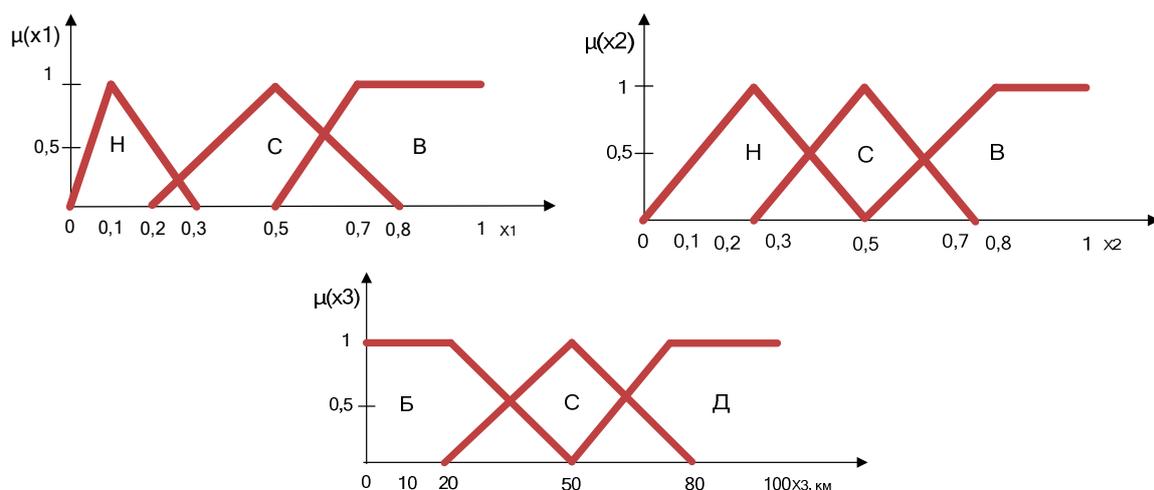


Рис. 3. Функции принадлежности

На основании правил, заданных экспертом и полученных на предыдущем шаге сопоставлений, принимается решение о выборе рассматриваемого маршрута (движении по маршруту), отказе от маршрута (остановка движения) в виде некоторой лингвистической переменной или же выдается запрос пользователю о дальнейших действиях объекта.

При использовании решающих правил из таблицы будет выбран рассматриваемый маршрут.

x_1	x_2	x_3	y	x_1	x_2	x_3	y	x_1	x_2	x_3	y
Н	Н	Б	стоп	С	Н	Б	запрос	В	Н	Б	вперед
Н	Н	С	стоп	С	Н	С	запрос	В	Н	С	вперед
Н	Н	Д	стоп	С	Н	Д	запрос	В	Н	Д	запрос
Н	С	Б	стоп	С	С	Б	запрос	В	С	Б	вперед
Н	С	С	стоп	С	С	С	запрос	В	С	С	вперед
Н	С	Д	стоп	С	С	Д	запрос	В	С	Д	вперед
Н	В	Б	запрос	С	В	Б	вперед	В	В	Б	вперед
Н	В	С	запрос	С	В	С	вперед	В	В	С	вперед
Н	В	Д	запрос	С	В	Д	вперед	В	В	Д	вперед

Предложенный подход к анализу данных обстановки, складывающейся на текущий момент времени, порядок обработки этих данных в имитационных системах моделирования боевых действий, обеспечивает учет основных факторов, влияющих на ход и исход боя, что направлено на повышение адекватности модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булойчик, В. М. Системный подход к формализации процессов боевых действий в операциях при создании моделирующих комплексов / В. М. Булойчик, В. К. Синявский // Наука и воен. безоп. Науч.-теор. прил. к журналу «Армия». МО Респ. Беларусь, 2008. № 4(20). С. 40–45.
2. Булойчик, В. М. Алгоритм поиска маршрута, обеспечивающего необходимые условия передвижения мотострелковому подразделению / В. М. Булойчик, А. А. Дубровский, Д. М. Скрипко // Вестн. ВА Респ. Беларусь, 2010. № 2(27). С. 45–52.

3. Булойчик, В. М. Алгоритм. Имитационный подход к моделированию боя подразделения сухопутных войск / В. М. Булойчик, А. А. Дубровский // Сб. науч. ст. ВА Респ. Беларусь, 2008. № 14. С. 58–64.
 4. Разработка методологических подходов к созданию модели боевых действий типового воинского формирования: отчет о НИР, шифр «Легион» (закл.). Книга 2. Инв. № 1584/10 /рук. темы В. М. Булойчик. Минск : Воен. акад. Респ. Беларусь, 2010. 190 с.
 5. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы/ Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковская. М.: Горячая линия—Телеком. 2006. 383 с.
-