

УДК 623.618.51

А.И. Тимочко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ПО УПРАВЛЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Для формализации задач принятия решений по управлению динамическими объектами традиционно использовалась обобщенная структура целевых установок. Для расширения описательных возможностей указанного аппарата предлагается дополнить его элементами нечетких множеств. Нечеткая структура целевых установок позволяет означивать начальные условия в широком диапазоне и определять значения функций принадлежности вершин для получения решения на управление динамическим объектом.

Ключевые слова: аппарат формализации, динамический объект, структура целевых установок, нечеткое множество, управление, начальное условие, означивание.

Введение

Постановка проблемы. В качестве математического инструментария формализации задач принятия решений (ПР) по управлению динамическими объектами (ДО) используется обобщенная структура целевых установок (СЦУ). Она является разновидностью неоднородной функциональной сети с более широкими описательными возможностями [1, 2, 3]. Модель обеспечивает целенаправленное планирование процессов достижения цели ДО в реальной обстановке. Аппарат формализации (АФ) позволяет описывать структуру самой целевой модели; устанавливать истинность отношений между целями по каждому из аспектов знаний; описывать структуру самой целевой модели; контролировать процесс достижения целевых установок и пополнения знаний.

Средства формализации логико-аналитической деятельности ЛПР базируются на классической логике. Эта особенность резко снижает качество принимаемых решений в условиях неопределенности.

Таким образом, противоречия между сложностью процессов принятия решений по управлению ДО и несовершенством АФ для решения указанных задач в условиях неопределенности обуславливают необходимость доработки средств формализации.

Анализ последних исследований и публикаций. Сетевой моделью называют совокупность вершин и связей между ними, представляющую собой этапы и последовательность их реализации во время решения задачи логико-расчетного характера [4].

Сетевую модель (СМ) можно задать кортежем $S = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, \Gamma \rangle$,

где I – множество информационных единиц; C_1, C_2, \dots, C_n – множество типов связей между информационными единицами; Γ – отображение между I и связками из заданного набора.

Тип сети определяется ограничениями типов вершин и дуг (рис. 1).



Рис. 1. Классификация сетевых моделей знаний

Формально сетевая модель представляется как:

$$SM = \{V, R\},$$

где V – множество вершин СМ; R – множество дуг.

Каждая вершина описывается кортежем вида

$$V = \{V_i\} = \{ \langle Sem_i, UI_i, NU_i, T_i, Rez_i, PrOz_i \rangle \},$$

где Sem_i – цель этапа поиска решения; UI_i, NU_i – номер уровня иерархии на СМ и номер вершины на уровне; T_i – тип вершины; Rez_i – результат реализации этапа решения задачи (числовое или символическое значение); $PrOz_i$ – процедура означивания для получения результата этапа решения задачи.

Обобщенная СЦУ представлена на рис. 2.

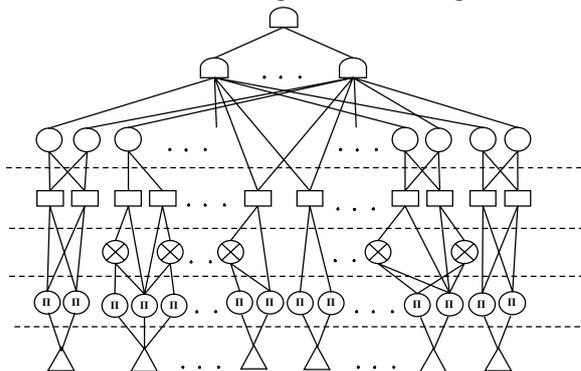


Рис. 2. Обобщенная структура сети

На рис. 2 обозначены:

-  – начальные условия (НУ);
-  – поисковые вершины;
-  – алгоритмические вершины;
-  – вершины сравнения;
-  – вершины типа И;
-  – вершины типа ИЛИ.

Использование НУ определяет необходимость разработки средств для введения исходных данных.

Поиск и обобщение данных реализуется путем обработки информации из базы данных. Их результатами являются числовые значения. Результаты логико-аналитической деятельности представляются логическими значениями «истина» и «ложь». Для перехода от числовых к булевым значениям используются вершины сравнения.

Вершины И и ИЛИ используются для реализации логических обобщений результатов сравнений.

Начальные условия помечают исходные утверждения, на основе которых проверяется истинность правила, изображенного сетевой моделью.

Такие модели являются альтернативой предикатным моделям представления знаний.

Преимущества использования СМ:

1. Простота представления и обработки сетевой модели в ЭВМ.
2. Возможность построения эффективных алгоритмов контроля корректности и полноты формализации знаний о предметной области.

Недостатком СМ является необходимость разработки специальных процедур отображения общей совокупности знаний.

Обработка знаний, для формализации которых используются сетевые модели, различается в зависимости от типа этих моделей.

Известен подход, когда цели структурируются и упорядочиваются и выбираются рациональные варианты их достижения [1]. В работах рассматривается также построение иерархической структуры целей посредством отношений необходимости и достаточности. Однако эти отношения определяют характер каждой целевой установки в отдельности. При этом сущность самих отношений между парами целей не исследуется.

Применение СЦУ при выработке решений заключается в следующем. Вначале означиваются начальные условия. На их основе определяются значения вершин первого уровня, потом второго и т.д. до вершины наивысшего уровня иерархии. Значение этой вершины является ответом пользователю или фиксируется для последующей обработки.

Однако использование в процессе выработки решений на применение ДО лишь значений 0 и 1 для означивания НУ и проведения последующих действий на СЦУ в условиях неопределенности различной

природы приводит к необоснованности полученных результатов. Для преодоления неполноты исходных данных используют логику умолчания Рейтера, немонотонную логику Мак-Дермотта и Дойла и т.п. Для отображения нечеткости знаний и их обработки используется вероятностная байесовская логика; теория Демпстера-Шеффера; нечеткие множества и нечеткая логика; коэффициенты уверенности.

Поэтому совершенствование АФ, который позволит принимать решения по управлению динамическими объектами в условиях неопределенности и неполноты информации, является актуальным.

Цель статьи. Разработка формально-логического аппарата, построенного на основе СЦУ, для обеспечения реализации задач принятия решений по управлению ДО в условиях нестохастической неопределенности.

Основной материал

Корректность принятия решений по управлению ДО базируется на таких положениях [5 – 8]:

1. Конечный результат целенаправленной деятельности – некоторое множество целей. Необходимость достижения (актуальность) целей определяется сложившейся ситуацией. Намеченные варианты действий являются средствами достижения целей.

2. Достижение актуальных целей обеспечивается реализацией вариантов решений.

3. При выборе рационального варианта учитываются логические связи между целями и средствами их достижения.

4. Набор средств для достижения целей, их состав и взаимосвязи должны соответствовать уровню знаний о предметной области. Эффективность функционирования системы управления повышается с увеличением объема знаний о предметной области.

В общем случае принятие решения характеризуется перечнем проблем $\bar{P} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$, ограничений на возможные действия $\bar{O} = (o_1, o_2, \dots, o_m)$ и заключается в формировании множества целей $\bar{C} = (c_1, c_2, \dots, c_k)$, которые необходимо достичь, возможных вариантов их достижения $\bar{D} = (d_1, d_2, \dots, d_l)$ и выбором рационального набора вариантов $\bar{D}^* = (d_1^*, d_2^*, \dots, d_l^*)$, $\bar{D}^* \subset \bar{D}$ [7].

Пусть в СМ входят цели, выраженные некоторыми формулами. Они определяют характер цели и отражают алетический и деонтический аспекты знаний о ней. Факт достижения цели в ситуации α определяется некоторой характеристической функцией $\bar{\varphi}(\alpha)$. Конъюнктивный и дизъюнктивный характер составляющих определяет необходимость и достаточность их для достижения цели.

Актуальность цели N_D характеризуется деонтическим аспектом знаний и определяется соответствующим значением истинности T_D или F_D .

Цель u называется конъюнктивной, если

$$x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m \rightarrow y, \quad (1)$$

$$y \rightarrow x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m. \quad (2)$$

Цели у соответствует «И» вершина в иерархической структуре целей (рис. 3, а), а выражения (1) и (2) являются истинными (T_D) для нее.

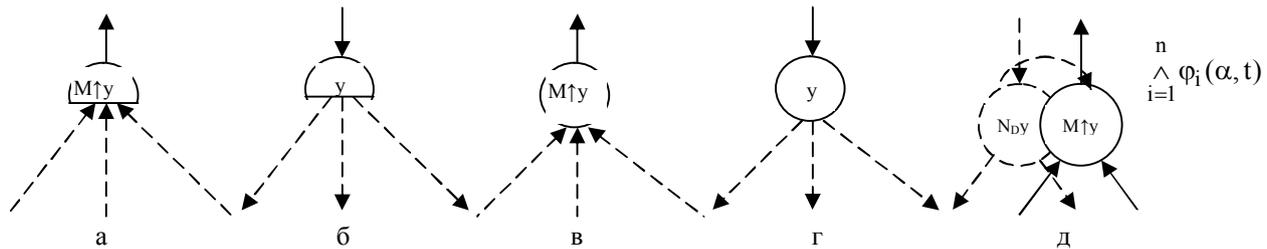


Рис. 3. Цель (а – конъюнктивная; б – конъюнктивно достижимая; в – дизъюнктивная; г – дизъюнктивно достижимая) и единство деонтической, алетической и прагматической истинности целевой установки (д)

Возможности, но не факт, достижения цели характеризуются алетическим аспектом знаний. Цель достижима, если соответствующая формула принимает значение T_A . Если для множества формул $\{x_1, x_2, \dots, x_m, y\}$ выражения

$$x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m \rightarrow M \uparrow y, \quad (3)$$

$$M \uparrow y \rightarrow x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m \quad (4)$$

принимают значения T_A , то цель y называется конъюнктивно достижимой (рис. 3, б).

Действия системы по переходу из ситуации α в такую, где y истинна, обозначаются $M \uparrow y$.

Дизъюнктивной является цель (рис. 3, в), если:

$$x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_m \rightarrow y, \quad (5)$$

$$y \rightarrow x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_m. \quad (6)$$

Если же истинны (T_A) формулы

$$x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_m \rightarrow M \uparrow y, \quad (7)$$

$$M \uparrow y \rightarrow x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_m, \quad (8)$$

то цель будет дизъюнктивно достижимой (рис. 3, г).

Истинность каждой составляющей выражений 1 и 2 является необходимым условием истинности конъюнктивной цели. Истинность хотя бы одной составляющей из формул 5 и 6 является необходимым и достаточным условием истинности дизъюнктивной цели независимо от аспектов знаний.

Однако необходимость и возможность достижения целевых установок нетождественны. То есть рассмотренных средств описания целей на базе СМ недостаточно. Для увязки реальных процессов и описанных предложенным АФ целей рассмотрим характеристическую функцию вида [9]:

$$\bar{\varphi}(\alpha, t) = \bigwedge_{i=1}^n \varphi_i(\alpha, t) \equiv \varphi_1(\alpha, t) \wedge \varphi_2(\alpha, t) \wedge \dots \wedge \varphi_n(\alpha, t), \quad (9)$$

где α – ситуационная переменная, описывающая состояние проблемной среды; t – момент времени;

$$\varphi_i(\alpha, t) = \begin{cases} \varphi_i(\alpha, t), \\ \sim \varphi_i(\alpha, t), \end{cases} \quad \text{– элементарная логическая}$$

формула, выражающая определенное состояние проблемной среды.

Прагматическая истинность T_P элементарных формул $\varphi_i(\alpha, t)$ определяется на основе информации о наблюдаемых признаках ситуации α .

Таким образом, для каждой целевой установки СМ имеют место деонтическая T_D , алетическая T_A и прагматическая истинность T_P . Они характеризуют необходимость, возможность и факт достижения целевой установки соответственно (рис. 3, д).

Вместе двойственный характер вершин «И» и «ИЛИ» ни коим образом не разрешает противоречий при означивании начальных условий.

Применение четырехзначной логики – «истинно», «ложно», «неопределенно» и «противоречиво», а также восьми- или шестнадцатизначных логик принципиально проблему не решают. Ибо в конечном итоге в результате означивания принимается однозначное решение (зачастую грубое и неправильное) о присвоении НУ значения 0 или 1.

Возможным путем выхода из данного тупика является попытка соединить в рамках единого аппарата структуру целевых установок и нечеткие множества и получить в результате нечеткую СЦУ.

Нечетким подмножеством A множества X будем называть совокупность упорядоченных пар [4, 9]:

$$A = \{(x, \mu_A(x))\}, \forall x \in X, \quad (9)$$

где $\mu_A(x)$ – функция принадлежности, пример построения которой для различных высот полета ДО представлен на рис. 4.

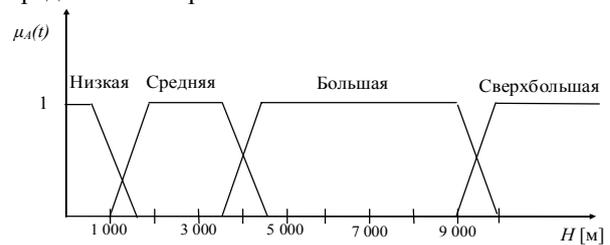


Рис. 4. Лингвистическая переменная «высота»

Лингвистические переменные подразделяются на числовые и нечисловые. Числовой называется лингвистическая переменная, для которой базовая переменная определена на числовом множестве. Так, лингвистическая переменная «Высота» является числовой, а ее значение (нечеткие переменные) – нечеткими числами. Каждой нечеткой переменной на рис. 6 условно отвечает трапециевидная функция принадлежности. Таким образом, нечеткая переменная

ная «средняя» определяется как:

$$\text{«средняя»} = \{(1000|0), (2000|1), (3500|1), (4500|0)\}.$$

Теперь при означивании начальных условий любая вершина НУ может иметь любое значение из интервала $[0, 1]$. В процессе определения значений функций принадлежности вершин последующих уровней могут использоваться известные операторы: **Zadeh оператор** (Zadeh max-min), **оператор Mamdani min**, **арифметический оператор** (Arithmetic), **арифметический оператор Larsen** (Larsen Product), **Булев оператор** (Boolean), **Ограниченный оператор** (Bounded Product), **стандартный оператор** (Standard Sequence), **Четкий (уверенный) оператор** (Drastic Product), а также **Gougen** и **Godelian операторы**.

Итогом процедуры является получение нечеткого решения. Конкретное решение получается преобразованием решения (нечеткого подмножества) в скаляр.

Таким образом, СЦУ и логический вывод на ней значительно упрощаются. Во-первых, осуществляется переход от жестких граничных значений 0 и 1 к более «мягким» значениям функции принадлежности из диапазона $[0, 1]$. Во-вторых, упрощается сама СЦУ. Отпадает необходимость в наличии вершин поисковых, алгоритмических и сравнения. В-третьих, результатом логического вывода на СЦУ с применением одной из известных или модифицированных его процедур является некоторое значение функции принадлежности на любом уровне иерархии структуры целевых установок, позволяющее принимать однозначное решение для достижения поставленной цели динамическим объектом.

Выводы

Итак, предложен математический инструментарий формализации задач принятия решений по управлению динамическими объектами, отличающийся совместным использованием обобщенной структуры целевых установок и аппарата нечетких множеств. Объединение этих двух подходов позволило в рамках единого формализма осуществлять означивание начальных условий не жесткими граничными значениями 0 и 1, а любым числом из диапазона $[0, 1]$. Тем самым достигается более точное описание свойств моделируемой предметной области.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ З УПРАВЛІННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

О.І. Тимочко

Для формалізації завдань прийняття рішень з управління динамічними об'єктами традиційно використовувалася узагальнена структура цільових настанов. Для розширення описових можливостей вказаного апарату пропонується доповнити його елементами нечітких множин. Нечітка структура цільових настанов дозволяє означувати початкові умови в широкому діапазоні і визначати значення функцій приналежності вершин для отримання рішення на управління динамічним об'єктом.

Ключові слова: апарат формалізації, динамічний об'єкт, нечітка множина, початкова умова, означування.

PERFECTION OF TOOLS OF FORMALIZATION OF TASKS ON MANAGEMENT DYNAMIC OBJECTS

O.I. Tymochko

For formalization of tasks of making a decision on a management run-time objects the generalized structure of having a special purpose options was traditionally utilized. For expansion of descriptive possibilities of the indicated tool it is suggested to complement it the elements of fuzzy sets. The fuzzy structure of having a special purpose options allows to value initial conditions in a wide range and to determine the values of functions of belonging of tops for the receipt of decision on a management a dynamic object.

Keywords: tool of formalization, dynamic object, unclear great numbers, management, initial condition, valuemnt.

Отказ от вершин поисковых, алгоритмических и сравнения значительно упростил саму структуру целевых установок и значительно облегчил вычислительную процедуру на ней.

Более точное описание предметной области за счет предложенного аппарата формализации позволит в результате логического вывода получить значение функции принадлежности на любом уровне иерархии структуры целевых установок, что позволит точнее соотносить достигнутые и запланированные ситуации и, соответственно, принимать более обоснованные решения по управлению динамическим объектом.

Список литературы

1. Ярушек В.Е. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в Войсках ПВО / В.Е. Ярушек. – Х.: ВИРТА ПВО, 1987. – 324 с.
2. Глушко В.М. О прогнозировании на основе экспертной информации / В.М. Глушко // Наукоеведение. Прогнозирование. Информатика. – К.: Наук. думка, 1976. – С. 35-44.
3. Ярушек В.Е. Модель задачи управления организационными системами на основе принципов рефлексии / В.Е. Ярушек, С.А. Козлов // Искусственный интеллект в системах управления: Научно-методические материалы. Ч. 1. – Х.: ВИРТА ПВО, 1989. – С. 194-213.
4. Александров О.В. Теоретичні основи автоматизації процесів вироблення рішень в системах управління Повітряних Сил: Навч. посіб. / О.В. Александров, Д.Е. Двухглазов та ін. – Х.: ХУПС, 2009. – 176 с.
5. Ансофф И. Стратегическое управление: Пер. с англ. / И. Ансофф. – М.: Экономика, 1989. – 519 с.
6. Глушко В.П. Принятие решений / В.П. Глушко. – К.: Наукова думка, 1987. – 168 с.
7. Герасимов Б.М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.А. Токарев. – К.: Наук. думка, 1993. – 184 с.
8. Поспелов Г.С. Проблемы программно-целевого планирования и управления / Г.С. Поспелов, В.Л. Вен и др.; под ред Г.С. Поспелова. – М.: Наука, 1981. – 461 с.
9. Герасимов Б.М. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации / Б.М. Герасимов, Г.Г. Грабовский, Н.А. Рюмишн. – К.: Техніка, 2002. – 140 с.

Поступила в редколлегию 15.10.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.