

УДК 621.396

А.И. Тимочко

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О РЕСУРСАХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

*Представлена сетевая модель формализации знаний о ресурсах для управления динамическими объектами. Однако использование только стандартных типов вершин в сетевой модели не позволяет формализовать знания о ресурсах. К традиционным типам вершин, используемым в обобщенной сетевой модели, добавлены вершины сравнения. Вершины сравнения описываются набором бинарных или унарных операторов. Операторы представляются процедурами сравнения текущего значения признака с эталонным. Также введены временные и пространственные операторы сравнения. Представлены операторы, описывающие точечные и интервальные события. Предложена классификация пространственных операторов сравнения.*

**Ключевые слова:** ресурс, знание, вершина сравнения, оператор сравнения, точечные события, интервальные события, пространственные операторы сравнения.

### Введение

**Постановка проблемы.** Для формализации знаний о ресурсах в СППР может быть использована система продукций условного и безусловного типа [1]. Однако при большом количестве продукций сложно и трудоемко проверить непротиворечивость системы продукций в целом. Из-за присущей системе недетерминированности (неоднозначного выбора выполняемой продукции из числа активизированных продукций) возникают принципиальные трудности при проверке корректности работы системы. Для систем с числом продукций более тысячи правильное функционирование затруднительно [1]. Таким образом, при использовании системы продукций необходимо ограничить количество аксиом. Однако в СППР для управления динамическими объектами (ДО) это недопустимо из-за невозможности достижения требуемой детализации и полноты описания предметной области (ПО).

В качестве аппарата формализации (АФ) знаний о ресурсах возможно использование неоднородных функциональных сетей (сетевых моделей), аналогичных по своей структуре обобщенным сетевым моделям (ОСМ) [2]. Тогда в процессе логического вывода за конечное число шагов возможно определить расход запаса воздействий ресурса в каждой конкретной ситуации. Кроме того, данный АФ позволит использовать унифицированные методы для представления и манипулирования знаниями о ресурсах управляемой системы и задачах управления.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Решению теоретических и практических проблем и задач построения систем поддержки принятия решений (СППР) посвящено большое количество работ, в частности:

вопросам разработки лингвистического обеспечения для организации диалогового взаимодействия операторов с СППР – [3];

построению систем автоматизированного синтеза программ – [4];

формализации задач принятия решений – [5];

организации логического вывода (ЛВ) – [6];

логической организации знаний в базе знаний (БЗ) – [1].

В работах [7, 8] рассмотрены вопросы развития концепции построения СППР для решения задач распознавания ситуаций и планирования деятельности в условиях неблагоприятных тенденций развития обстановки.

Однако вопросы формализации знаний о ресурсах системы и использование их при выработке возможных вариантов действий в сложившейся обстановки для более качественного и оперативного управления соответствующими объектами исследованы недостаточно. Это и предопределяет задачу настоящей статьи. **Целью статьи** является определение возможности формализации знаний о ресурсах в СППР с помощью сетевых моделей.

### Основной материал

**Структура сетевой для представления знаний о правилах использования ресурсов**

Особенности знаний о порядке и правилах использования ресурсов не позволяют их представлять в формализованном виде с помощью стандартных структурных элементов ОСМ. Поэтому вводятся вершины сравнения признаков  $S_p$  [9]. Тогда сетевая модель, описывающая знания о ресурсах, включает в себя следующие типы вершин: 1) конъюнктивные; 2) дизъюнктивные; 3) вершины типа «начальные условия»; 4) вершины типа  $S_p$ .

Первые три типа вершин аналогичны используемым при построении обобщенной сетевой модели. Вершины типа **Sp** описываются набором соответствующих бинарных и унарных операторов. Последние представляются процедурами сравнения текущего значения признака с эталоном. Отношения между вершинами сетевой модели определяют по-

следовательность выполнения операций сравнения и логических операций. Поэтому они аналогичны отношениям предшествования между целевыми установками ОСМ. Определим типы и состав операторов сравнения. Отношения между характеристиками признаков делятся на метрические и неметрические и определяют состав операторов сравнения (рис. 1)..



Рис. 1. Классификация операторов сравнения

Метрические отношения между признаками определяются арифметическими соотношениями сравниваемых значений.

Неметрические отношения между признаками условно разделим на качественные, пространственные и временные. Специфические особенности пространства и времени позволили выделить пространственные и временные отношения [10].

Операторы сравнения метрических и качественных значений признаков представлены в табл. 1.

Таблица 1

Операторы сравнения значений признаков

Наименование сравнения	Операция	Оператор
<b>Операторы сравнений метрических значений признаков</b>		
Равно	=	OM1
Больше равно	≥	OM2
Больше	>	OM3
Много больше	>>	OM4
Меньше равно	≤	OM5
Меньше	<	OM6
Много меньше	<<	OM7
<b>Операторы сравнений качественных значений признаков</b>		
Присутствует	{S}	OK1
Отсутствует	{N}	OK2
Является частью	⊂	OK3
Включает	⊃	OK4

Временные отношения псевдофизической логики времени позволяют построить операторы сравнения временных значений признаков (временные операторы сравнения – ВОС) [10]. Важную роль во временных логиках играет понятие события. Под **событием** понимается некий фиксированный результат, факт, связанный с деятельностью какого-то единичного субъекта или действиями, совершенными в силу законов природы.

Каждому событию на шкале времени соответствует определенный участок, характеризующий длительность события, – точечное или интерваль-

ное. В общем случае длительность события – понятие относительное, определяемое выбранной шкалой времени. Поэтому в состав ВОС должны входить операторы сравнения точечных и интервальных событий (рис. 2).

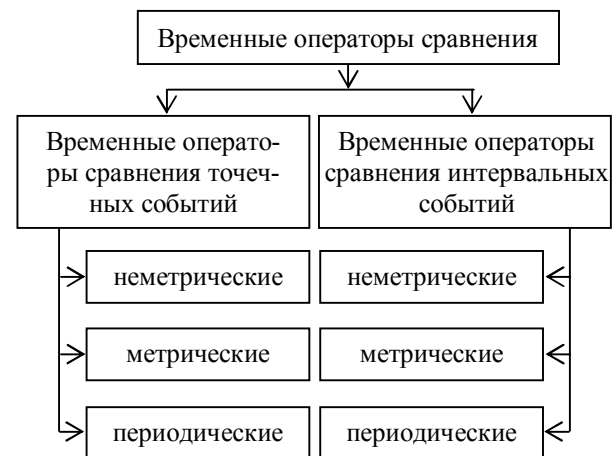


Рис. 2. Классификация временных операторов сравнения

Базовые наборы ВОС интервальных и точечных событий приведены в табл. 2 и 3 соответственно.

Таблица 2

Временные операторы сравнения точечных событий

Наименование сравнения	Оператор
<b>ВОС неметрических значений признаков</b>	
Событие S1 происходит одновременно с S2	OT1
Событие S1 происходит раньше события S2	OT2
Событие S1 происходит позже события S2	OT3
<b>ВОС метрических значений признаков</b>	
Событие S1 происходит раньше S2 на T единиц времени	OT4
Событие S1 реализуется в момент времени	OT5
<b>ВОС периодических значений признаков</b>	
Событие S1 реализуется с периодом P	OT6

Таблица 3  
Временные операторы сравнения  
интервальных событий

Наименование сравнения	Оператор
<b>Временные операторы сравнения неметрических значений признаков</b>	
Событие S1 строго предшествует событию S2	<b>ОИ1</b>
Событие S1 строго следует за событием S2	<b>ОИ2</b>
Событие S1 совпадает с событием S2	<b>ОИ3</b>
Событие S1 лежит внутри события S2	<b>ОИ4</b>
Событие S1 лежит внутри события S2 так, что их начала совпадают	<b>ОИ5</b>
Событие S1 лежит внутри события S2 так, что их концы совпадают	<b>ОИ6</b>
Событие S1 непосредственно предшествует событию S2	<b>ОИ7</b>
<b>Временные операторы сравнения метрических значений признаков</b>	
Событие S1 строго предшествует событию S2 на T единиц времени	<b>ОИ8</b>
Событие S1 пересекается с S2 так, что расстояние между их началами равно T	<b>ОИ9</b>
Событие S1 пересекается с S2 так, что расстояние между концами событий равно T	<b>ОИ10</b>
Начало события S1 реализуется в момент времени t	<b>ОИ11</b>
<b>Временные операторы сравнения периодических значений признаков</b>	
Событие S1 реализуется с периодом P	<b>ОИ12</b>

Базовый набор ВОС может корректироваться в соответствии с решаемыми задачами. Сложные операторы могут строиться на основе комбинации базовых операторов сравнения с использованием логических связок «И» и «ИЛИ».

Пусть известны моменты начала и конца временного значения признака, заданного интервалом. Тогда значение признака можно задать парой точечных значений - маркеров начала (**Мн**) и конца (**Мк**). В этом случае ВОС интервальных значений признаков могут быть заданы через совокупность базовых операторов сравнения точечных значений, которые служат их маркерами. Так, совпадение двух интервальных событий **S1** и **S2** можно представить следующей комбинацией ВОС:

$$[M_n(S1) \text{ OT1 } M_n(S2)] \wedge [M_k(S1) \text{ OT1 } M_k(S2)].$$

**Операторы сравнения пространственных значений признаков**

Пространственные операторы сравнения (ПОС) позволяют учесть следующие особенности расположения объектов анализа в пространстве:

- 1) системами отсчета являются только метрические шкалы (абсолютная или относительная);
- 2) объекты анализа являются точечными.

Поэтому ПОС могут быть построены на основе отношений пространственной логики положения [10]. Классификация пространственных операторов сравнения приведена на рис. 3.



Рис. 3. Классификация пространственных операторов сравнения

Базовые операторы сравнения направлений – впереди, сзади, справа, слева. Угловые направления являются сочетанием первых двух операторов сравнения из базового набора ПОС с оставшимися двумя операторами направлений. Результатом является полное множество ПОС направлений (табл. 4). Каждый оператор сравнения связан с определенным интервалом изменения базовой переменной, принимающей значений из полуинтервала  $[0, 2P_i]$ . Значение базовой переменной, равное нулю, будем соотносить с ПОС направлений справа.

Таблица 4  
Пространственные операторы  
сравнения местоположения объектов

Наименование сравнения	Интервал базовой переменной	Оператор
<b>Пространственные операторы сравнения направлений</b>		
Находиться справа	$[15P_i/8, P_i/8)$	<b>ОН1</b>
Находиться впереди-справа	$[P_i/8, 3P_i/8)$	<b>ОН2</b>
Находиться впереди	$[3P_i/8, 5P_i/8)$	<b>ОН3</b>
Находиться впереди-слева	$[5P_i/8, 7P_i/8)$	<b>ОН4</b>
Находиться слева	$[7P_i/8, 9P_i/8)$	<b>ОН5</b>
Находиться сзади-слева	$[9P_i/8, 11P_i/8)$	<b>ОН6</b>
Находиться сзади	$[11P_i/8, 13P_i/8)$	<b>ОН7</b>
Находиться сзади-справа	$[13P_i/8, 15P_i/8)$	<b>ОН8</b>
<b>Пространственные операторы сравнения расстояний</b>		
Находиться на расстоянии		<b>ОР1</b>

Базовый набор ПОС взаимного расположения объектов в пространстве (табл. 5) не является полным. С помощью логических связок получают необходимые производные операторы сравнения.

Таблиця 5  
Пространственные операторы  
сравнения взаимного расположения объектов

Наименование сравнения	Оператор
Находиться внутри	<b>OB1</b>
Находиться на одинаковом уровне	<b>OB2</b>
Быть перпендикулярно	<b>OB3</b>
Находиться в середине	<b>OB4</b>
Находиться на прямой	<b>OB5</b>
Быть параллельно	<b>OB6</b>
Находиться в центре	<b>OB7</b>
Находиться выше	<b>OB8</b>
Находиться ниже	<b>OB9</b>
Находиться вне	<b>OB10</b>
Находиться в E-окрестности	<b>OB11</b>
Находиться в n единицах от ...	<b>OB12</b>
Находиться на высоте	<b>OB13</b>
Быть равноудаленным	<b>OB14</b>
Соприкасаться	<b>OB15</b>
Быть между	<b>OB16</b>
Быть дальше	<b>OB17</b>
Быть ближе	<b>OB18</b>

### Выводы

1. Знания о ресурсах можно формализовать с помощью неоднородных функциональных сетей. Они аналогичны по своей структуре ОСМ, применяемым для формализации задач управления. Однако анализ особенностей знаний о вещественно-энергетическом аспекте знаний показывает, что использование только стандартных типов вершин ОСМ не позволяет решить поставленную задачу.

2. Поэтому в рамках рассматриваемого подхода вводятся вершины сравнения признаков, описываемые набором соответствующих бинарных и унарных операторов.

3. Для синтеза совокупности сетевых моделей, описывающих порядок и правила использования ресурсов системы в конкретной ситуации, необхо-

димо проконтролировать корректность формализованных знаний на полноту и непротиворечивость.

### Список литературы

1. Искусственный интеллект. – В 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
2. Низиенко Б.И. Метод формализации знаний об использовании ресурсов в интеллектуальных управляющих системах / Б.И. Низиенко, С.И. Карпов // АСУ и приборы автоматики: Всеукраинский межведомственный НТС. Вып. 107. – Х.: ХТУРЭ, 1998. – С. 37-41.
3. Герасимов Б.М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.В. Токарев. – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.
4. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.
5. Алиев Р.А. Производственные системы с искусственным интеллектом / Р.А. Алиев, Н.М. Абинева, М.М. Шахназаров. – М.: Радио и связь, 1990. – 265 с.
6. Вагин В.Н. Дедуция и обобщение в системах принятия решений / В.Н. Вагин. – М.: Наука, 1988. – 383 с.
7. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта / Н. Нильсон. – М.: Радио и связь, 1985. – 373 с.
8. Экспертные системы: состояние и перспективы / Сб. научн. трудов // Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1989. – 151 с.
9. Низиенко Б.И. Методика формализации знаний о порядке использования ресурсов в открытых экспертных системах реального времени / Б.И. Низиенко, С.И. Карпов // Сборник научных трудов ХВУ. Вып. 21. – Х.: ХВУ, 1998. – С. 167-172.
10. Кандрашина Е.Ю. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Е.Ю. Кандрашина, Л.В. Литвинцева, Д.А. Поспелов // Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1989. – 328 с.

Поступила в редколлегию 6.05.2014

Рецензент: д-р техн. наук доц. М.А. Павленко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### МЕРЕЖЕВІ МОДЕЛІ ДЛЯ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ ПРО РЕСУРСИ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

О.І. Тимочко

Представлена мережева модель формалізації знань про ресурси для управління динамічними об'єктами. Проте використання тільки стандартних типів вершин у мережевій моделі не дозволяє формалізувати знання про ресурси. До традиційних типів вершин, використовуваних в узагальненій мережевій моделі, додані вершини порівняння. Вершини порівняння описуються набором бінарних або унарних операторів. Оператори представляються процедурами порівняння поточного значення ознаки з еталонним. Також введені часові і просторові оператори порівняння. Представлені оператори, що описують точкові і інтервальні події. Запропонована класифікація просторових операторів порівняння.

**Ключові слова:** ресурс, знання, вершина порівняння, оператор порівняння, точкові події, інтервальні події, просторові оператори порівняння.

### NETWORK MODELS FOR FORMALIZATION OF KNOWLEDGES ABOUT RESOURCES IN A DECISION MAKING SUPPORT SYSTEMS AT DYNAMIC OBJECTS CONTROL

O.I. Tymochko

The network model of formalization of knowledges about resources for a dynamic objects control is presented. However much the use only of standard types of tops in a network model does not allow to formalize knowledge about resources. To the traditional types of tops, to utilized in the generalized network model, the tops of comparison are added. The tops of comparison are described by the set of binary or unary statements. Statements appear procedures of comparison of current value of sign with standard. Temporal and spatial comparison operators are also entered. Statements, describing point and interval events, are presented. Classification of spatial comparison operators is offered.

**Keywords:** resource, knowledge, top of comparison, comparison operator, point events, interval events, spatial comparison operators.