

**Э.В. Лазарсон, К.А. Евсеева**

**E.V. Lazarson, K.A. Evseeva**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
State National Research Politechnical University of Perm

## **ТАБЛИЧНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

### **TABULAR DATA PRESENTATION IN PROBLEM SOLUTION OF ENGINEERING**

Рассмотрены достоинства и недостатки представления опытных данных в виде справочных таблиц. Предложено переводить данные справочных таблиц в форму таблиц соответствий.

**Ключевые слова:** таблицы, справочные данные, моделирование, таблицы соответствий, нечеткие множества.

Consider highs and lows of experimental data in reference tables. Introduce conversion reference data in correspondence tables.

**Key words:** tables, reference data, modeling, reference tables, fuzzy sets.

В технической литературе значительные объемы знаний представлены в виде разного рода таблиц. Таблица является одной из форм моделей, в которых заключены установленные связи между свойствами или характеристиками рассматриваемых объектов (параметров).

Работа с таблицей удобна для человека, так как освобождает его от сбора информации из разных источников и проведения каких-либо вычислений. Кроме того, табличные данные в большинстве случаев формализованы в виде числовых значений или могут быть формализованы с помощью кодов, что обеспечивает возможность их компьютерной обработки.

Однако при решении сложных задач часто приходится использовать данные из разных источников, в них близкие по тематике таблицы могут иметь разнообразные формы. Таблицы бывают не до конца заполнены и еще чаще не согласуются между собой по диапазону измерений и дискретности аргументов. По справочным данным затруднена интерполяция и особенно экстраполяция данных при выходе аргументов за границы таблицы.

В связи с повсеместным внедрением новых компьютерных технологий необходимо совершенствовать методы работы с табличными данными. Этот вопрос особенно актуален для информационно-емких предметных областей, прежде всего для машиностроения, в котором решение типовых задач, таких как выбор оптимальных марок и типов материалов, оборудования, инструмента, режимов обработки, нормативов времени и расхода материалов и многих других сводится преимущественно к работе с нормативно-справочными таблицами.

Целью настоящей работы являлся анализ состояния вопроса и совершенствование методов представления табличного материала, удобного для компьютерной обработки.

Работа с таблицами заключается в выборке из них некоторых данных, необходимых для решения задач двух типов:

- 1) нахождение сведений о свойствах заданного объекта;
- 2) поиск объекта, обладающего заданными свойствами.

Математически работу со справочными таблицами можно представить следующим образом: в таблицах решений каждому значению высказывания  $A$  ставится в соответствие значение высказывания  $B$ , при котором функция  $A \rightarrow B$  принимает значение «истинно».

Таким образом, справочно-нормативные данные, предназначенные для определения единственного решения, записываются, как правило, в виде таблиц с одним или двумя входами [1]:

1. В виде таблиц с одним входом. Вход может быть одно- или многоуровневым (табл. 1), где конечные элементы – это решения  $B_i$  из множества возможных ( $B$ ), к которым приводит совокупность условий ( $A$ ), где  $A_i$  – имя  $i$ -го параметра,  $a_{ij}$  – одно из его возможных значений;

2. В виде таблиц с несколькими (обычно двумя) входами (табл. 2), где имена ( $A_i$ ) и значения ( $a_k$ ) параметров условий указываются в наименованиях строк и столбцов, а решения ( $b_{ij}$ ) – в местах их пересечений.

Таблица 1

**Таблица с одним входом**

		$A$			
		$A_1$	...		$A_n$
$a_{11}$	$a_{12}$	...	...	$a_{n1}$	$A_{n2}$
$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$

Большинство таблиц выполняет роль справочных и ориентированы на решение задач первого типа. Данным задачам соответствуют таблицы решений с одним входом (табл. 1), в которых высказывания построены в виде обратной функции  $B \rightarrow A$  от  $B$  (заданный объект) к  $A$  (сведения о свойствах).

В этом случае сначала находят наименование заданного объекта, затем в том же столбце матрицы находят значение свойств данного объекта, имеющие наименование в верхней строке таблицы. Такой алгоритм удобен для человека, выполняется легко и не требует проведения каких-либо расчетов.

Таблица 2

Таблица с двумя входами

$A_j$	$A_m$	$A_1$								
		$a_{11}$			...			$a_{1k}$		
		$A_2$								
		$a_{21}$	...	$a_{2j}$	$a_{21}$	...	$a_{2j}$	$a_{21}$	...	$a_{2j}$
$a_{j1}$	$a_{m1}$	$\{b_{ij}\}_k$								
	...									
	$a_{js}$									
...	$a_{m1}$									
	...									
	$a_{js}$									
$a_{jk}$	$a_{m1}$									
	...									
	$a_{js}$									

Гораздо более сложными являются задачи второго типа, в которых задаются значениями не одного, а нескольких параметров – и по ним требуется найти выходной параметр, обладающий заданными свойствами. Данному типу задач соответствуют таблицы с несколькими входами. Трудности возникают из-за того, что для каждого отдельно взятого свойства наилучшими могут оказаться разные объекты, и, следовательно, необходим компромисс. Такая таблица может иметь большое число строк из-за повторов значений  $b_{ij}$  для разных сочетаний элементов  $A$ , что тоже затрудняет работу с таблицей.

Таблица 3

Типичный вид и структура таблицы соответствий

$Y$	$X_1$			$X_2$					$X_3$				$X_4$			
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
РДСПЭ	1	1	1		1	1			1	1	1		1	1	1	1
Механизованная в $CO_2$	1			1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Автоматическая под флюсом	1	1	1			1	1	1				1	1			
Электрошлаковая	1	1						1			1	1		1		

Примечания.  $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$  – вектор выходных параметров;  
 $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4\}$  – вектор входных параметров;  
 $x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}$  – значения параметра  $X_k$  (обозначены цифрами 1, 2, ..., n).

В связи с этим более рационально переводить данные справочных таблиц в форму таблиц соответствий (ТС) [2]. Данные таблицы нашли наиболее широкое применение. Назначение таблиц соответствий заключается в выборе оптимального варианта из нескольких возможных. Ниже приведен пример такой таблицы, взятый из работы [3] (табл. 3).

Коды входных параметров (факторов) и их значений:

$X_1$  – группа металлов:

- 1 – углеродистые стали;
- 2 – легированные стали;
- 3 – цветные металлы;

$X_2$  – толщина металлов, мм:

- 1 – до 2;
- 2 – 2–10;
- 3 – 11–20;
- 4 – 21–60;
- 5 – свыше 60;

$X_3$  – длина шва, мм:

- 1 – до 100;
- 2 – 101–500;
- 3 – 501–1000;
- 4 – свыше 1000;

$X_4$  – положение шва:

- 1 – нижнее;
- 2 – вертикальное;
- 3 – горизонтальное;
- 4 – потолочное.

Как видно, в таблице соответствий имеются три области разного вида и функций. Левую часть таблицы занимает область прибытия (терминология теории нечетких множеств) – множество возможных решений. В правой верхней части ТС находится область отправления – множество условий (факторов), определяющих выбор того или иного решения. В верхней строке записываются названия факторов, в следующей строке – значения и (или) коды значений этих факторов. В центральной части таблицы – матрице соответствий – с помощью единиц отмечают наличие связей между значениями условий и решениями [2, 3].

Алгоритм решения задачи по таблице соответствий заключается в поиске строки матрицы, в которой указаны соответствия для всех элементов заданного кортежа данных. Если такая строка имеется, то делается левое сечение и в области прибытия находят ответ – оптимальное решение.

Форма ТС как никакая другая обеспечивает сжатие информации. Во многих случаях одна таблица соответствий способна концентрировать в себе информацию о сотнях и тысячах вариантов решения однотипных по постановке задач. Кроме того, все атрибуты таблицы формализованы с помощью кодов, алгоритм поиска решений универсален и легко поддается автоматизации.

В то же время опыт моделирования задач выбора на основе традиционных ТС показал, что их применение неэффективно для сложных многопараметрических задач. Часто некоторым наборам значений входных параметров (т.е. конкретным условиям задачи) соответствует не одно, а несколько возможных решений. Понятно, что неоднозначность получаемых рекомендаций не может устроить пользователя. Проблема оказалась настолько серьезной, что потребовала проведения специальных исследований.

Для настоящего времени характерно стремление к более широкому применению математических методов для описания и анализа сложных систем. Отличительная особенность этих систем состоит в том, что помимо объективных законов в их функционировании существенную роль играют субъективные представления и суждения людей (экспертов). Эти представления чаще всего бывают выражены в понятиях, которые имеют нечеткий смысл с точки зрения классической математики. А язык традиционной математики, опирающийся на теорию множеств и двузначную логику, оказывается недостаточно гибким для моделирования реальных сложных систем.

Необходимость успешного использования математических методов для анализа сложных систем привела к созданию средств более точного и полного учета нечетких представлений и суждений людей о реальном мире в математических моделях [5].

В результате были разработаны методы и приемы преодоления неоднозначности решений, генерируемых табличными моделями, использующие идеи нечеткой математики [3, 4]. В частности, автором [3] предложен новый тип моделей задач класса выбора – таблицы соответствий со степенями принадлежности  $\mu_A$ , введенными в теории нечетких множеств. Это означает отказ от указания соответствий бинарными значениями булевой функции (1 – соответствие имеется, 0 – соответствия нет) и переход к использованию любых значений  $\mu_A$  в интервале от нуля до единицы.

Ниже показано, какой вид приняла предыдущая табличная модель после указания в ней соответствий с помощью степеней принадлежности (табл. 4). Значения последних были определены по построенным функциям принадлежности для факторов  $X_2$  и  $X_3$  и в результате бинарных сравнений по столбцам таблицы (подробности можно найти в работе [3]).

Сравнивая табл. 3 и 4, можно увидеть основные различия между двумя типами табличных моделей. В табл. 4 количество действительных чисел,

фиксирующих наличие соответствий, значительно больше количества единиц в табл. 3 (50 против 39). Очевидно, это связано с тем, что в обычных таблицах соответствий единицей отмечается только явное наличие соответствий между решением  $y_j$  и значением условия  $x_i$ , тогда как с помощью степени принадлежности  $\mu_A(x)$  можно оценить гораздо меньшую определенность ситуации.

Таблица 4

**Таблица соответствий со степенями принадлежности**

У	X <sub>1</sub>				X <sub>2</sub>				X <sub>3</sub>				X <sub>4</sub>			
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
РДСПЭ	1	1	0,8	0	1	0,8	0,3	0,1	1	1	0,8	0,2	1	1	1	1
Механи- зирован- ная в CO <sub>2</sub>	1	0,3	0	0,5	1	1	0,5	0,2	1	1	1	0,6	1	1	1	1
Автомати- ческая под флюсом	1	1	1	0	0,2	0,8	1	0,8	0	0	0,4	1	1	0,1	0,1	0
Электро- шлаковая	1	0,9	0,4	0	0	0	0,2	1	0	0	1	1	0	1	0	0

Кроме того, к достоинствам табл. 4 следует отнести то, что сравнительным анализом степеней принадлежности в одном столбце матрицы ТС можно оценить предпочтения между конкурирующими вариантами решений. Это дает возможность корректировать точность табличной модели при ее построении и одновременно устраняет проблему неоднозначности решений.

В целом предложенный новый тип моделей по сравнению с обычными справочными таблицами обладает большей информативностью и точностью.

Сделаем следующие выводы:

1. Существующее в технической литературе разнообразие форм представления справочно-нормативных данных в виде таблиц неудобно для решения конкретных задач и компьютерной обработки.

2. Предлагается переводить данные справочных таблиц в форму таблиц соответствий, специально предназначенных для поиска решений в задачах выбора.

3. Для устранения неоднозначности решений предложен новый тип моделей – таблицы соответствий со степенями принадлежности, обладающие большей информативностью и точностью.

## Список литературы

1. Цветков В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1972. – 240 с.
2. Горанский Г.К., Бендерова Э.И. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.
3. Лазарсон Э.В. Теория и методы решения многовариантных неформализованных задач выбора (с примерами из области сварки): монография. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 270 с.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенного решения: пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
5. Кузнецов П.Б., Оленикова Ю.К. Основы нечеткой математики (теория нечетких множеств): учеб. пособие / под ред. Д.О. Бытева. – Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. техн. ун-та, 2003. – 154 с.

Получено 7.09.2011