

УДК 658.336:004(045)

С. П. Борсук, асист.

МНОГОМЕРНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ОБУЧЕНИЯ

Институт электроники и систем управления НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

Рассмотрена возможность использования многомерных таблиц для регистрации данных в тренажёрах и системах обучения. Сформулированы предпосылки для использования таких таблиц и правила их создания. Приведены определения этих таблиц, их базовые свойства, элементарные алгебраические операции для таблиц с примерами.

Ключевые слова: тренажёр, система обучения, учебная информация, учёт данных, математический аппарат, элементарная алгебра.

Введение. Любая система обучения предоставляет пользователю доступ к некоторому объёму теоретической информации, предназначенной для изучения. Важным элементом системы является регистрация того, какие именно элементы теоретической информации принадлежат определённым главам и разделам системы, которые из них пользователь уже изучил и подтвердил их знание успешным выполнением контрольных заданий. В данной работе представляется способ регистрации единиц учебной информации в системе, приведены элементарные операции, которые можно производить при этом способе регистрации и примеры их использования.

Анализ предыдущих исследований и публикаций. Ранее уже были рассмотрены возможности разделения учебных материалов на элементарные информационные единицы [1]. Было предложено разделить учебную информацию в каждой главе на равные условные единицы материала (УЕМ). Учитывая, что основной формой информации в системе обучения является текст, УЕМ можно определить как определённое количество текстовых символов. При наличии в тексте других элементов (картинок, рисунков, таблиц и т. д.) их необходимо выразить посредством соответствующего количества текстовых символов для измерения учебного материала в общих единицах.

Всю учебную информацию было предложено поделить на условные логические единицы материала (УЛЕМ) – логически неразрывную часть учебного материала. Наличие понятия УЛЕМ позволяет выделять связные и логически непрерывные единицы изучаемого слушателем учебного материала. Условными логическими единицами материала могут быть теоремы, определения, аксиомы, формулы с пояснениями и другие элементы учебной информации. Реализовать данный способ разделения учебного материала можно при помощи операторных скобок, применяемых в языках разметки HTML и XML или собственных операторных скобок разработчика, понятных системе.

Постановка задачи. Задачей является создание такого способа регистрации информации в системах обучения, который мог бы использоваться для информации разного рода. Рассмотрены возможный способ регистрации информационных единиц в системе обучения, основные понятия про элементы, используемые в данном способе, и базовые операции с такими элементами.

Основные информационные единицы. Рассмотрим систему обучения, которая содержит ограниченный объём учебной информации. Пусть полный объём учебной информации разделён на главы, содержащие по несколько УЛЕМ. Каждая УЛЕМ должна быть зарегистрирована в системе и уникально отличаться от остальных УЛЕМ. С точки зрения системы для уникального отличия УЛЕМ от остальных ей необходимо присвоить порядковый номер. Пусть $i = (1...l)$ будет соответствовать порядковому номеру УЛЕМ. Поскольку одни и те же УЛЕМ могут находиться в разных главах (в целях закрепления пройденного материала или наличия опорных данных в сокращённом виде), необходимо

также ввести порядковый номер главы для различения таких УЛЕМ. Пусть $j = (1..m)$ будет соответствовать порядковому номеру главы. Очевидно, что в разных главах одинаковые УЛЕМ могут быть представлены в различной форме (текст, звук, графика). Пусть $k = (1..n)$ будет соответствовать k -й форме, в которой УЛЕМ представлена в этой работе.

Элемент e_{ijk} может принимать значения 0 или 1, определяя, представлена ли i -я УЛЕМ в j -й главе в k -й форме. Если представлена, то $e_{ijk} = 1$, в противном случае $e_{ijk} = 0$. Таблицей принадлежности УЛЕМ E будем называть объединение всех существующих в системе элементов e_{ijk} . Визуально для наглядности все элементы e_{ijk} можно расположить в трёхмерном пространстве. При этом параллельно осям Ox, Oy, Oz будут расположены элементы с возрастающими значениями i, j, k соответственно.

Две таблицы A и B считаются равными, если элементы $a_{ijk} = b_{ijk}$ для $\forall i, \forall j, \forall k$.

Элементарные операции. При определении элементарных операций следует помнить, что каждая таблица принадлежности содержит в себе информацию про наличие УЛЕМ в главах в определённом виде. Соответственно в результате одних операций изменяется лишь информация в таблицах, но не количество таблиц, а другие операции могут влиять на структуру таблиц и их количество. Таблицы до проведения операций будут обозначаться заглавными буквами (например A), а после проведения операций заглавными буквами с тильдой над ними (например $\tilde{A}$). Элементарными будем считать следующие операции:

- сложение;
- вычитание;
- добавление;
- исключение;
- слияние;
- сечение.

Результатом сложения таблиц A и B будет являться таблица $\tilde{A}$ и таблица $\tilde{B}$. В таблице $\tilde{A}$ такие $a_{ijk} = 1$, которые были равны 1 в таблице A , или те, у которых значения индексов совпадают с $b_{ijk} = 1$ (для $\forall i, \forall j, \forall k$). Суть операции сложения таблиц состоит в добавлении информации из второй слагаемой таблицы (B) в первую слагаемую таблицу (A). Операция сложения не является коммутативной. Рассмотрим пример:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

$$A + B \rightarrow \tilde{A}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}; \quad \tilde{B}_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Тут и далее оператор $\rightarrow$ обозначает, что справа от оператора находится результат операций, стоящих слева от оператора. Результатом операции $A + B$ будут таблица $\tilde{A}_1$ и таблица $\tilde{B}_1$.

$$B + A \rightarrow \tilde{B}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}; \quad \tilde{A}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Результатом операции $B + A$ будут таблица $\tilde{B}_2$ и таблица $\tilde{A}_2$. При этом, хотя $\tilde{A}_1 = \tilde{B}_2$, места расположения результатов имеют значение и в этом примере отличаются, а следовательно, $A + B \neq B + A$.

Результатом вычитания таблиц A и B будет являться таблица $\tilde{A}$ и таблица $\tilde{B}$. В таблице $\tilde{A}$ такие $a_{ijk} = 1$, которые были равны 1 в таблице A при условии, что $b_{ijk} \neq 0$ (для $\forall i, \forall j, \forall k$). Суть операции вычитания состоит в исключении из уменьшаемой таблицы (A) информации, содержащейся в вычитаемой таблице (B). Операция вычитания не является коммутативной:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

$$A - B \rightarrow \tilde{A}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad \tilde{B}_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Результатом операции $A - B$ будут таблица $\tilde{A}$ и таблица $\tilde{B}$:

$$B - A \rightarrow \tilde{B}_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad \tilde{A}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Результатом операции $B - A$ будут таблица $\tilde{B}_2$ и таблица $\tilde{A}_2$. При этом $\tilde{A}_1 \neq \tilde{B}_2$, а следовательно, $A - B \neq B - A$.

Результатом добавления таблицы B в таблицу A является таблица $\tilde{A}$. Значения всех, кроме одного, измерения таблиц A и B должны совпадать. Значение последнего измерения таблицы $\tilde{A}$ принимает значение суммы последнего измерения таблиц A и B . Например, необходимо добавить в таблицу A информацию, находящуюся в таблице B , про новую учебную главу, содержащую только существующие УЛЕМ и формы.

Пусть размеры первой таблицы равны $i = 1 \dots l, j = 1 \dots m, k = 1 \dots n$, тогда размеры второй таблицы должны быть равны $i = 1 \dots l, j = 1 \dots (m+1), k = 1 \dots n$. Результатом добавления таблицы B в таблицу A будет таблица $\tilde{A}$ с размерами $i = 1 \dots l, j = 1 \dots (m+1), k = 1 \dots n$:

$$A = \begin{matrix} & & j \rightarrow & & & & & & & & \\ i \downarrow & & & k=n & & & k=n & & & k=n & \\ \left| \begin{array}{cccc} a_{111} & a_{121} & \dots & a_{1m1} \\ a_{211} & a_{221} & \dots & a_{2m1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{l11} & a_{l21} & \dots & a_{lm1} \end{array} \right| & \left| \begin{array}{cccc} a_{112} & a_{122} & \dots & a_{1m2} \\ a_{212} & a_{222} & \dots & a_{2m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{l12} & a_{l22} & \dots & a_{lm2} \end{array} \right| & \dots & \left| \begin{array}{cccc} a_{11z} & a_{12z} & \dots & a_{1mz} \\ a_{21z} & a_{22z} & \dots & a_{2mz} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{l1z} & a_{l2z} & \dots & a_{lmz} \end{array} \right|, \end{matrix}$$

$$B = \begin{matrix} & & j \rightarrow & & & & & & & & \\ i \downarrow & & & k=1 & k=2 & & & k=n & & & \\ \left| \begin{array}{c} b_{111} \\ b_{211} \\ \dots \\ b_{l11} \end{array} \right| & \left| \begin{array}{c} b_{112} \\ b_{212} \\ \dots \\ b_{l12} \end{array} \right| & \dots & \left| \begin{array}{c} b_{11n} \\ b_{21n} \\ \dots \\ b_{l1n} \end{array} \right|, \end{matrix}$$

$$A \cup B \rightarrow \tilde{A} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} j \rightarrow \\ i \downarrow \end{array} \begin{array}{c|c|c} k=n & k=n & k=n \\ \hline a_{111} & a_{121} & \dots & a_{1(m+1)1} & a_{112} & a_{122} & \dots & a_{1(m+1)2} & \dots & a_{11n} & a_{12n} & \dots & a_{1(m+1)n} \\ \hline a_{211} & a_{221} & \dots & a_{2(m+1)1} & a_{212} & a_{222} & \dots & a_{2(m+1)2} & \dots & a_{21n} & a_{22n} & \dots & a_{2(m+1)n} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline a_{l11} & a_{l21} & \dots & a_{l(m+1)1} & a_{l12} & a_{l22} & \dots & a_{l(m+1)2} & \dots & a_{l1n} & a_{l2n} & \dots & a_{l(m+1)n} \end{array} \end{array},$$

где $a_{i(m+1)k} = b_{ilk}$ для $\forall i, \forall k$ при $i = 1 \dots l, k = 1 \dots n$.

В данном случае предполагается, что добавление производится в конец таблицы. При необходимости добавить информацию про главу, которая находится в середине учебного материала, в качестве параметра можно указывать порядковый номер добавляемой главы t . Тогда порядковые номера глав, которые больше или равны t , увеличиваются на 1:

$$A \cup B(t) \rightarrow \tilde{A} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} j \rightarrow \\ i \downarrow \end{array} \begin{array}{c|c} k=1 & k=n \\ \hline a_{111} & \dots & a_{1t1} & \dots & a_{1(m+1)1} & a_{11n} & \dots & a_{1tn} & \dots & a_{1(m+1)n} \\ \hline a_{211} & \dots & a_{2t1} & \dots & a_{2(m+1)1} & a_{21n} & \dots & a_{2tn} & \dots & a_{2(m+1)n} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline a_{l11} & \dots & a_{lt1} & \dots & a_{l(m+1)1} & a_{l1n} & \dots & a_{ltn} & \dots & a_{l(m+1)n} \end{array} \end{array},$$

где $a_{itk} = b_{ilk}$ для $\forall i, \forall k$ при $i = 1 \dots l, k = 1 \dots n, (1 \leq t \leq y)$.

В приведённых примерах количество УЛЕМ x и количество форм предоставления информации z неизменно, а количество глав в таблице увеличилось на единицу. В общем случае можно добавлять в таблицу информацию о нескольких элементах на разные порядковые места. Операция добавления не является коммутативной.

Результатом исключения таблицы из таблицы A заданных элементов является таблица $\tilde{A}$. Элементы, подлежащие исключению, могут быть указаны, как в виде второй таблицы

$A \overset{\alpha}{\cap} B(p_1, p_2, p_3)$ с указанием исключаемого измерения и параметров исключаемых элементов,

так и просто в виде индексов исключаемых элементов $A \overset{j}{\cap} (1-x; 2, 3-5; 1-z)$. Значения двух из трёх размерностей таблиц A и B должны совпадать. Значения третьей размерности таблицы B и дополнительные параметры определяют, какие именно элементы из таблицы A должны быть исключены. Например, необходимо исключить из таблицы A информацию про t -ю главу ($1 \leq t \leq y$). Тогда, если значения размерностей таблицы A равны $i = 1 \dots l, j = 1 \dots m, k = 1 \dots n$, значения размерностей таблицы B будут $i = 1 \dots l, 1, k = 1 \dots n$, а форма записи такая:

$$A \overset{j}{\cap} B(t) \rightarrow \tilde{A},$$

или

$$A \overset{j}{\cap} (1-l; t; 1-n) \rightarrow \tilde{A}.$$

В результате получим

$$A \overset{j}{\cap} B(t) = A \overset{j}{\cap} (1-l; t; 1-n) \rightarrow$$

$$\rightarrow \tilde{A} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} j \rightarrow \\ i \downarrow \end{array} \begin{array}{c|c} k=1 & k=n \\ \hline a_{111} & \dots & a_{1(t-1)1} & a_{1(t+1)1} & \dots & a_{1m1} & a_{11n} & \dots & a_{1(t-1)n} & a_{1(t+1)n} & \dots & a_{1mn} \\ \hline a_{211} & \dots & a_{2(t-1)1} & a_{2(t+1)1} & \dots & a_{2m1} & a_{21n} & \dots & a_{2(t-1)n} & a_{2(t+1)n} & \dots & a_{2mn} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline a_{l11} & \dots & a_{l(t-1)1} & a_{l(t+1)1} & \dots & a_{lm1} & a_{l1n} & \dots & a_{l(t-1)n} & a_{l(t+1)n} & \dots & a_{lmn} \end{array} \end{array}.$$

Результатом слияния таблицы A относительно измерения d будет таблица $A_{\bar{d}}$, в которой все элементы с одинаковыми значениями индексов измерения d объединяются в один элемент.

Рассмотрим варианты с объединением всех элементов с одинаковыми индексами, определяющими форму, порядковый номер или главу в один элемент. Например, объединив элементы с одинаковыми индексами формы k , где $k = (1 \dots n)$, получим элемент e_{ij} . Эта операция аналогична логическому ИЛИ, то есть, если хотя бы один из n элементов не равен нулю, то $e_{ij} = 1$. Например, пусть изначально есть таблица A :

$$A = \begin{array}{c|ccc|ccc|ccc} & \overset{j \rightarrow}{k=1} & & & \overset{j \rightarrow}{k=2} & & & \overset{j \rightarrow}{k=3} & & & \\ \overset{i \downarrow}{i} & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \\ \hline & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \\ \hline & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \end{array}$$

Проведём слияние таблицы A относительно измерения k . Тогда

$$A_{\bar{k}} = \begin{array}{c|cc} & k=1 & k=2 & k=3 \\ \hline i & 1 & 1 & 1 \\ \hline & 1 & 1 & 0 \\ \hline & 1 & 0 & 0 \end{array}$$

При слиянии таблицы A относительно измерения k , получаем таблицу принадлежности УЛЕМ в главах вне зависимости от их формы $A_{\bar{k}}$. Эта таблица покажет, в каких главах есть каждая УЛЕМ без указания формы её представления. При слиянии таблицы A относительно измерения j получаем таблицу наличия УЛЕМ в учебном материале вне зависимости от главы $A_{\bar{j}}$. Эта таблица покажет, какую форму имеет каждая УЛЕМ в полном объёме учебного материала без распределения по главам. При слиянии таблицы A относительно измерения i получаем таблицу наличия информации определённой формы в главах вне зависимости от порядкового номера УЛЕМ $A_{\bar{i}}$. Эта таблица покажет, в каких главах приведены какие формы учебной информации без указания конкретных порядковых номеров УЛЕМ.

Суть операции сечения [2] заключается в том, что в n -мерной таблице A фиксируется значение выбранного измерения $d = x$. Результатом такой операции становится $n-1$ -мерная таблица $A_{d=x}$, в которой есть все элементы таблицы A со значениями измерения d , равными x .

Проведём сечение ориентации j . Полученная двумерная таблица $A_{j=t}$ будет содержать элементы a_{ijk} при $i = (1, l)$, $j = t$, $k = (1, n)$. Эта таблица покажет всевозможные формы УЛЕМ в t -й главе. Возьмём таблицу из предыдущего примера и найдём $A_{j=1}$:

$$A_{j=1} = \begin{array}{c|cc} & k=1 & k=2 & k=3 \\ \hline i & 1 & 1 & 1 \\ \hline & 1 & 1 & 0 \\ \hline & 0 & 1 & 1 \end{array}$$

Аналогично можно провести сечения ориентации i и ориентации k .

Проведём сечение двукратной ориентации i, k или строку направления j . Полученная таблица $A_{i=t_1, j=t_2}$ будет содержать элементы a_{ijk} при $i = t_1$, $j = t_2$, $k = (1, n)$. Эта таблица покажет, в каких главах содержится t_1 -я УЛЕМ в t_2 -й форме. Возьмём таблицу из предыдущего примера и найдём $A_{i=1, k=2}$:

$$A_{i=1,k=2} = \begin{matrix} & j \rightarrow \\ i \downarrow & \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} \\ & k=2 \end{matrix}$$

Аналогічно можна провести сечення двукратною орієнтації i, j або j, k .

В записи типу $X_{Y=f, \bar{U}}$, X – це розглядавана таблиця, маюча довільну кількість вимірювань. Нехай U і Y – індекси для двох вимірювань, $Y = (1, \alpha)$, $U = (1, \beta)$. В даному випадку індекс $Y = f$ означає, що розглядавана таблиця буде містити тільки ті елементи, в яких Y приймає значення f . Індекс $\bar{U}$ означає, що в цій таблиці всі елементи таблиці X з однаковими значеннями індексів U будуть приведені в вигляді одного елемента. При цьому, якщо хоча б один з елементів таблиці X з однаковими значеннями індекса U приймає значення 1, то елемент, що утворюється в результаті операції, також приймає значення 1.

Описані операції умовно можна розділити на дві групи. Перша група включає в себе додавання, віднімання, додавання і виключення. Ця група характеризується тим, що кожна з операцій вносить певні зміни в цільову таблицю. До другої групи входять злиття і сечення. Ця група характеризується тим, що таблиця відображається з урахуванням заданих умов і при цьому змін в таблицю не вносяться.

Висновки. Представлений спосіб реєстрації УЛЕМ дозволяє працювати з таблицями, призначеними для реєстрації УЛЕМ в главах, таблицями реєстрації відповідей слухача на контрольні завдання по вивченим УЛЕМ, а також іншими видами таблиць. Використовуючи описані елементарні операції, можна легко вносити зміни в таблиці або виводити необхідні дані про слухача або групу слухачів для аналізу.

Дальнішим розвитком способу можуть бути дослідження більш складних і комплексних операцій, розгляд процесу аналізу отриманих результатів, вплив отриманих результатів на процес навчання в випадку адаптивних систем і др.

Список литературы

1. Синеглазов В. М. Реформирование учебных материалов в автоматизированной системе обучения / В. М. Синеглазов, С. П. Борсук: – материалы IX міжнар. наук.-техн. конф. «Авіа-2009». – К.: НАУ, 2009. – Т.2. – С. 8.55 – 8.59.
2. Соколов Н. П. Пространственные таблицы и их приложения. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 300 с.

С. П. Борсук

Багатовимірні таблиці для реєстрації даних в системах навчання

Розглянуто можливість використання багатовимірних таблиць для реєстрації даних у тренажерах та системах навчання. Сформульовано засади для використання таких таблиць та правила їх створення. Наведено визначення цих таблиць, їх базові властивості, елементарні алгебраїчні операції для таблиць з прикладами.

S. P. Borsuk

Multidimensional tables for data registration in the teaching systems

The possibility of multidimensional tables use for data registration in the trainers and teaching systems is observed in the article. Also the purposes for such tables use and rules of their creation are stated. Also stated tables definitions, their basic properties and elementary algebraic operations with examples.