

УДК 51-33:371.26:629.735.072.8.08(045)

С. П. Борсук, канд. техн. наук, доц.

МНОГОМЕРНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ УСПЕВАЕМОСТИ НА ТРЕНАЖЁРАХ

Институт аэрокосмических систем управления НАУ, e-mail: iecs.edu.ua

Рассмотрена возможность использования многомерных таблиц принадлежности для регистрации успеваемости обучения операторов авиационного тренажёра. Приведён принцип регистрации успеваемости, который базируется на разделении каждого тренажёрного сценария на элементарные задания, предложен список элементарных операций, которые могут быть выполнены с таблицами принадлежности.

Ключевые слова: многомерные таблицы принадлежности, авиационный тренажёр, сценарий, моделируемая среда, успеваемость.

Введение. Любой тренажёр, предназначенный для отработки поведения оператора в предопределённых условиях, работает по схожему алгоритму. В такой тренажёр вкладывается набор различных сценариев, каждый из которых позволяет оператору отработать определённую часть запланированных учебных действий. Эти сценарии в свою очередь состоят из типичных для имитируемой системы действий и процессов, на которые и может повлиять оператор.

Анализ предыдущих исследований и публикаций. В качестве отправной точки была взята идея разделения учебных материалов на элементарные информационные единицы [1; 2] и спроецирована на учебные сценарии авиационных тренажёров. Принцип разделения учебных материалов на отдельные элементарные составляющие может быть использован и в случае тренажёрных сценариев. Действительно разделение каждого из учебных сценариев на элементарные составляющие действия и определение усвоения оператором того или иного элементарного действия позволяет использовать формат таблиц принадлежности.

Постановка задачи. Целью работы является демонстрация использования таблиц принадлежности для регистрации успеваемости оператора на авиационных тренажёрах.

Сценарии, элементарные действия, элементы моделируемой среды. Весь процесс обучения оператора на тренажёре при помощи тренажёрных сценариев преследует цель отработки у оператора навыков поведения в определённых ситуациях. Каждый сценарий предоставляет оператору возможность опробовать свои силы при решении одной сложной задачи. Примером таких задач может являться полёт по маршруту для гражданских летательных аппаратов (ЛА), выполнение манёвров для военных ЛА, выполнение сложных перелётов с дозаправкой как на земле, так и в воздухе и т. п. Сами по себе тренажёрные сценарии являются законченными последовательностями ситуаций, в каждой из которых оператору необходимо принять верное решение, базирясь на имеющейся у него информации и предпринять верное действие для изменения состояния ЛА в виртуальной среде.

Пусть s_j представляет один из m сценариев, доступный для оператора на тренажёре $j = (1 \dots m)$. Допустим, что оператор может проходить все доступные ему сценарии в произвольном порядке. Рассмотрим произвольный сценарий, представленный оператору на тренажёре. Для того чтобы оценивать состояние моделируемой среды, оператору необходимо получать о ней информацию. В моделируемой среде процесс получения такой информации осуществляется путём анализа оператором показаний виртуальных элементов индикации, предназначенных для такого анализа. Определим множество этих элементов, как A , а количество, как q_A . Для того, чтобы влиять на моделируемую среду, оператору

необходимо иметь элементы управления, доступные ему в этой среде. Определим их множество, как B , а количество, как q_B . Представим сценарий в виде последовательных переходов имитируемой среды из одного состояния в другое. Определим влияние элементов управления на элементы индикации как функцию F_1 , а влияние оператора на элементы управления в зависимости от показаний элементов индикации, как функцию F_2 . Тогда формальное описание перехода от g -го к $(g+1)$ -му состоянию будет принимать вид

$$\begin{aligned}A_g &= F_1(B_{g-1}); \\B_g &= F_2(A_g); \\A_{g+1} &= F_1(B_g); \\B_{g+1} &= F_2(A_{g+1}).\end{aligned}$$

Основной целью обучения на тренажёре является отработка оператором правильной последовательности действий при решении возникших задач. Задачи всех сценариев, запрограммированных на тренажёре, объединены общей областью применения и взаимным дополнением в реальных условиях. По сути, каждая из задач, отрабатываемых в сценариях, может возникнуть перед оператором в процессе реальной работы с определённой вероятностью. В свою очередь, глобальная задача каждого из сценариев может быть разделена на элементарные задачи, достижение которых осуществляется оператором за меньшее время, по сравнению с решением задачи целого сценария. Каждая из таких элементарных задач является общей для моделируемой среды, т. е. каждый сценарий состоит из определённой последовательности элементарных задач, которые, будучи решёнными в различных комбинациях, приводят оператора к решению задач различных сценариев.

Пусть T – множество таких элементарных задач, n – их количество, каждая из задач описывается, как t_k , $k = (1..n)$. Каждый сценарий в таком случае можно описать, как последовательность из μ задач, поставленных перед оператором и требующих решения. Первой проблемой, возникающей при табличном описании последовательностей элементарных задач сценария, является разветвление этих последовательностей. Специфика авиационной отрасли позволяет утверждать, что рассматриваемая последовательность задач будет преимущественно линейная. Для любой категории персонала существуют нормативные документы типа руководства по техническому обслуживанию или полётного плана, в которых чётко, однозначно прописаны пошаговые инструкции. Ситуации, в которых оператор имеет возможность выбора, являются либо сводимыми к линейным последовательностям, либо чрезвычайными. Первый случай рассматривается в данной работе, второй случай рассматриваться не будет. Второй проблемой является многократность появления одних и тех же элементарных задач в ходе сценария. В идеальных условиях одна и та же поставленная задача должна решаться оператором одинаково. Такое утверждение абсолютно справедливо для элементарных задач, выполнение которых не имеет взаимного влияния. В случае же рассмотрения сценариев из авиационной отрасли сложность одной и той же элементарной задачи (например, набора высоты самолётом) сильно зависит от предшествующих ей задач (например, в ходе полёта по маршруту или после разгона по взлётно-посадочной полосе). С целью упрощения поставленной задачи ограничимся простым учётом наличия тех или иных элементарных задач в ходе каждого сценария. В случае наличия нескольких одинаковых элементарных задач каждое их появление должно быть решено оператором удовлетворительно для учёта этой задачи, как успешно пройденной.

Исходя из изложенного, каждый сценарий s_j можно представить в виде последовательности задач t_k в виде $s_j = (t_1, t_2, \dots, t_k)$.

Таблицы принадлежности, операции с ними. Сама по себе произвольная таблица принадлежности A состоит из множества упорядоченных элементов a . Эти элементы упорядочены такому количеству измерений, какое необходимо для полноценного описания предметной области. В случае занесения в таблицы информации об успеваемости операторов такие измерения будут учитывать операторов, сценарии и элементарные задачи в сценариях. Пусть количество операторов равно l , количество сценариев равно m , количество элементарных задач в сценариях равно n . Тогда для одного оператора, прошедшего один сценарий, таблица примет вид $A = (a_{111}, a_{112}, \dots, a_{11n})$.

Для того же оператора, прошедшего m сценариев, таблица примет вид

$$A = \begin{pmatrix} a_{111} & a_{112} & \dots & a_{11n} \\ a_{121} & a_{122} & \dots & a_{12n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1m1} & a_{1m2} & \dots & a_{1mn} \end{pmatrix},$$

где каждый элемент a_{ijk} ($i = (1 \dots l)$) соответствует удовлетворительно решённой элементарной задаче t_{ijk} . При занесении в таблицу информации о нескольких пользователях она становится трехмерной.

Список операций с таблицами принадлежности, которые предложено считать элементарными, включает в себя сложение, вычитание, добавление, исключение, слияние, сечение [1].

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 $\forall i, \forall j, \forall k$). Операция сложения будет обозначаться символом «+».

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 $\forall i, \forall j, \forall k$). Операция вычитания будет обозначаться символом «-».

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

Результатом исключения таблицы из таблицы A заданных элементов является таблица $\tilde{A}$. Элементы, подлежащие исключению, могут быть указаны как в виде второй таблицы $A \cap B(2, 3-5)$ (в скобках указываются параметры исключаемых элементов), так и просто в виде индексов исключаемых элементов $A \cap (1-x; 2, 3-5; 1-z)$. 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. Операция исключения будет обозначаться символом $\cap$.

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. Если хотя бы один из элементов не равен нулю, то $a_{ij} = 1$. Операция слияния будет обозначаться символом $A_{\bar{d}}$, где индекс отвечает за измерение, относительно которого производится слияние.

Суть операции сечения [3] 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 приведены все элементы таблицы A со значениями измерения d , равными x . Операция сечения будет обозначаться символом $A_{\alpha=x}$, где индекс отвечает за измерение, относительно которого производится сечение, и определяет точку сечения.

Также следует указать дополнительную операцию разделения. Суть этой операции заключается в разделении одной таблицы на две. При этом все размерности исходной таблицы, кроме одной, остаются неизменными. Операция разделения будет обозначаться $A_{cut}^{\alpha(y)}[B, C]$, где индекс определяет измерение, относительно которого производится разделение, и точку раздела. В скобках указаны названия новых таблиц принадлежности.

Описанные операции условно можно разделить на две группы. Первая группа характеризуется тем, что каждая из операций вносит определённые изменения в целевую таблицу и включает в себя сложение, вычитание, добавление, исключение и разделение. Вторая группа характеризуется тем, что таблица отображается с учётом заданных условий и при этом изменения в таблицу не вносятся, и в неё входят слияние и сечение.

Учёт успеваемости операторов. Рассмотрим таблицу принадлежности A , которая должна содержать информацию об операторах, проходящих обучение на тренажёре. Изначально при отсутствии операторов таблица будет пустой; $A = ()$. Операторы, проходя первый сценарий, заполняют таблицу своими данными. Ограничимся одним оператором для демонстрации процесса оценивания результатов его работы. Таблица будет иметь вид

$$A = \begin{pmatrix} a_{111} & a_{112} & \dots & a_{11n} \\ a_{121} & a_{122} & \dots & a_{12n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1j1} & a_{1j2} & \dots & a_{1jn} \end{pmatrix}.$$

В строках в таблице будут находиться элементы, относящиеся к одному оператору, а в столбцах – элементы, относящиеся к одной элементарной задаче. Элемент таблицы будет принимать значение 1, если данный оператор справился с выполнением данной элементарной задачи удовлетворительно. В противном случае элемент таблицы примет значение 0.

Следует помнить о том, что не обязательно все элементарные задачи содержатся в каждом из сценариев. Некоторые сценарии могут не содержать одной или нескольких элементарных задач, особенно если эти задачи специфические и редко используются. Для таких случаев предлагается использовать шаблонную таблицу B_j , в которой элементы b_{ijk} , соответствующие отсутствующим в сценарии элементарным задачам, будут иметь значения 1, а все остальные – 0. Для каждого сценария будет существовать отдельная таблица, а при работе с полноценными показаниями для отдельного пользователя их можно будет объединять в виде $B = (B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_j)$, получив в результате таблицу

$$B = \begin{pmatrix} b_{i11} & b_{i12} & \dots & b_{i1n} \\ b_{i21} & b_{i22} & \dots & b_{i2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{im1} & b_{im2} & \dots & b_{imn} \end{pmatrix}.$$

Изначально все элементы таблицы A_i , содержащей информацию про успеваемость i -го оператора, равны 0. Складывая таблицу A_i с шаблонной таблицей B_j , в результате получим таблицу A_i^1 , имеющую по умолчанию значения элементов $a_{ijk} = 1$ для тех элементов, которые не принимают участия в оценке успеваемости оператора. Эта таблица и будет использоваться как основная для занесения успеваемости i -го оператора после выполнения им сценариев. После выполнения каждого сценария в соответствующем столбце значения элементов a_{ijk} будут изменяться с 0 на 1 для тех элементарных задач, которые оператор выполнил удовлетворительно. После выполнения всех сценариев таблица A_i будет содержать актуальную информацию об успеваемости оператора.

Выводы. Использование таблиц принадлежности позволяет быстро и удобно регистрировать успеваемость оператора при выполнении им тренажёрных сценариев на авиационных тренажёрах.

Для группы операторов, проходящих обучение на одних и тех же сценариях, собранная информация может быть легко обработана. На основании такой обработки можно получить выводы как об успеваемости отдельного оператора, так и об успеваемости группы операторов, а также о динамике их успеваемости и о степени сложности тренажёрных сценариев, изучаемых операторами.

Список литературы

1. Синеглазов В. М. Реформирование учебных материалов в автоматизированной системе обучения / В. М. Синеглазов, С. П. Борсук // Матеріали ІХ міжнар. наук.-техн. конф. «Авіа-2009». – К.: НАУ, 2009. – Т.2. – С. 8.55–8.59.
2. Борсук С. П. Многомерные таблицы для регистрации данных в системах обучения / С. П. Борсук // Електроніка та системи управління. – 2010. – № 2 (24). – С. 100–105.
3. Соколов Н. П. Пространственные таблицы и их приложения / Н. П. Соколов. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 300 с.

С. П. Борсук

Багатовимірні таблиці для реєстрації успішності на тренажерах

Розглянуто можливість використання багатовимірних таблиць належності для реєстрації успішності навчання операторів авіаційного тренажера. Наведено принцип реєстрації успішності, який базується на розподілі кожного тренажерного сценарію на елементарні завдання, запропоновано список елементарних операцій, які можна виконувати з таблицями належності.

S. P. Borsuk

Multidimensional tables for operator learning progress registration in the trainers

The possibility of multidimensional pertainment tables usage for operator learning progress registration in the aviation trainers and proposed in the article. Also the purposes principle of such registration is reviewed. This principle is basing on every training scenario subdivision into elementary tasks. The list of basic operations for the pertainment tables is proposed.