

УДК: 51-33:271.26:629.735.072.8.08(045)

С.П. БОРСУК

Национальный авиационный университет, Киев, Украина

РЕГИСТРАЦИЯ «ПЛАВАЮЩЕЙ» УСПЕВАЕМОСТИ ОПЕРАТОРОВ ПРИ ПОМОЩИ ТАБЛИЦ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

В статье рассматривается использование таблиц принадлежности для регистрации успеваемости оператора после многократного прохождения им одного и того же контроля знаний. Приведено описание такой таблицы принадлежности, раскрыто назначение её элементов и описаны используемые в таблице измерения. Пошагово описан процесс заполнения таблицы принадлежности результатами контроля знаний; вычисление разностей между результатами смежных процессов контроля знаний и занесение этой информации во вспомогательные таблицы; описано объединение вспомогательных таблиц и их особое свойство; описано вычисление количества изменений уровня знаний оператора по каждой из ключевых задач и использование полученных результатов для выделения потенциально сложных тем.

Ключевые слова: обучение оператора, контроль знаний, регистрация успеваемости, таблицы принадлежности.

Введение

Существенное влияние человеческого фактора (ЧФ) на безопасность авиационных транспортных систем (АТС) [1] способствовало разработке и реализации разнообразных концепций по контролю соответствующих угроз и управлению безопасностью полетов (БП) [2, 3]. При этом, учитывая стоимость профессиональной подготовки (ПП) авиационных операторов, немаловажным считается совершенствование ее процессов на тренажерах [4 – 7], поскольку именно во время тренировок на них мастерство, скажем, пилотов может быть доведено до наивысшего уровня операторской подготовки, называемого «режимом синхронного генератора» [8, 9]

Отметим, что в процессе обучения авиационного оператора на тренажере некоторые изучаемые темы, процессы и явления профессиональной деятельности в силу самых разнообразных причин объективного и субъективного характера не усваиваются им на уровне, требуемом для надлежащего обеспечения БП, и требуют дополнительной отработки. В процессе таких повторов оператор заново изучает теоретическое и практическое содержание отрабатываемого упражнения, и после окончания повторного изучения опять таки заново проходит контроль знаний.

Естественно, что в случае, когда оператор имеет дело с достаточно сложной системой управления, весь объем пройденного им материала при каждом контроле должен быть перепроверен заново. В случае нескольких таких проверок могут возникать си-

туации, когда на каждом контроле знаний неудовлетворительными будут признаны различные разделы, темы, упражнения пройденного материала при постоянно повышающемся общем уровне ПП. Однако, соответствующие рекомендации по мониторингу уровня ПП авиационных операторов формируются, как правило, исходя из богатого личного опыта летно-методической работы (ЛМР) их разработчиков, поэтому не являются оптимальными.

1. Анализ предыдущих исследований и публикаций

В качестве отправной точки используется идея разделения учебных материалов на элементарные информационные единицы [10], которая была впоследствии спроецирована на учебные сценарии авиационных тренажеров. Для регистрации таких элементарных учебных единиц были предложены так называемые таблицы принадлежности [11, 12], определяющие наличие или отсутствие элементов в какой-либо группе. Данный способ учёта качества ПП легко может быть использован при контроле знаний оператора при условии, что бинарное оценивание приемлемо. Как правило в случаях оценки знаний по работе со сложными технологическими системами, которые представляют угрозу для человеческих жизней такое оценивание наиболее приемлемо, в отличие от шкал различной степени градации, которые используются в педагогике [13-15].

Указанный недостаток связан с тем, что нарушаются главные постулаты теории измерений [16 –

18 и др.], когда с этими баллами, измеренными в шкале упорядочения (ранговой), пытаются осуществлять математические действия, как если бы это были результаты физико-технических измерений.

Хотя, как показывают результаты исследований, проведенных под руководством проф. А.Н. Ревы [19 – 25 и др.] указанные недостатки достаточно легко устраняются методами теории лингвистических переменных и нечетких множеств [26 – 29 и др.].

2. Постановка задачи исследований

В ходе многократного прохождения оператором контроля знаний на тренажёре возможны ситуации, когда одна и та же задача будет решена им с различным результатом. На это влияет два фактора – дополнительное изучение, которое позволяет оператору лучше подготовиться к контролю знаний и повысить оценку и забывание учебного материала, которое приводит к её понижению. В случае сложных технологических систем, когда оператор постоянно изучает большой объём учебного материала и повторно проходит контроль знаний возможно возникновение ситуации с чередованием удовлетворительных и неудовлетворительных оценок за выполнение им одного и того же задания. Такое чередование будем называть «плавающей» успеваемостью.

Целью данной статьи является демонстрация использования таблиц принадлежности для регистрации «плавающей» успеваемости оператора при обучении на тренажёре.

2.1 Таблицы принадлежности и операции с ними

Рассмотрим произвольный ограниченный объём учебного материала, усвоение которого проверяется на тренажёре. В результате проведённого контроля знаний будет получена информация по всем задачам, которые решались оператором. Для хранения результатов оценивания успеваемость оператора по бинарной шкале будем использовать элементы a , каждый из которых будет принимать значение 1 если контроль знаний пройден успешно и 0 если контроль знаний был провален. Из таких элементов составим таблицу называть таблицей принадлежности.

Любая произвольная таблица принадлежности A состоит из множества упорядоченных элементов $A = \|a_{ij}\|$ [10]. Эти элементы упорядочены по такому количеству измерений, какое необходимо для полноценного описания предметной области знаний элементами a_{ij} .

В случае учёта успеваемости одного оператора при прохождении одного и того же контроля знаний, такие измерения могут учитывать номер прохождения и номера ключевых задач.

Пусть количество прохождений равно 1, а количество ключевых задач равно m . Тогда после первого прохождения тренировочного упражнения и соответствующего его контроля таблица примет вид

$$A = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1m}). \quad (1)$$

Элементы такой таблицы будут показывать – правильно ли были решены оператором ключевые задачи текущего контроля знаний.

Для конкретного оператора, прошедшего контроль знаний 1 раз таблица примет вид:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{l1} & a_{l2} & \dots & a_{lm} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где a_{ij} – элемент таблицы ($i = \overline{1, l}$, $j = \overline{1, m}$), соответствующий j -й ключевой задаче, удовлетворительно решённой во время i -го контроля знаний.

При необходимости можно добавить в таблицу информацию о выполнении оператором других контролей знаний, или информацию о прохождении другими операторами аналогичного контроля знаний. В случае добавления какой-либо дополнительной информации количество измерений таблицы будет возрастать на 1 для каждого дополнительного параметра.

Перечень операций с таблицами принадлежности, которые автором предложено считать элементарными включает в себя сложение, вычитание, добавление, исключение, слияние, сечение [11] и операцию деления [12].

2.2. Учёт «плавающей» успеваемости оператора

Рассмотрим таблицу принадлежности A , содержащую информацию о результатах нескольких прохождений одного и того же контроля знаний одним оператором. Изначально при отсутствии данных таблица будет пустой: $A = (\emptyset)$. Результаты прохождения оператором несколько раз одного и того же контроля знаний, составляют статистику для заполнения таблицы, аналогичной таблице (2).

В строках в таблицы вида (2) будут находиться элементы, относящиеся к одному прохождению контроля знаний, определяющие успешность при решении ключевой задачи. В столбцах будут находиться элементы, относящиеся к одной ключевой задаче.

Элемент таблицы будет принимать значение $a_{ij}=1$ если оператор справился с выполнением дан-

ной ключевой задачи удовлетворительно при данном прохождении контроля знаний. В противном случае элемент таблицы будет принимать значение $a_{ij} = 0$.

Единая таблица A может быть также представлена в виде множества таблиц A_i , каждая из которых будет представлять успеваемость оператора при i -м прохождении им ключевых задач контроля знаний.

По определению [11, 12] 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 . И очевидно, что получить исходную таблицу A можно путём последовательного добавления таблиц $A_{i=2}, A_{i=3}, \dots, A_{i=n}$ в таблицу $A_{i=1}$, или:

$$A_{i=1} \cup A_{i=2} \cup A_{i=3} \cup \dots \cup A_{i=n} \rightarrow A. \quad (3)$$

Имея i таблиц, каждая из которых представляет «срез» успеваемости оператора можно определить – какие из ключевых задач решались оператором с переменным успехом. Для этого определим $i-1$ таблиц, в которые будем заносить информацию про изменение успеваемости оператора, опираясь на данные двух соседних таблиц A_i и A_{i+1} . По определению [11, 12] 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 $\forall i, \forall j, \forall k$).

Произведём вычитание $A_i - A_{i+1}$ для всех $i = 1..(1-1)$. Примем обозначение $A_i - A_{i+1} \rightarrow \Delta^1 A_i$.

Произведём вычитание $A_{i+1} - A_i$ для всех $i = 1, (n-1)$. Примем обозначение $A_{i+1} - A_i \rightarrow \Delta^2 A_i$.

По определению [11, 12] 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 $\forall i, \forall j, \forall k$).

Произведём сложение

$$\Delta^1 A_i + \Delta^2 A_i \rightarrow \Delta A_i, \quad \forall i = 1, (1-1).$$

В результате получим набор таблиц $\Delta A_1, \Delta A_2, \dots, \Delta A_{m-1}$, определяющих, менялся ли уровень знаний оператора по каждой из ключевых задач между парами контролей знаний.

Из полученных таким образом таблиц путём объединения можно построить обобщенную таблицу

$$\Delta A = \Delta A_1 \cup \Delta A_2 \cup \dots \cup \Delta A_{m-1}. \quad (5)$$

Элементы таблицы ΔA показывают изменение уровня знаний оператора в соседних прохождениях контроля знаний.

Таблица Δ_i обладает следующим свойством. Если взять таблицу $\Delta_{i=1}$ и начать проводить операции объединения с таблицами Δ_i последовательно начиная с $i=1$, то после проведения x объединений таблица A_i будет показывать результаты прохождения оператором $(i+1)$ -го контроля знаний.

Подсчитаем сумму изменений уровня знаний оператора для каждой ключевой задачи. Обозначим такую сумму S_j для j -й задачи. $S_j = \sum_{i=1..1-1} \Delta a_{ij}$.

Полученный параметр показывает, как часто менялся уровень знаний оператора по j -й ключевой задаче в ходе нескольких последовательных процессов тестирования. Важно отметить, что этот параметр не учитывает – стал ли уровень выше требуемого, или наоборот упал ниже нормы. Это так, поскольку в параметр входят как элементы таблиц $\Delta^1 A_i$ так и $\Delta^2 A_i$.

Обозначим параметром P количество изменений, при которых можно считать, что оператор испытывает трудности с освоением теоретических и практических материалов для решения какой-то отдельной ключевой задачи. Таким образом, если $S_j < P$, то можно с уверенностью сказать, что для данного оператора изучение материалов по j -й ключевой задаче требует дополнительного времени и усилий, а возможно и персонального подхода.

Заключение

Учитывая, что информация в таблице содержится в бинарной форме их использование вычислительной техникой, входящей в состав современных тренажёров может производиться на языке программирования любого уровня, что является несомненным достоинством.

Для группы операторов, проходящих обучение по одним и тем же сценариям, собранная информация может быть с лёгкостью обработана и стать основой для выводов как о персональных способностях операторов, так и о способностях учебных групп, а в некоторых случаях и об адекватности контрольных заданий задачам подготовки.

Литература

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах [Текст] // Человеческий фактор: сб. м-лов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.

2. Контроль факторов угрозы и ошибок (КВО) при управлении воздушным движением [Текст]: Циркуляр ИКАО 314-AN/178. – Монреаль, Канада, 2008.

3. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Текст]. – Изд-е второе. – Дос. ICAO AN/474. – Монреаль, Канада, 2009.

4. Плотников, Н.И. Зарубежная практика профессиональной подготовки летного персонала [Текст] / Н.И. Плотников. – М.: ЦНТИ ГА, 1989. – 42 с.

5. Оптимизация профессиональной деятельности инструктора авиационного тренажера [Текст]: научно-практические рекомендации / А.Н. Рева, В.А. Горячев, В.А. Кузнецов и др.; под ред. А.Н. Рева, В.А. Бодрова. – М.: ИПАН АН СССР, 1990. – 126 с.

6. Эргономические методы и средства тренажерной подготовки летного состава [Текст]: научно-практические рекомендации / А.Н. Рева, А.А. Комаров, В.А. Кузнецов и др.; под ред. А.Н. Рева, М.И. Рубца. – Кировоград: ДЛАУ, 1995. – 106 с.

7. Рева, О.М. Програми і системи навчання льотного складу прийняттю рішень в ведучих авіакомпаніях світу [Текст]: методичні вказівки до курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О.М. Рева. – Кировоград: ДЛАУ, 1996. – 19 с.

8. Шеридан, Т.Б. Система человек – машина: Модели обработки информации, управления и принятия решения человеком-оператором [Текст]: пер. с англ. / Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррел; под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.

9. Рева, О.М. Проблеми формування у пілота навичок долаття наслідків відмов авіаційної техніки в режимі синхронного генератора [Текст] / О.М. Рева, С.О. Дмитрієв, О.М. Дмитрієв // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2009. – № 2. – С. 97-102.

10. Синеглазов, В.М. Реформирование учебных материалов в автоматизированной системе обучения [Текст] / В.М. Синеглазов, С.П. Борсук // Материалы IX Міжнар. наук.-техн. конф. «АВІА-2009», Т. 2. – К.: НАУ, 2009. – С. 8.55-8.59.

11. Борсук, С.П. Многомерные таблицы для регистрации данных в системах обучения [Текст] / С.П. Борсук // Електроніка та системи управління. – 2010. – № 2 (24). – С. 100-105.

12. Борсук, С.П. Многомерные таблицы для регистрации успеваемости на тренажерах [Текст] / С.П. Борсук // Електроніка та системи управління. – 2012. – № 1 (31). – С. 155-159.

13. Чельщикова, М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов [Текст]: учеб. пособие / М.Б. Чельщикова. – М.: Логос, 2002. – 432 с.

14. Майоров, А.Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. (Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования) [Текст] / А.Н. Майоров. – М.: «Интеллектуальный центр», 2001. – 296 с.

15. Самылкина, Н.Н. Современные средства

оценивания результатов обучения [Текст] / Н.Н. Самылкина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 172 с.

16. Супес, П. Основы теории измерений [Текст] / П. Супес, Р. Зинес // Психологические измерения. – М.: Мир, 1967. – С. 9-110

17. Азгальдов, Г.Г. О кваліметрії [Текст] / Г.Г. Азгальдов, Э.П. Райхман; под ред. А.В. Гличева. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 172 с.

18. Глас, Дж. Статистические методы в педагогике и психологии [Текст]: пер. с англ. / Дж. Глас, Дж. Стенли; общ. ред. Ю.П. Адлера. – М.: Прогресс, 1976. – 496 с.

19. Рева, О.М. 12 балів: український компроміс європейської "полегшеної шкали оцінювання" [Текст] / О.М. Рева, О.Ф. Штанько, І.А. Добрянський // Вища школа: наук.-практ. видання. – К., 2005. – № 4. – С. 40-55

20. Рева, О.М. Нечітка формалізація процесів управління професійною підготовкою льотного персоналу [Текст] / О.М. Рева, В.А. Шульгін // Проблеми інформатизації та управління: зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2006. – Вип. 2. – С. 101-104

21. Василенко, Н.О. Шляхом Болонського процесу: Методологічні засади формування термноміжнини лінгвістичної змінної "Рівень навчальних досягнень" [Текст] / Н.О. Василенко, О.М. Рева, В.В. Василенко // Наукові записки: зб. наук. праць Нац. педагогічного ун-ту ім. М.П. Драгоманова. – К.: КПУ ім. М.П. Драгоманова, 2006. – Вип. LXII. – С. 40-55.

22. Рева, О.М. Шляхом Болонського процесу: комплекс моделей кваліметрії і узгодженості рівнів навчальних досягнень студентів у різних оцінних системах [Текст] / О.М. Рева, В.В. Федієнко // Проблеми освіти: наук.-метод. зб. – К.: ІТЗО, 2007. – Вип. 50. – С. 3-7.

23. Рева, О.М. Кількісна і лінгвістична відповідність рівнів сформованості компетентності студентів [Текст] / О.М. Рева, В.В. Камишин, О.В. Тімець // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія і практика: зб. наук. пр. – К.: ІОД, 2010. – Вип. 14. – С. 88-101.

24. Рева, О.М. Лінгвістично-статистичний підхід до формування відповідей респондентів на тестові завдання [Текст] / О.М. Рева, Л.М. Макаренко, Р.П. Бідненко // Людський чинник у транспортних системах: м-ли II Міжнар. наук. конф. (ЛЧТС), 2-3 червня 2010 р. – К., 2010. – С. 51-52.

25. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування [Текст]: моногр. / О.М. Рева, В.В. Камишин, В.А. Шульгін, С.В. Недбай; за ред. О.М. Рева. – Рівне: Овід, 2010. – 106 с.

26. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст]: пер. с англ. / Л. Заде; под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

27. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст]: пер. с франц. / А. Кофман; под

ред. С.И. Травкина. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

28. Зайченко, Ю.П. Исследование операций: Нечеткая оптимизация [Текст] / Ю.П. Зайченко. – К.: Вища школа, 1991. – 191 с.

29. Герасимов, Б.М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта [Текст] / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.В. Токарев. – К.: Наук. думка, 1993. – 184 с.

Поступила в редакцию 26.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой проектирования авиационных двигателей С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

РЕЄСТРАЦІЯ «ПЛАВАЮЧОЇ» УСПІШНОСТІ ОПЕРАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТАБЛИЦЬ НАЛЕЖНОСТІ

С.П. Борсук

У статті розглядається використання таблиць належності для реєстрації успішності оператора після багаторазового проходження ним одного й того ж самого контролю знань. Наведено опис такої таблиці належності, розкрито призначення її елементів та описано використані у таблиці виміри. Крок за кроком описано процес заповнення таблиці належності результатами контролю знань; обчислення різниці між результатами суміжних процесів контролю знань та занесення цієї інформації у допоміжні таблиці; описано об'єднання допоміжних таблиць та їх особиста властивість; описано обчислення кількості змін рівня знань оператора по кожній з ключових задач та використання отриманих результатів для визначення потенційно складних тем.

Ключові слова: навчання оператора, контроль знань, реєстрація успішності, таблиці належності.

REGISTRATION OF OPERATORS "FLOATING" PROGRESS WITH HELP OF PERTAINMENT TABLES

S.P. Borsuk

The usage of pertainment tables for operators progress registration after multiple knowledge control execution is considered in the article. Such table description is given, the purpose of its elements is described and used dimensions are explained. Step-by-step table filling process is described. Difference calculation between adjacent knowledge controls and those results recording in the auxiliary table are described. Auxiliary tables union and their special property is given. Calculation of operator knowledge level changes for each control task is proposed as well as results usage for determining of potentially complicated topics is described.

Key words: operator study, knowledge control, progress registration, pertainment tables.

Борсук Сергей Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры авиационных компьютерно-интегрированных комплексов Национального авиационного университета, Киев, Украина, e-mail; greyls@yandex.ru.