

И.С. Полевщиков, А.А. Таланов

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОЦЕНИВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ НА ТРЕНАЖЕРНОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. Представлены результаты развития исследований в области разработки математического и программного обеспечения компьютерных тренажерных комплексов для автоматизированной оценки эффективности обучения операторов. Разработана усовершенствованная методика для оценки эффективности различных подходов и технологий обучения на компьютерных тренажерных комплексах с применением методов математической статистики. Методика учитывает комплексное оценивание результатов обучения и более проста в практическом использовании. Применение методики позволит повысить точность и снизить трудоемкость процесса оценки эффективности. Реализован прототип подсистемы компьютерных тренажерных комплексов для оценки эффективности в форме веб-приложения, применение которого позволяет осуществлять гибкую настройку необходимых исходных данных для оценивания, автоматически вычислять требуемые параметры на основе этих данных, структурированно хранить и представлять результаты оценивания для дальнейшего принятия решений специалистом.

Ключевые слова: компьютерный тренажерный комплекс, методы математической статистики, автоматизированный контроль знаний и навыков, оценка эффективности обучения.

I.S. Polevshchikov, A.A. Talanov

ALGORITHMIC AND SOFTWARE SUPPORT OF THE SUBSYSTEM
FOR AUTOMATED EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS
OF TRAINING ON THE SIMULATOR COMPLEX

Abstract. The results of the development of research in the field of development of mathematical and software for computer training systems for automated evaluation of the effectiveness of operator training are presented. An improved methodology has been developed for evaluating the effectiveness of various approaches and technologies of teaching at computer training systems using the methods of mathematical statistics. The methodology takes into account the comprehensive assessment of learning outcomes and is easier to use in practice. The application of the methodology will improve the accuracy and reduce the complexity of the efficiency assessment process. A prototype of the computer training systems subsystem for performance evaluation has been implemented in the form of a web application, the use of which allows flexible configuration of the necessary initial data for evaluation, automatic calculation of the required parameters based on these data, structured storage and presentation of evaluation results for further decision-making by a specialist.

Keywords: computer training complex, methods of mathematical statistics, automated control of knowledge and skills, evaluation of training effectiveness.

Полевщиков Иван Сергеевич

кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и цифровых технологий. Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), Москва; доцент кафедры информационных технологий и автоматизированных систем. Пермский национальный исследовательский политехнический университет, город Пермь. Сфера научных интересов: разработка автоматизированных систем управления учебным процессом в вузе, разработка и применение компьютерных тренажеров в профессиональном обучении. Автор более 50 опубликованных научных статей.

Электронный адрес: i.s.polevshchikov@mail.ru

Таланов Андрей Александрович

магистр. Пермский национальный исследовательский политехнический университет, город Пермь. Сфера научных интересов: разработка и применение компьютерных тренажеров в профессиональном обучении. Автор 2 опубликованных научных статей.

Электронный адрес: talanov_a.a@mail.ru

Введение

Компьютерные тренажерные комплексы (далее – КТК), используемые для подготовки операторов различных видов производственных процессов [1–4; 8; 9], и, в частности, операторов перегрузочных машин [10; 11], постоянно развиваются. Появляются новые версии КТК, включающие новые упражнения, новые программные модули для более адекватного физико-математического моделирования реальных производственных процессов, более точного оценивания качества выполнения упражнений и формирования советующих воздействий обучаемому в ходе их выполнений. Совершенствуются методики обучения операторов на КТК.

Как следствие возникает потребность в оценке эффективности новой версии КТК, нового комплекса упражнений, новой методики обучения по сравнению с уже реализованными и используемыми.

В работах [6; 7] рассмотрена методика оценки эффективности обучения крановщиков на КТК посредством разработки и применения соответствующего программного модуля оценки как компоненты данного КТК. Теоретической основой оценки эффективности выступают методы математической статистики, особенности использования которых описаны, например, в работе академика РАН Новикова Д.А. [5].

Рассмотренная в работе [6] методика основана на оценке состояния двух групп обучаемых – контрольной и экспериментальной, определяемой текущим уровнем сформированности элементов компетенций, то есть знаний и навыков. Контрольная группа должна обучаться с применением старой версии КТК, комплекса упражнений или методики обучения, а экспериментальная группа – новой, которую планируется внедрить для повышения качества обучения. При этом оценка должна производиться минимум дважды – до и после обучения.

Актуальной научно-технической задачей является развитие данных исследований с целью совершенствования моделей и алгоритмов оценки эффективности обучения на КТК с целью повышения точности оценки применительно к специфике обучения операторов технологического процесса и уменьшения трудоемкой работы и степени субъективности специалиста, выполняющего процесс оценки.

Развитие методики оценки эффективности обучения на компьютерном тренажере с применением статистических методов

В качестве развития существующих исследований [6; 7] предложена усовершенствованная версия методики оценки эффективности, учитывающая комплексное оценивание результатов обучения и более простая в практическом применении. Рассмотрим детальнее шаги представленной методики:

Шаг 1. Производится сбор исходных данных о текущем уровне знаний или навыках двух или более групп обучаемых на определенном этапе учебного процесса, например, до или после выполнения курса упражнений на КТК. Уровень знаний может измеряться посредством тестирования (например, знаний техники безопасности на перегрузочной машине, правил эксплуатации машины и др. [11]), а уровень навыков – посредством специального итогового упражнения на тренажере.

По результатам выполнения данного шага формируется N_{gr} множеств значений комплексных оценок выполнения упражнения или теста: $M_i = \{L_{ij} | j = \overline{1, N_i}\}$ – множество значений комплексных оценок L_{ij} для каждого j -го обучаемого из i -й группы. Здесь $i = \overline{1, N_{gr}}$, где N_{gr} – число сравниваемых групп обучаемых, N_i – число обучаемых i -й группы.

Комплексные оценки $L_{ij} \in M_i$ выполнения итогового упражнения вычисляются аналогично описанным в работе [10] алгоритмам. Если в ходе эксперимента каждый обучаемый выполняет упражнение несколько раз, то значение L_{ij} вычисляется как взвешенное скользящее среднее на основе комплексных оценок каждого отдельного выполнения упражнения:

$$L_{ij} = \frac{\sum_{h=1}^Z (h \cdot L_{ijh})}{\sum_{h=1}^Z h},$$

где L_{ijh} – комплексная оценка h -го выполнения упражнения (всего Z выполнений).

Комплексные оценки выполнения теста могут быть использованы при проверке начального уровня знаний до обучения на тренажере с целью овладения практическими навыками.

При использовании классического варианта [5] сравнения состояний групп обучаемых, определяющего совпадение или различие состояний контрольной и экспериментальной групп до и после обучения, формируется 4 множества: M_{ex}^{bef} – множество значений комплексных оценок экспериментальной группы до обучения; M_{con}^{bef} – множество значений комплексных оценок контрольной группы до обучения; M_{ex}^{aft} – множество значений комплексных оценок экспериментальной группы после обучения; M_{con}^{aft} – множество значений комплексных оценок контрольной группы после обучения.

Рассмотрим в качестве примера множества комплексных оценок M_{ex}^{aft} и M_{con}^{aft} для двух групп обучаемых (каждая из $N_{ex} = N_{con} = 25$ человек), полученных по результатам выполнения контрольного упражнения после обучения (см. Таблицу 1).

Примеры комплексных оценок двух групп обучаемых

| № обучаемого | Значения комплексных оценок | | № обучаемого | Значения комплексных оценок | |
|--------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------------------|-----------------|
| | M_{ex}^{aft} | M_{con}^{aft} | | M_{ex}^{aft} | M_{con}^{aft} |
| 1 | 0,65 | 0,53 | 14 | 0,72 | 0,6 |
| 2 | 0,95 | 0,87 | 15 | 0,9 | 0,43 |
| 3 | 0,85 | 0,41 | 16 | 0,98 | 0,63 |
| 4 | 0,8 | 0,63 | 17 | 0,8 | 0,64 |
| 5 | 0,82 | 0,44 | 18 | 0,73 | 0,4 |
| 6 | 0,74 | 0,55 | 19 | 0,6 | 0,54 |
| 7 | 0,72 | 0,66 | 20 | 0,92 | 0,82 |
| 8 | 0,68 | 0,73 | 21 | 0,96 | 0,89 |
| 9 | 0,95 | 0,4 | 22 | 0,74 | 0,8 |
| 10 | 0,75 | 0,8 | 23 | 0,76 | 0,43 |
| 11 | 0,97 | 0,43 | 24 | 0,87 | 0,58 |
| 12 | 0,96 | 0,81 | 25 | 0,76 | 0,7 |
| 13 | 0,83 | 0,55 | | | |

Шаг 2. Осуществляется выбор статистического критерия, значение которого позволит далее определить различие состояний двух сравниваемых групп обучаемых. Поскольку комплексные оценки $L_{ij} \in [0;1]$ представляют собой значения в шкале отношений, то выбор осуществляется из трех критериев [5; 6]: Крамера – Уэлча; Вилкоксона – Манна – Уитни; критерия однородности «хи-квадрат».

В процессе выбора критерия учитывается множество значений:

$$M_{par} = \{V, N_{dif}, N'_{dif}, N_k, N'_k, N_s, N'_s\},$$

где V – индикатор, определяющий, что требуется проверить различие или совпадение только значений математического ожидания (при $V=0$) либо значений всех возможных статистических величин (при $V=1$); N_{dif} – число различающихся значений во множествах M_k и M_s , соответствующих результатам k -й и s -й групп обучаемых (например, M_{ex}^{aft} и M_{con}^{aft}); N_k, N_s – мощности множеств M_k и M_s соответственно; N'_{dif}, N'_k, N'_s – пороговые значения величин N_{dif}, N_k, N_s соответственно (изначально в настройках установлены рекомендуемые значения: $N'_{dif}=10, N'_k=50, N'_s=50$ [5; 6], которые далее можно изменить, в том числе на основе результатов анализа данных об учебном процессе).

На Рисунке 1 в форме диаграммы Activity UML представлен алгоритм выбора статистического критерия в зависимости от комбинации значений из множества M_{par} . Специалисту, выполняющему оценку, согласно алгоритму предлагаются рекомендуемые статистические критерии (окончательный выбор осуществляет сам специалист).

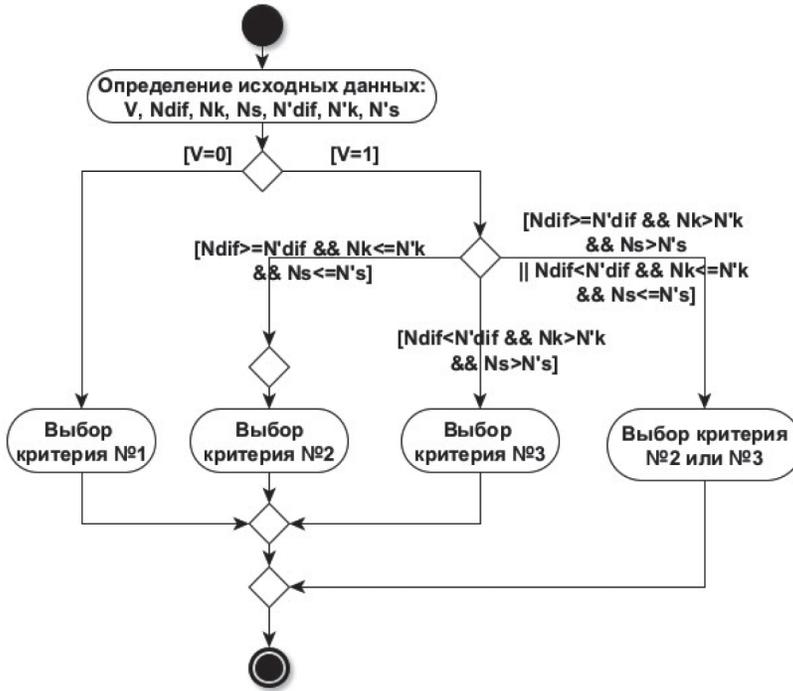


Рисунок 1. Алгоритм выбора статистического критерия

Для рассматриваемого примера предположим, что требуется проверить различие или совпадение только значений математического ожидания ($V = 0$), поэтому выбираем критерий № 1 (Крамера – Уэлча).

Шаг 3. Автоматически вычисляется эмпирическое значение выбранного критерия на основе значений комплексных оценок из множеств M_k и M_s . Для рассматриваемого примера выбран критерий Крамера – Уэлча, эмпирическое значение которого вычисляется по формуле [5; 6]

$$T_{ks}^{em} = \frac{\sqrt{N_k N_s} |\bar{L}_k - \bar{L}_s|}{\sqrt{N_k D_k + N_s D_s}},$$

где $\bar{L}_k = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} L_{kj}$ и $\bar{L}_s = \frac{1}{N_s} \sum_{j=1}^{N_s} L_{sj}$ – значения выборочных средних;

$D_k = \frac{1}{N_k - 1} \sum_{j=1}^{N_k} (L_{kj} - \bar{L}_k)^2$ и $D_s = \frac{1}{N_s - 1} \sum_{j=1}^{N_s} (L_{sj} - \bar{L}_s)^2$ – значения выборочных дисперсий.

Расчет эмпирических значений критерия Вилкоксона – Манна – Уитни и критерия однородности «хи-квадрат» производится по формулам, представленным в работах [5; 6].

Результаты исследования состояний двух или более групп обучаемых представим матрицей

$$M_{em} = \begin{pmatrix} T_{11}^{em} & T_{12}^{em} & \dots & T_{1Ngr}^{em} \\ T_{21}^{em} & T_{22}^{em} & \dots & T_{2Ngr}^{em} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{Ngr1}^{em} & T_{Ngr2}^{em} & \dots & T_{NgrNgr}^{em} \end{pmatrix},$$

где T_{ks}^{em} – эмпирическое значение критерия при сравнении двух групп обучаемых.

В частности результаты исследования состояний контрольной и экспериментальной групп обучаемых до и после профессиональной подготовки можно представить матрицей

$$M'_{em} = \begin{pmatrix} T_{11}^{em} & T_{12}^{em} & T_{13}^{em} & T_{14}^{em} \\ T_{21}^{em} & T_{22}^{em} & T_{23}^{em} & T_{24}^{em} \\ T_{31}^{em} & T_{32}^{em} & T_{33}^{em} & T_{34}^{em} \\ T_{41}^{em} & T_{42}^{em} & T_{43}^{em} & T_{44}^{em} \end{pmatrix}, \text{ значения которой вычисляются}$$

на основе множеств комплексных оценок M_{ex}^{bef} , M_{con}^{bef} , M_{ex}^{aft} , M_{con}^{aft} .

В Таблице 2 дано пояснение, сравнению каких групп обучаемых соответствует каждый элемент матрицы M'_{em} .

Таблица 2

Значения элементов матриц M'_{em} и M'_{st} .

| Группа | Эксп. группа до обучения | Эксп. группа после обучения | Контр. группа до обучения | Контр. группа после обучения |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Эксп. группа до обучения | $T_{11}^{em}, I_{11}^{st} = 1$ | T_{12}^{em}, I_{12}^{st} | T_{13}^{em}, I_{13}^{st} | T_{14}^{em}, I_{14}^{st} |
| Эксп. группа после обучения | T_{21}^{em}, I_{21}^{st} | $T_{22}^{em}, I_{22}^{st} = 1$ | T_{23}^{em}, I_{23}^{st} | T_{24}^{em}, I_{24}^{st} |
| Контр. группа до обучения | T_{31}^{em}, I_{31}^{st} | T_{32}^{em}, I_{32}^{st} | $T_{33}^{em}, I_{33}^{st} = 1$ | T_{34}^{em}, I_{34}^{st} |
| Контр. группа после обучения | T_{41}^{em}, I_{41}^{st} | T_{42}^{em}, I_{42}^{st} | T_{43}^{em}, I_{43}^{st} | $T_{44}^{em}, I_{44}^{st} = 1$ |

Для данных, представленных в Таблице 2, приведем пример расчета значения $T_{24}^{em} = T_{42}^{em}$:

$$T_{em} = \frac{\sqrt{N_k N_s} |L_k - L_s|}{\sqrt{N_k D_k + N_s D_s}} \approx 5,33.$$

Шаг 4. Производится сравнение эмпирического и теоретического значений статистического критерия с целью определить, совпадают ($I_{ks}^{st} = 1$) или различаются ($I_{ks}^{st} = 0$) состояния двух групп обучаемых.

В рассматриваемом примере эмпирическим значением критерия является T_{ks}^{em} , а теоретическим – T_α , (для уровня значимости $\alpha = 0,05$ [5; 6]). Соответственно, значение I_{ks}^{st} вычисляется по формуле

Алгоритмическое и программное обеспечение подсистемы автоматизированного ...

$$I_{ks}^{st} = \begin{cases} 1, & T_{ks}^{em} \leq T_\alpha, \\ 0, & T_{ks}^{em} > T_\alpha, \end{cases}$$

где $T_\alpha = 1,96$.

Результаты сравнения состояний двух или более групп обучаемых на основе матрицы M_{em} представим следующим образом:

$$M_{st} = \begin{pmatrix} 1 & I_{12}^{st} & \dots & I_{1Ngr}^{st} \\ I_{21}^{st} & 1 & \dots & I_{2Ngr}^{st} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{Ngr1}^{st} & I_{Ngr2}^{st} & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

где I_{ks}^{st} – индикатор совпадения или различия состояний двух групп обучаемых.

В частности результаты исследования состояний контрольной и экспериментальной групп обучаемых до и после профессиональной подготовки можно представить матрицей

$$M'_{st} = \begin{pmatrix} I_{11}^{st} & I_{12}^{st} & I_{13}^{st} & I_{14}^{st} \\ I_{21}^{st} & I_{22}^{st} & I_{23}^{st} & I_{24}^{st} \\ I_{31}^{st} & I_{32}^{st} & I_{33}^{st} & I_{34}^{st} \\ I_{41}^{st} & I_{42}^{st} & I_{43}^{st} & I_{44}^{st} \end{pmatrix}, \text{ значения которой вычисляются на основе матрицы } M'_{em}.$$

В Таблице 2 дано пояснение, сравнению каких групп обучаемых соответствует каждый элемент матрицы M'_{em} . Для рассматриваемого примера $T_{24}^{em} = T_{42}^{em} \approx 5,33 > 1,96$, поэтому согласно формуле выше получаем значение $I_{24}^{st} = I_{42}^{st} = 0$, то есть имеет место различие состояний контрольной и экспериментальной групп после обучения.

Для принятия решения об эффективности методики или технологии обучения помимо значения I_{ks}^{st} также используются другие параметры, в частности средние значения комплексной оценки \overline{L}_k и \overline{L}_s , показывающие, у какой из групп результаты лучше.

Разработка веб-приложения для оценки эффективности обучения на КТК

На основе описанной выше методики реализован прототип подсистемы (в форме веб-приложения) для оценки эффективности обучения на КТК. Опишем основные функциональные возможности специалиста по оценке эффективности с применением данной подсистемы и соответствующие макеты веб-интерфейсов.

На Рисунке 2 представлен веб-интерфейс с перечнем результатов оценивания групп обучаемых, проходивших профессиональную подготовку с применением определенных методик, технологий и средств, либо до подготовки. Доступны: добавление нового результата, редактирование или удаление существующего.

Пример веб-интерфейса для добавления нового или редактирования существующего результата оценивания показан на Рисунке 3. Специалист добавляет краткое и детальное описание группы обучаемых, отражающие особенности процесса обучения. Допустимы получение информации непосредственно из БД КТК (если контрольное упражнение или тест выполнялись на КТК) или загрузка электронной таблицы определенной структуры, содержащей необходимые данные. На Рисунке 3 показан загруженный предварительно подготовленный файл электронной таблицы.

Перечень результатов оценивания групп обучаемых:

| № | Краткое описание группы обучаемых |
|------------|---------------------------------------|
| <u>1</u> ✖ | Группа К-20-1 (конт.) до обучения. |
| <u>2</u> ✖ | Группа К-20-2 (эксп.) до обучения. |
| <u>3</u> ✖ | Группа К-20-3 (эксп.) до обучения. |
| <u>4</u> ✖ | Группа К-20-1 (конт.) после обучения. |
| <u>5</u> ✖ | Группа К-20-2 (эксп.) после обучения. |
| <u>6</u> ✖ | Группа К-20-3 (эксп.) после обучения. |

[Добавить новый результат оценивания](#)

Рисунок 2. Перечень результатов оценивания групп обучаемых

| | |
|---|--|
| № результата оценивания | 2 |
| Краткое описание группы обучаемых | Группа К-20-2 (эксп.) до обучения. |
| Детальное описание группы обучаемых | Группа К-20-2 (эксп.) до обучения по новому комплексу упражнений №1. |
| Исходные данные о результатах оценивания группы (значения комплексных оценок) | <input type="radio"/> Не выбрано <input checked="" type="radio"/> Выбрать результаты упражнения или теста <input checked="" type="radio"/> Результаты упражнения К-20-2 (17.11.20) <input type="radio"/> Загрузить из файла |

Рисунок 3. Результаты оценивания группы обучаемых (пример № 1)

На Рисунке 4 показан загруженный результат оценивания группы обучаемых, хранящийся в БД КТК.

| | |
|---|---|
| № результата оценивания | 5 |
| Краткое описание группы обучаемых | Группа К-20-2 (эксп.) после обучения. |
| Детальное описание группы обучаемых | Группа К-20-2 (эксп.) после обучения по новому комплексу упражнений №1. |
| Исходные данные о результатах оценивания группы (значения комплексных оценок) | <input checked="" type="radio"/> Контрольное упражнение на перенос груза с препятствиями, группа К-20-2, 18.02.21. <input type="radio"/> Выбрать результаты упражнения или теста <input type="radio"/> Не выбрано <input type="radio"/> Загрузить из файла |

Рисунок 4. Результаты оценивания группы обучаемых (пример № 2)

С целью сравнения состояний двух групп обучаемых специалист выбирает требуемые для сравнения результаты обучения (см. Рисунок 5).

После нажатия ссылки «Произвести сравнение» (см. Рисунок 5), автоматически формируется таблица с результатами сравнения состояний двух групп обучаемых (см. Рисунок 6).

После нажатия ссылок «Состояния различны» или «Состояния совпадают» (см. Рисунок 6), подробная информация о результатах сравнения состояний отображается в веб-интерфейсе в наглядной форме (см. Рисунок 7). На основе алгоритма, представленного

Алгоритмическое и программное обеспечение подсистемы автоматизированного ...

на Рисунке 1, осуществляется автоматический выбор рекомендуемого статистического критерия. Окончательное решение о выборе критерия принимает специалист.

| Выбранные группы обучаемых | | Перечень всех групп обучаемых |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|
| Группа К-20-1 (конт.) после обучения. | ← | Группа К-20-1 (конт.) до обучения. |
| Группа К-20-2 (эксп.) после обучения. | ⇒ | Группа К-20-2 (эксп.) до обучения. |
| Группа К-20-3 (эксп.) после обучения. | | Группа К-20-3 (эксп.) до обучения. |

Произвести сравнение

Рисунок 5. Выбор результатов обучения для сравнения

| | Группа К-20-1 (конт.) после обучения. | Группа К-20-2 (эксп.) после обучения. | Группа К-20-3 (эксп.) после обучения. |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Группа К-20-1 (конт.) после обучения. | | <u>состояния различны</u> | <u>состояния совпадают</u> |
| Группа К-20-2 (эксп.) после обучения. | <u>состояния различны</u> | | <u>состояния различны</u> |
| Группа К-20-3 (эксп.) после обучения. | <u>состояния совпадают</u> | <u>состояния различны</u> | |

Рисунок 6. Результаты сравнения состояний групп обучаемых

| | |
|---|---|
| Первая группа | Группа К-20-1 (конт.) после обучения. <u>Выбрать группу</u> |
| Вторая группа | Группа К-20-2 (эксп.) после обучения. <u>Выбрать группу</u> |
| Выбор статистического критерия | <input checked="" type="radio"/> критерий Крамера-Уэлча (<i>рекомендуемый</i>) <input type="radio"/> критерий Вилкоксона-Манна-Уитни <input type="radio"/> критерий однородности «хи-квадрат» |
| Состояния групп | отличаются ① |
| Насколько лучше или хуже результат одной группы по сравнению с другой | результат второй группы лучше \approx на 35% ① |
| Примечание специалиста | <input type="text" value="Отсутствует."/> |
| Соответствие результата цели сравнения состояний двух групп | <input checked="" type="radio"/> соответствует <input type="radio"/> не соответствует |

Рисунок 7. Детальные результаты сравнения состояний двух групп обучаемых

На основе настроек исходных данных и процесса оценивания автоматически производятся:

- расчет требуемых статистических величин (в частности, выборочные средние, выборочные дисперсии, группировка данных) и эмпирических значений статистического критерия;
- определение совпадения или различия состояний двух групп на основе сравнения эмпирического и теоретического значений критерия;
- определение различия средних комплексных оценок двух групп обучаемых.

Получить более подробные результаты вычислений возможно нажатием символа информации. Также специалист может добавить примечания исходя из собственного анализа результатов сравнения, указать, соответствует ли полученный результат цели сравнения.

На Рисунке 8 представлен классический вариант [5; 6] сравнения состояний групп обучаемых, определяющий совпадение или различие состояний контрольной и экспериментальной групп до и после обучения.

| | |
|--|--|
| Контрольная группа (до обучения) | Группа К-20-1 (конт.) до обучения. Выбрать группу |
| Контрольная группа (после обучения) | Группа К-20-1 (конт.) после обучения. Выбрать группу |
| Экспериментальная группа (до обучения) | Группа К-20-2 (эксп.) до обучения. Выбрать группу |
| Экспериментальная группа (после обучения) | Группа К-20-2 (эксп.) после обучения. Выбрать группу |
| Выбор статистического критерия | <input checked="" type="radio"/> критерий Крамера-Уэлча (рекомендуемый) <input type="radio"/> критерий Вилкоксона-Манна-Уитни <input type="radio"/> критерий однородности «хи-квадрат» |
| Состояния групп до обучения | равны ① |
| Состояния групп после обучения | отличаются ① |
| Насколько лучше или хуже результат экспериментальной группы после обучения | лучше \approx на 35% ① |
| Примечание специалиста | <input type="text" value="Отсутствует."/> |
| Соответствие результата цели сравнения состояний двух групп | <input checked="" type="radio"/> соответствует <input type="radio"/> не соответствует |

Рисунок 8. Сравнение состояний контрольной и экспериментальной групп до и после обучения

Таким образом, веб-приложение позволяет на основе исходных данных о процессе обучения выполнить автоматически трудоемкие расчеты и представить специалисту в наглядном виде необходимую информацию об оценке эффективности обучения на КТК по определенной методике или технологии для дальнейшего принятия решений.

Заключение

Представлены результаты развития исследований в области разработки математического и программного обеспечения подсистемы КТК, предназначенной для оценки эффективности обучения с применением КТК.

1. Разработана усовершенствованная методика для оценки эффективности различных подходов и технологий обучения на КТК с применением методов математической статистики. Методика учитывает комплексное оценивание результатов обучения и более про-

ста в практическом использовании. Применение методики позволит повысить точность и снизить трудоемкость процесса оценки эффективности.

2. Реализован прототип подсистемы КТК для оценки эффективности обучения в форме веб-приложения. Применение подсистемы позволяет упростить работу специалиста, а именно:

- гибко настроить все исходные данные для осуществления процесса оценки эффективности;
- автоматически вычислять необходимые параметры на основе исходных данных и представлять в наглядном виде для дальнейшего принятия решений;
- структурированно хранить и представлять историю проведения экспериментов по оценке эффективности.

Литература

1. Громова Е.А., Хаймович И.Н. Разработка тренажера автоматизированного рабочего места технолога для проектирования технологических процессов магнитно-импульсной обработки металлов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2021. Т. 17, № 3. С. 649–657.
2. Ершова О.В., Чистякова Т.Б. Методы и технологии разработки компьютерных тренажеров для обучения ресурсосберегающему управлению электротехнологическими установками // Математические методы в технологиях и технике. 2021. № 8. С. 115–124.
3. Кирюшин О.В., Асылв М.А. Автоматизированная оценка качества работы операторов в процессе управления технологическими процессами // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2021. № 1 (14). С. 4–8.
4. Компьютерный тренажер для установки и снятия детали со станка ДИП-400 / Е.В. Ершов, Л.Н. Виноградова, С.В. Челнокова, А.С. Мартюгов // Вестник Череповецкого государственного университета. 2019. № 1 (88). С. 20–26.
5. Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004. 67 с.
6. Полевщиков И.С., Боброва И.А. Автоматизация оценки эффективности обучения операторов на компьютерных тренажерах с применением статистических методов // Инженерный вестник Дона. 2020. № 3.
7. Полевщиков И.С., Таланов А.А. Подсистема оценки эффективности обучения на тренажерном комплексе с применением методов математической статистики // Математическое моделирование в естественных науках: материалы XXX Всероссийской школы-конференции (Пермь, 06–09 октября 2021 г.). С. 211–212.
8. Применение программных средств универсального тренажерного комплекса для повышения эффективности обучения персонала химических и нефтехимических производств / А.А. Кривоносов, С.А. Агафонов, В.Ю. Мучкаев, А.А. Колокин, И.А. Никифоров // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 3. С. 86–92.
9. Разработка системы диспетчерского управления и сбора данных компьютерного тренажера отработки навыков по управлению типовыми объектами нефтегазовой отрасли / Р.Л. Барашкин, А.О. Боярский, П.К. Калашников, А.С. Нургуатова, В.Е. Попадьюко // Автоматизация, телемеханика и связь в нефтяной промышленности. 2020. № 4 (561). С. 19–25.
10. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Моделирование процесса автоматизированного управления формированием профессиональных навыков оператора производственной системы // На-

учно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16, № 1. С. 181–190.

11. Polevshchikov I.S., Krokha E.B. (2021) The process of automated knowledge control among technological installations operators modeling using finite-state machines: Proc. 29th Russian conference on mathematical modelling in natural sciences (7–9 Oct. 2020, Perm, Russia) / Melville, AIP Publishing, vol. 2371, art. 070002. Available at: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0060506> (date of the application: 20.06.2022).

References

1. Gromovaya E.A., Khaymovich I.N. (2021) *Razrabotka trenazhera avtomatizirovannogo rabocheho mesta tekhnologa dlya proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov magnitno-impul'snoy obrabotki metallov* [Development of a simulator for an automated workplace of a technologist for designing technological processes of magnetic-pulse metal processing]. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie*, no. 17 (3), pp. 649–657 (in Russian).
2. Ershova O.V., Chistyakova T.B. (2021) *Metody i tekhnologii razrabotki komp'yuternykh trenazherov dlya obucheniya resursoberegayushchemu upravleniyu elektrotekhnologicheskimi ustanovkami* [Methods and technologies for the development of computer simulators for teaching resource-saving control of electrotechnological installations]. *Matematicheskie metody v tekhnologiyakh i tekhnike*, no. 8, pp. 115–124 (in Russian).
3. Kiryushin O.V., Asylov M.A. (2021) *Avtomatizirovannaya otsenka kachestva raboty operatorov v protsesse upravleniya tekhnologicheskimi protsessami* [Automated assessment of the quality of the work of operators in the process of managing technological processes]. *Informatsionnye tekhnologii. Problemy i resheniya*, no. 1 (14), pp. 4–8 (in Russian).
4. Ershov E.V., Vinogradova L.N., Chelnokova S.V., Martyugov A.S. (2019) *Komp'yuternyy trenazher dlya ustanovki i snyatiya detali so stanka DIP-400* [Computer simulator for installing and removing parts from the DIP-400 machine]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 1 (88), pp. 20–26 (in Russian).
5. Novikov D.A. (2004) *Statisticheskie metody v pedagogicheskikh issledovaniyakh (tipovye sluchai)* [Statistical Methods in Pedagogical Research (Typical Cases)]. Moscow, MZ-Press Publ., 67p. (in Russian).
6. Polevshchikov I.S., Bobrova I.A. (2020) *Avtomatizatsiya otsenki effektivnosti obucheniya operatorov na komp'yuternykh trenazherakh s primeneniem statisticheskikh metodov* [Automation of evaluation of operator training efficiency on computer simulators using statistical methods]. *Inzhenernyy vestnik Dona*, no. 3 (in Russian).
7. Polevshchikov I.S., Talanov A.A. (2021) *Podsystema otsenki effektivnosti obucheniya na trenazhernom komplekse s primeneniem metodov matematicheskoy statistiki* [Subsystem for evaluating the effectiveness of training on a simulator complex using methods of mathematical statistics]. *Matematicheskoe modelirovanie v estestvennykh naukakh: Materialy XXX Vserossiyskoy shkoly-konferentsii (Perm', 06–09 oktyabrya 2021 g.)* [Mathematical modeling in the natural sciences: Proc. of the XXX All-Russian School-Conference (Perm, October 06–09, 2021)], pp. 211–212 (in Russian).
8. Krivososov A.A., Agafonov S.A., Muchkaev V.Yu., Kolokin A.A., Nikiforov I.A. (2020) *Primenenie programmnykh sredstv universal'nogo trenazhernogo kompleksa dlya povysheniya effektivnosti iobucheniya personala khimicheskikh i neftekhimicheskikh proizvodstv* [The use of software tools of the universal training complex to improve the efficiency of training personnel in chemical and petrochemical industries]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, no. 3, pp. 86–92 (in Russian).

9. Barashkin R.L., Boyarskiy A.O., Kalashnikov P.K., Nurguatova A.S., Popad'ko V.E. (2020) *Razrabotka sistemy dispetcherskogo upravleniya i sbora dannykh komp'yuternogo trenazhera otrabotki navykov po upravleniyu tipovymi ob"ektami neftegazovoy otrasli* [Development of a system for dispatch control and data collection of a computer simulator for developing skills in managing typical objects of the oil and gas industry]. *Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti*, no. 4 (561), pp. 19–25 (in Russian).
10. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S. (2016) *Modelirovanie protsessa avtomatizirovannogo upravleniya formirovaniem professional'nykh navykov operatora proizvodstvennoy sistemy* [Automated control simulation of professional skills formation for production system operator]. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*, no. 16 (1), pp. 181–190 (in Russian).
11. Polevshchikov I.S., Krokha E.B. (2021) The process of automated knowledge control among technological installations operators modeling using finite-state machines: Proc. 29th Russian conference on mathematical modelling in natural sciences (7–9 Oct. 2020, Perm, Russia) / Melville, AIP Publishing, vol. 2371, art. 070002. Available at: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0060506> (date of the application: 20.06.2022).