



© А. Ж. Жафяров

DOI: [10.15293/2658-6762.2104.07](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2104.07)

УДК 378+316

Модели и критерии для мониторинга качества образования

А. Ж. Жафяров (Новосибирск, Россия)

Проблема и цель. В статье представлено исследование проблем мониторинга качества образования, проанализированы недостатки функционирующих в этой области современных моделей и критериев. Цель – построить свободные от указанных недостатков модели и разработать критерии их реализации в области образования.

Методология. Методология решения этой проблемы основана на интеграции математики и педагогики, проявляющейся в многообразии взаимодействия педагогических технологий, математической статистики и новых данных, полученных автором в области обработки результатов педагогических исследований.

Результаты. Достижение цели состоит из трех проблем: первая – построить модели для исследования зависимых и независимых выборок; вторая – для построенных моделей разработать один критерий их реализации (вместо 12), свободный от известных недостатков; третья – апробировать и сопоставить с другими критериями в процессе решения конкретных задач из области образования. Все проблемы решены.

Заключение. Построенные модели и указанный критерий применимы для исследования зависимых и независимых выборок, они определяют направление изменения, вызванного внедрением новой педагогической технологии, обобщают почти все известные в указанной области модели и критерии.

Ключевые слова: компетентностный подход; компетентность; критерий Колмогорова – Смирнова; критерий Вилкоксона – Манна – Уитни; критерий Стьюдента; критерий Маклорена; T-критерий Вилкоксона; модель; матрица; несмещенная (уточненная) дисперсия.

Постановка проблемы

Любая прогрессивная страна во все времена свое развитие строила, опираясь на квалифицированные кадры и готовя их впрок.

Подготовка компетентных кадров особенно актуальна в настоящее время в связи с условиями, связанными с пандемией COVID-19. Человечество может выжить, причем без потери интеллектуального потенциала, только за счет науки и компетентных ученых [1–4],

имеющих современные фундаментальные знания и умения их применять [5].

Почти все ученые первый этап подготовки проходят в школах и вузах. Поэтому в этих образовательных учреждениях должны работать квалифицированные учителя и преподаватели, причем на основе перспективных педагогических технологий [6–9]. Требования как к кадрам, так и технологиям должны быть очень высокими, так как эта пара

Жафяров Акрям Жафярович – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАО, кафедра геометрии и методики обучения математике, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: akram39@yandex.ru

должна формировать как минимум патриота своей страны и специалиста, компетентного в выбранной области деятельности и владеющего современными знаниями и умением их применять [10; 11; 12].

Поэтому проблемы отбора перспективной педагогической технологии (ППТ) и критериев ее реализации являются актуальными. Это первая причина актуальности; вторая – система образования насыщена многими самостоятельными технологиями, да и сами критерии являются устаревшими. Третья причина – может быть, пора в этом многообразии педтехнологий в образовании начать стандартизацию по аналогии с тем, что делается в промышленности, сельском хозяйстве, медицине¹ [13–16].

Необходимость начать указанные преобразования вызвана избытком недостатков в первую очередь в многообразии критериев по выявлению лучшего критерия среди имеющихся.

Начнем с анализа значимых на данный момент критериев, касающихся системы образования. Сначала остановимся на недостатках параметрических критериев, функционирующих в области образования. Их много², отметим наиболее существенные.

1. Во множестве критериев царствует случайность, так как поиск искомого параметра проводится методом случайного выбора. Этот недостаток присущ всем пяти параметрическим критериям [17, с. 51–96].

2. Вычисления для нахождения средних и дисперсий являются неоправданно громоздкими и утомительными.

3. Формулировки условий почти всех критериев (за исключением критерия Пирсона): а) являются некорректными; б) даны в терминах математического ожидания и дисперсии, причем без каких-либо ограничений. Такая подача условий критериев имеет как минимум два недостатка: во-первых, пугает учителей и некоторых преподавателей – основных участников процесса повышения качества образования, владеющих огромным богатством репрезентативных выборок – контрольными и самостоятельными работами, ведомостями по зачетам и экзаменам обучающихся; и во-вторых, математическое ожидание и дисперсии для данной выборки связаны, поэтому их подача без ограничений в потенциале содержит некорректность.

По названным причинам критерии Стьюдента (критерии 2.2 и 2.5, см.: [17]) могут быть лишены статуса критерия. Более подробно отметим эти недостатки: а) некорректность условий – заявлено, дисперсии не известны, а пользуется уточненной (несмещенной) дисперсией; б) решает не свои самостоятельные проблемы, а те что указаны в предыдущем критерии, причем для частного случая, когда равны дисперсии данных выборок; в) вычисления громоздки и утомительные, их

¹ Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: Юманити, 1998. – 1022 с.; Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория вероятностей. Математическая статистика. – М.: Гардарики, 1998. – 328 с.; Буре В. М., Париллина Е. М. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник. – М.: Лань, 2013.

² Гласс Дж., Стэнли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. – М. Прогресс, 1976. – 496 с.; Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 480 с.

Грабарь М. И., Краснянская К. А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. – М.: Педагогика, 1977. – 137 с.; Гусаров Б. М. Теория статистики. – М.: Юнити, 1998. – 247 с.; Жафяров А. Ж., Жафяров Р. А. Математическая статистика: учебник. – Новосибирск: НГПУ, 2000. – 249 с.; Жафяров А. Ж., Жафяров А. А. Математические методы обработки результатов педагогических исследований и статистических данных: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2014. – 156 с.

можно упростить за счет теорем 2 и 4 автора [17].

Еще хуже обстоит дело с критериями в области зависимых выборок. Здесь функционируют четыре критерии. Существенным недостатком критерия Маклорена является наличие лишь двух категорий: 0 и 1, причем ставится 0 для всех успевающих (учатся на оценки 3 – 4 – 5) и 1 – двоечнику. Т-критерий Вилкоксона также состоит только из двух категорий – двух контрольных работ. Но достоверную информацию об изменении (естественно, при его наличии) в лучшую или худшую сторону дает только критерий Маклорена, а критерий Вилкоксона утверждает только, что при наличии изменения достоверно уменьшение числа нетипичных случаев. Из этого еще не известно: будет улучшение или ухудшение. Чтобы рассеять эти сомнения приведем пример.

Пример 1.

Пусть $X = (6, 7, 8, 7, 8, 6, 7, 8)$ – выборка «до» и $Y = (7, 8, 9, 2, 3, \dots, 8, 1, 10)$ – выборка «после».

Решая этот пример по Т-критерию Вилкоксона, получаем, что достоверно уменьшение числа нетипичных случаев (в данном случае уменьшение числа баллов учеников за контрольную работу). Факты это подтверждают, пятеро из восьми учеников увеличили число баллов за контрольную работу. Создается впечатление, что идет процесс улучшения. Он ложный, так как эти пятеро учащихся увеличили сумму баллов группы на 7, а оставшиеся трое уменьшили эту сумму на 16, в действительности – ухудшение. Это подтверждают и средние: $\bar{x} = 7,13$ больше $\bar{y} = 6$.

Критерий Фридмана допускает от 3 до 100 измерений – это положительный факт, но он «слепой», т. е. не указывает направление

изменения в случае его наличия. Без изменения нет развития, поэтому автору этого критерия предстоит еще большая работа для достижения завершенности.

Критерий Пейджа частично исправляет недостатки этого критерия, но только для сильно ограниченного количества учащихся и категорий.

Наконец, коротко отметим особенности независимых выборок. Главная особенность состоит в том, что результаты первого измерения не влияют на результаты второго измерения, кроме того, сами группы учащихся могут быть различными. В этой группе задач для мониторинга качества образования применяют три критерия: Вилкоксона – Манна – Уитни (ВМУ), χ^2 – хи квадрат и Колмогорова – Смирнова (КС).

Последний критерий особых нареканий не имеет, но более точные результаты дает в том случае, когда число групп не менее восьми. Первые два критерия имеют существенный недостаток, они «слепые», т. е. для пар выборок (X, Y) и (Y, X) дают один и тот же ответ (см. причины: [17, с. 119, 146]). Простая перестановка выборок проблему без посторонней помощи не решает. Такая перестановка не допустима при конкурсных мероприятиях, в системе «до» и «после» и т. д.

Из вышеизложенного возникает *проблема*: разработать такие модели мониторинга качества образования и критериев их исследования, которые: 1) не имели бы ограничения на численность учащихся и количество категорий; 2) имели бы минимальный объем вычислений.

Цель – построить свободные от указанных недостатков модели и разработать критерий их реализации в области образования.

Методология исследования

Методология решения этой проблемы основана на интеграции математики и педагогики, проявляющейся в многообразии взаимодействия педагогических технологий, математической статистики и новых данных, полученных автором в области обработки результатов педагогических исследований.

Результаты исследования

Построение моделей мониторинга качества образования для зависимых и независимых выборок

Построим сначала ММ1 – математическую модель исследования зависимых выборок.

Пусть A – матрица размерности,

$n \times q$ является матрицей сбора информации об успеваемости учащихся (о состоянии испытуемых животных),

где n и q представляют собой соответственно число учащихся и количество категорий, a_{ij} – число баллов, полученных учеником i по категории j , $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq q$ на контрольной работе «до», т. е. до внедрения новой педагогической технологии (НПТ). Аналогичная интерпретация для животных: a_{ij} – количественный показатель животного i по категории j (рост, вес, пульс и т. д.).

Дальнейшее изложение будем проводить в терминологии системы образования. Матрицу A представим в виде таблицы 1.

Таблица 1

Матрица A

Table 1

Matrix A

Категории		1	...	q
Номер ученика	1	a_{11}	...	a_{1q}

	A	...

	n	a_{n1}	...	a_{nq}

Далее введем в рассмотрение матрицу B – аналог матрицы A , представляющую собой

сбор такой же информации, но только после внедрения НПТ (см. табл. 2).

Таблица 2

Матрица B

Table 2

Matrix B

Категории		1	...	q
Номер ученика	1	b_{11}	...	b_{1q}

	B	...

	n	b_{n1}	...	b_{nq}

Прим.: b_{ij} – число баллов, полученных учеником i по категории j , $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq q$, на контрольной работе после внедрения НПТ.

Note: b_{ij} – the number of points received by the student i by category j , $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq q$, on the control work after the introduction of a new pedagogical technology

Аналогичная интерпретация для животных: b_{ij} – количественный показатель животного i по категории j (рост, вес и т. д.).

Следует отметить, что многие занимаются исследованием следующей пары выборок (X, Y) , $X = (x_1, \dots, x_q)$ и $Y = (y_1, \dots, y_q)$, x_i – сумма элементов столбца с номером i матрицы A , y_i – аналогичная сумма только матрицы B ; X – называют выборкой «до», т. е. выборкой до применения НПТ, Y – называют выборкой «после», т. е. выборкой после внедрения НПТ. Такие исследования носят усредненный характер, им свойственен типичный недостаток, отмеченный во втором типе исследований, приведенный ниже.

Пользуясь парой информационных матриц A и B , можно организовать четыре типа исследований.

Предварительно приведем формулировку критерия автора. Педагогическая технология $ПТ_1$ – победитель конкурса среди двух технологий $ПТ_1$ и $ПТ_2$, если

$$u_{Hab} > u_{kp}(2\alpha) \text{ или } S_1^2 \leq S_2^2 \text{ при } |u_{Hab}| < u_{kp}(2\alpha), \bar{x} > \bar{y},$$

\bar{x} и \bar{y} – средние; S_1^2 и S_2^2 – исправленные дисперсии соответствующих выборок.

Первый тип: исследование влияния НПТ (новшества) на каждого ученика (животного)

Для этого построим n пар зависимых выборок: $(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)$, где A_1 и B_1 – выборки, состоящие из элементов первой строки соответственно матриц A и B ; аналогичный смысл имеет и последняя пара. Исследуя первую пару, получаем информацию о влиянии НПТ на первого ученика (испытуемого). Продолжая этот процесс, завершаем первый вид исследования.

Второй тип: исследование влияния НПТ (новшества) на всю группу учащихся (животных)

Для реализации этого типа исследований необходимо изучить уже знакомую пару (X, Y) , где $X = (x_1, \dots, x_q)$ и $Y = (y_1, \dots, y_q)$ являются выборками соответственно «до» и «после». Выборка X характеризует состояние успеваемости учащихся до применения НПТ, выборка Y характеризует то же самое, но только после применения НПТ. Результаты исследований этой пары выборок дают основание для вывода о влиянии новшества на успеваемость группы в целом.

Этот тип исследований дает значимый результат, если одна из двух тенденций (улучшение или ухудшение) доминирует. Если этого нет, то НПТ не влияет на группу даже при ее влиянии на каждого ученика. При наличии доминирования эта пара выборок информирует не только о влиянии на группу, но и о существенной значимости новой педагогической технологии, так как результат достигнут вопреки возможному внутреннему сопротивлению, т. е. противоположному результату отдельных учащихся. Соответствующие примеры приведем позже.

Третий тип: исследование тенденций влияния новшеств на совокупность индивидуумов (учащихся, животных)

Этот тип исследований применим только тогда, когда можно суммировать по строчкам. Такой процесс допустим в случаях, когда категории однородны или их можно привести к однородным за счет выбора коэффициента однородности. Например, математики категории успеваемости приводят к однородным за счет оценки каждой категории в баллах. Можно и по-другому, например, определить веса категорий жизнедеятельности субъекта. Это позволит привести категории к однородным.

Будем считать, что категории однородны. Суммируя строки матрицы A , получим выборку $U = (u_1, \dots, u_n)$, где u_i – сумма элементов i -й строки матрицы A , $1 \leq i \leq n$.

Проведя те же операции со строками матрицы B , получим выборку $V = (v_1, \dots, v_n)$. Эти выборки являются аналогами двух выборок «до» и «после» в T -критерии Вилкоксона.

Результаты этого критерия также значимы только в случае существенного преобладания одной из двух тенденций: улучшение или ухудшение. Если этого нет, то легко привести пример, когда влияние на каждого ученика имеется, а на группу в целом нет. При наличии доминирования одной тенденции, как уже было отмечено, получаем информацию и о влиянии на группу, и о существенной значимости новшества.

Четвертый тип: исследование влияния новшества на успеваемость группы по каждой категории

Этот тип исследований реализуется на следующих парах выборок: (C_1, D_1) , ..., (C_q, D_q) , где C_1 и D_1 – выборки, составленные из элементов первого столбца соответственно матриц A и B ; последняя пара составляется также, но из элементов последнего столбца соответственно матриц A и B . Здесь можно сделать такое же замечание, какое сделано во втором типе исследований, т. е. новшество влияет на успеваемость группы по отдельным категориям, а в целом нет.

Рассматриваемый тип исследований можно использовать для повышения качества образования как минимум двумя способами.

Кто работал или работает учителем/ преподавателем знаком с проблемой трудных тем. Применяя рассматриваемый тип исследований, можно определить эту тему. Первый метод повышения: объявить конкурс на луч-

шую педагогическую технологию по изучению данной темы. Второй метод: перераспределить общее время на изучение тем.

Теперь построим ММ2 – математическую модель для исследования независимых выборок. В этой модели также задействованы две информационные матрицы A и B размерности $n \times q$ и $m \times q$ соответственно, где n и m – числа учащихся, q – количество категорий, A – матрица сбора информации об успеваемости учащихся, обучающихся по педагогической технологии $ПТ_1$; B – матрица сбора информации об успеваемости учащихся, обучающихся по технологии $ПТ_2$. Различны и педагогические технологии, и контингенты учащихся. В этом и состоит различие моделей ММ1 и ММ2.

Сначала воспользуемся сходством этих моделей. Четыре типа исследований, проводимых на основе первой модели, применимы и на основе второй модели. Есть и различия. Вторая модель применима и в масштабах всей страны, что невозможно для первой.

Традиционно победителя определяют на основании сравнения выборок $X = (x_1, \dots, x_q)$ и $Y = (y_1, \dots, y_q)$, где x_i – сумма элементов столбца i матрицы A и y_i – аналогичная сумма только матрицы B , $1 \leq i \leq q$. Это второй тип исследований со свойственным ему типичным недостатком, отмеченным выше. Результат – усредненный (внешний), возможен случай, когда «внутри» (среди учащихся) имеется влияние НПТ, а в среднем не проявляется.

Автор предлагает «войти во внутрь», т. е. сравнивать успеваемости и отдельных учащихся. Для обеспечения объективности следует группы разбить на подгруппы: отличники и хорошисты – подгруппа 1; остальные – подгруппа – 2. Сравнить по первому типу 3 – 4 – 5 учеников подгруппы 1 школы № 1 с таким же количеством учащихся подгруппы 1

школы № 2. Интеграция первого и второго типов исследований дает информацию не только о победителе, но и основание для формулировки рекомендаций по повышению качества образования. В Англии аттестационные комиссии выполняют две функции: 1) аттестуют, 2) дают научно обоснованные рекомендации для повышения квалификации обучающихся и обеспечивают его проведение. Такие успешные аттестационные комиссии пользуются большим спросом и получают второе финансирование за счет родителей и спонсоров.

Приведем пример, демонстрирующий функционирование модели ММ1 и подтверждающий сказанные выше утверждения.

Пример 2. Группа состоит из 20 учащихся, система образования традиционная, т. е. первыми четырьмя категориями служат оценки 2, 3, 4 и 5. Матрицы А и В, описывающие зависимые выборки системы «до» и «после», имеют вид (см. табл. 3).

Таблица 3

Матрицы А и В

Table 3

Matrices A and B

	Категории	1	2	3	4	Число учащихся
	Баллы	2	3	4	5	
Матрица А	Выборка X_1	7	6	7	0	20
	Выборка X_2	2	4	6	8	20
Матрица В	Выборка Y_1	1	4	7	8	20
	Выборка Y_2	9	6	5	0	20

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ определите эффективность влияния новой педагогической технологии на успеваемость как отдельных учащихся, так и группы в целом.

Решение, по известным причинам, приводить не будем, отметим только ключевые моменты.

1. Применим первый тип исследований. Рассмотрим первую пару выборок (X_1, Y_1), состоящих из элементов первых строчек соответственно матриц А и В. Применяя критерий автора, убеждаемся, что $\bar{y}_1 > \bar{x}_1$, причем значимо при данном уровне значимости α . Рассматривая вторую пару выборок (X_2, Y_2), приходим к выводу: $\bar{x}_2 > \bar{y}_2$ также значимо. Отсюда следует, НПТ значимо влияет на успеваемость каждого ученика.

2. Теперь применим второй тип исследований. Изучим пару выборок (X, Y), состоящих из сумм элементов столбцов соответственно матриц А и В. Легко убедиться, что $\bar{x} = \bar{y}$, т. е. нет влияния НПТ на успеваемость группы учащихся.

Замечание. Несмотря на такой недостаток, многие рассматривают оба типа усредненных выборок (первый – суммирование по столбцам матриц А и В (второй тип исследований); второй – суммирование по строкам тех же матриц (третий тип исследований)). Это связано с тем, что если получили положительный (желаемый) результат, то он вдвойне ценен, так как достигнут вопреки возможному внутреннему сопротивлению, т. е. отрицательным результатам отдельных учеников. Это первая причина, заставившая автора взяться за поиск нового критерия.

Несмотря на то что много работ, посвященных проблемам математической обработки результатов педагогических исследований, данная область остается несовершенной: многочисленны и громоздки формулы и правила, царствуют примитивность, случайность, некорректность и большой объем вычислений. Только 12 критериев, имеющих прямое отношение к системе образования и разобранных автором, содержит около 100 формул и правил. Если к этому добавить еще некорректность формулировок и «слепоту» некоторых критериев, то будет понятна причина, заставившая автора взяться за поиск нового критерия, свободного от указанных недостатков.

Чтобы не быть голословным, приведем хотя бы один пример, касающийся громоздкости формул и примитивности вычислительной работы. Почти во всех критериях для нахождения критических областей необходимо вычислить значения специфических функций в четырех точках: $\frac{\alpha}{2}, \alpha, 1 - \alpha, 1 - \frac{\alpha}{2}$. Вместо этих четырех вычислений автор в своем критерии ограничивается одним вычислением $u_{kp}(2\alpha)$, $\phi(u_{kp}(2\alpha)) = \frac{1-2\alpha}{2}$.

Познакомимся, как вычисляется в критерии ВМУ значение хотя бы $w_\alpha = \frac{n_1 n_2}{2} + z_{kp}(\alpha) \cdot \sqrt{\frac{n_1 n_2 \{n_1 + n_2 + 1\}}{12}}$, $\phi(z_{kp}(\alpha)) = \alpha$.

³ Белеванцев В. И., Рыжих А. П. Избранные аспекты теории и практики обработки результатов наблюдений (с примерами из области изучения равновесий в растворах); отв. ред. И. В. Миронов. – Новосибирск: ИНХ СО РАН, 2009. – 176 с.; Белеванцев В. И., Пещевский Б. И. Исследование сложных равновесий в растворе. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. – 54 с.; Бойко М. А. Взаимосвязь электрохимической активности алкил- и тио (амино) алкилзамещенных фенолов с их строением, кислотными и противокислительными свойствами: автореф. дис.

Надо вычислить еще в трех точках и согласовать с тремя правилами: а), б), в).

Самый простой пример по указанному критерию содержит не менее 42 чисел, поэтому по тексту уловить содержательно-ценностный смысл невозможно. К тому же еще он «слепой», без посторонней помощи не может решать целый ряд так называемых конфликтных задач.

Итог в области задач на зависимые выборки

1. Модель ММ1 является более общей, чем все известные модели этой области³.

2. Критерий автора (обозначим КЖ – критерий Жафярова) и модель ММ1 не имеют ограничений ни на число учащихся, ни на количество категорий.

3. Любая задача из области образования, связанная с зависимыми выборками, вписывается в рамки модели ММ1 и разрешима критерием КЖ.

Проверка работоспособности КЖ – критерия автора в области независимых выборок

В указанной области признанными критериями являются следующие: ВМУ, χ^2 и КС⁴. Проверять будем на конкретных примерах из области образования. Кроме КЖ, все остальные имеют свои «капризы», поэтому невозможно подобрать один пример, на котором

...канд. хим. наук. – Новосибирск, 2006; Боровков А. Н. Математическая статистика: учебник. – 4 - е изд., стер. – М: Лань, 2010. – 704 с.

⁴ Жафяров А. Ж., Жафяров А. А. Математические методы обработки результатов педагогических исследований и статистических данных: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2014. – 156 с.; Калинина В. Н., Панкин В. Ф. Математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1998. – 336 с.; Лялин В. С., Зверева И. Г., Никифорова Н. Г. Статистика: теория и практика в Excel: учебное пособие для вузов. – М.: Финансы и статистика: Инфра-М, 2010. – 448 с.

можно было бы сравнивать все критерии. Составляя следующие две тройки, решим проблему сравнения критериев.

Сначала сравним критерии ВМУ, КЖ и КС⁵ [29–34].

Пример 3. Проверяется уровень усвоения геометрии в школах № 1 и № 2 г. Новосибирска, случайным образом отобраны 12 и 13 старшеклассников соответственно. Результаты контрольной работы приведены в таблице 4. Требуется на уровне значимости $\alpha = 0,05$ определить школу с более высоким уровнем усвоения геометрии.

Таблица 4

Результаты контрольной работы

Table 4

Results of the control work

Баллы	2	3	4	5	Число учащихся
Школа № 1, выборка X	0	2	3	7	12
Школа № 2, выборка Y	5	4	3	1	13

Решение. Первый способ, на основании критерия ВМУ.

Полностью решение приводить не будем из-за громоздкости вычислений, отметим только ключевые моменты.

1. Критические точки для правил а), б), в): $w_{\frac{\alpha}{2}} = w(0,025; 12; 13) = 42$; $w_{1-\frac{\alpha}{2}} = 114$; $w_{\alpha} = 48$; $w_{1-\alpha} = 108$.

2. Коэффициент наблюдения $T_{Hab} = 133$; $133 > 108$, поэтому, применяя правило б) критерия ВМУ, получим $\bar{x} < \bar{y}$.

Ответ: учащиеся школы № 2 имеют более высокий уровень усвоения геометрии.

Замечание. Задача решена в строгом соответствии с правилом 1 данного критерия для традиционной системы образования. Пример на правило 2 этого же критерия приведен ниже.

Второй способ решения, на основе критерия КЖ.

1. Вычислим средние и уточненные дисперсии выборок X и Y:

$$\bar{x} = 4,42; \bar{y} = 3; S_X^2 = 0,63; S_Y^2 = 1.$$

2. Найдем коэффициент наблюдения $u_{Hab} = 3,94$; $3,94 > 1,645 = u_{кр}(2\alpha)$. Применяя теорему 4 (см.: [17]), получим $\bar{x} > \bar{y}$.

Ответ: учащиеся школы № 1 имеют более высокий уровень усвоения геометрии.

⁵ Переяслова И. Г., Колбачев Е. Б. Основы статистики. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1999. – 320 с.; Разумникова О. М. Основы психологического исследования и статистического анализа данных: учебное пособие. – Новосибирск: НГПУ. 2008. – 60 с.; Савченко А. И. Подготовка и организация педагогического исследования: учебно-методическое пособие для студентов и выпускников пед. вузов. – Новокузнецк:

КузГПА, 2008. – 55 с.; Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. Статистический анализ данных на компьютере. – М.: Инфра-М, 1998. – 528 с.; Чашкин Ю. Р. Математическая статистика: анализ и обработка данных. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. – 236 с.; ЭВМ помогает химии: пер. с англ. / под ред. Г. Вернена, М. Шанона. – Л.: Химия, 1990, Пер. изд.: Великобритания, 1986. – 384 с.

Замечание. Ответы противоречивы. Чтобы решить проблему, обратимся к известному критерию КС.

Третий способ решения, на основе критерия КС.

1. Воспользуемся статистическим представлением выборок X и Y и подготовим расчетную таблицу для применения указанного критерия (см. табл. 5).

Таблица 5

Расчетная таблица для применения КС критерия

Table 5

Calculation table for applying the CS criterion

Баллы	Частота в выборке		Накопленная частота в выборке		Относительно накопленная частота		$S_1 - S_2$
	X	Y	X	Y	$S_1(X)$	$S_2(Y)$	
5	7	1	12	13	1	1	0
4	3	3	5	12	0,42	0,92	-0,5
3	2	4	2	9	0,17	0,69	-0,52
2	0	5	0	5	0	0,38	-0,38

2. Найдем соответствующие коэффициенты:

$T_1 = T_3 = 0,52$; $T_2 = 0$; $w_{1-\alpha} = 0,54$ – двусторонний критерий;

$w_{1-\alpha} = 0,49$ – односторонний критерий.

Ответ: учащиеся школы № 1 имеют более высокий уровень усвоения геометрии.

Замечание. Критерий КС подтвердил результат критерия КЖ и тем самым положительно оценен критерий автора.

Пример 4 (система образования построена на основе компетентного подхода). Проверяется эффективность усвоения алгебры в школах № 1 и № 2 г. Новосибирска, случайным образом отобраны 60 и 52 старшеклассника соответственно. Результаты контрольной работы приведены в таблице 6. Требуется на уровне значимости $\alpha = 0,05$ определить школу с более высоким уровнем усвоения алгебры.

Таблица 6

Результаты контрольной работы

Table 6

Results of the control work

Категории	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Число вариантов
Баллы	0	2	3	4	5	6	6	7	8	9	
Школа № 1, выборка X	–	–	5	5	5	5	5	5	5	25	8
Школа № 2, выборка Y	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	10

Решение. Первый способ основан на критерии ВМУ, причем с использованием правила 2. В силу известных причин отметим

только ключевые аспекты. Значения критических точек для правил а), б), в): $w_{\frac{\alpha}{2}} = 1224$; $w_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1856$; $w_{\alpha} = 1279$; $w_{1-\alpha} = 1841$.

Коэффициент $T_{Hab} = 2177$. На основании правила б) получаем $\bar{x} < \bar{y}$.

Ответ: ученики школы № 2 имеют более высокий уровень усвоения алгебры.

Замечание. Задача примера решена в строгом соответствии с правилом 2 критерия ВМУ. Отметим также громоздкость и утомительность вычислений, к тому же, забегая вперед, проинформируем, что ответ неправильный.

Второй способ решения, на основе критерия автора.

Укажем значения средних и уточненных дисперсий выборок X и Y :

$$\bar{x} = 7; \bar{y} = 4,98; S_X^2 = 4,41; S_Y^2 = 7,67. \text{ Коэффициент } u_{Hab} = 4,04; 4,04 > 1,65 = u_{кр}(2\alpha).$$

Из теоремы 4 (см.: [17]) следует $\bar{x} > \bar{y}$.

Ответ: ученики школы № 1 имеют более высокий уровень усвоения алгебры.

Замечание. Ответы противоречивые, обратимся к критерию КС.

Третий способ решения, на основе критерия КС.

Отметим только ключевые моменты: $T_1 = T_3 = 0,3; T_2 = 0;$

$w_{1-\alpha} = 0,26$ – двусторонний критерий; $w_{1-\alpha} = 0,23$ – односторонний критерий.

Ответ: ученики школы № 1 имеют более глубокие знания по алгебре.

Замечание 1. Критерий КС подтвердил правильность ответа, полученного на основании критерия автора. Казус с критерием ВМУ объясняется тем, что он «слепой», не отличает различные пары (X, Y) и (Y, X) , дает один и тот же ответ. Простая перестановка не выручает, получается один и тот же ответ, причем она не допустима при конкурсных делах и в системе «до» и «после».

Замечание 2. Особое внимание следует обратить на число групп при использовании критерия КС, который дает более точную информацию, если число групп не менее восьми. В приводимом ниже примере сказанное подтверждается.

Пример 5. Проверяется эффективность усвоения геометрии в школах № 1 и № 2 г. Омска. Случайным образом отобраны 85 и 46 старшеклассников этих школ соответственно. Результаты контрольной работы приведены в таблице 7. Определите на уровне значимости $\alpha = 0,05$ школу с более высоким уровнем усвоения геометрии.

Таблица 7

Результаты контрольной работы

Table 7

Results of the control work

Категории	1	2	3	4	5	Число учеников
Баллы	2	3	4	5	7	
Школа № 1, выборка X	0	5	15	10	55	85
Школа № 2, выборка Y	6	5	15	15	5	46

Дадим только ответы:

Критерий ВМУ – лучшая школа № 2;
КЖ – критерий автора – лучшая школа № 1;
Критерий КС – успехи не различимы.

Окончательный ответ: лучшая школа № 1, так как по критерию КЖ: $u_{Hab} = 7,17 > 1,645 = u_{кр}(2\alpha)$. Из теоремы 4 (см.: [17]) следует, что $\bar{x} = 6$ значительно больше $\bar{y} = 4,28$. Критерий КС в какой-то степени неуверенно

«выступил», но этому есть уважительная причина. Авторами этого критерия давно было отмечено, что этот критерий более чувствителен, когда число групп не менее восьми, а в этом примере только 5 групп.

Теперь сравним критерии χ^2 , КЖ и КС. Сравнение будем проводить, как и прежде, на примерах из области образования. В примере 5 система образования является традиционной, а в примере 6 она построена на основе компетентностного подхода.

Пример 6. Проверяется эффективность усвоения стереометрии в школах № 1 и № 2 г. Новосибирска, случайным образом отобраны 60 и 70 старшеклассников соответственно. Результаты контрольной работы приведены в таблице 8. Требуется при уровне значимости $\alpha = 0,05$ определить школу с более высоким уровнем усвоения стереометрии.

Таблица 8

Результаты контрольной работы

Table 8

Results of the control work

Категории	1	2	3	4	Число учащихся
Баллы	2	3	4	5	
Выборка X	24	19	12	5	60
Выборка Y	8	26	24	12	70
Сумма	32	45	36	17	130

Решение. Первый способ, на основе критерия χ^2 .

Подробного решения не будет, отметим только ключевые моменты. Критические точки:

правило 1) $\chi_1^2 = 0,216$; $\chi_2^2 = 9,4$;

правило 2) $\chi_2^2 = 7,8$;

правило 3) $\chi_1^2 = 0,352$.

Коэффициент наблюдения $\chi_{Наб}^2 = 15,29$.

На основании правила 2) этого критерия получаем следующий ответ.

Ответ: ученики школы № 1 имеют более высокий уровень усвоения стереометрии.

Замечание. Задача данного примера решена строго по правилам критерия χ^2 .

Второй способ решения, на основе КЖ – критерия автора.

Средние и уточненные дисперсии данных выборок: $\bar{x} = 2,97$; $\bar{y} = 3,57$; $S_x^2 = 0,95$; $S_y^2 = 0,83$. Коэффициент наблюдения $u_{Наб} = -3,53$. По теореме 4 (см.: [17]) $\bar{x} < \bar{y}$.

Ответ: ученики школы №2 имеют более высокий уровень усвоения стереометрии.

Замечание 1. Ответ, полученный на основе критерия χ^2 , неправильный. Это следует не только из второго способа решения, но и из здравого ценностно-содержательного смысла. 24 ученика школы № 1, почти половина состава, учатся на двойки, а другая половина по числу баллов более чем в два раза уступает соответствующим учащимся школы № 2.

Замечание 2. Казус с критерием χ^2 произошел по той причине, что он «слепой», не различает порядка, дает один и тот же ответ двум различным парам (X, Y) и (Y, X). Причина возникновения этого недоразумения указана в [17, с. 146].

Замечание 3. Ответы, полученные в первых двух решениях, противоречивы. Для решения конфликта снова обратимся к критерию КС.

Третий способ решения.

Укажем только ключевые коэффициенты этого критерия:

$T_1 = T_2 = 0,29$; $T_3 = 0$; $w_{1-\alpha} = 0,24$ – двусторонний критерий;

$w_{1-\alpha} = 0,21$ – односторонний критерий.

Ответ: ученики школы № 2 имеют более высокий уровень усвоения стереометрии.

Замечание. Критерий КС подтвердил результат, полученный на основе КЖ – критерия автора.

В заключение приведем пример из системы образования, построенной на основе компетентностного подхода.

Пример 7. Проверяется уровень усвоения планиметрии в школах № 1 и № 2 города N. Случайным образом отобраны 60 и 58 старшеклассников соответственно. Результаты контрольной работы приведены в таблице 9. Определите школу с более высоким уровнем усвоения планиметрии.

Таблица 9

Результаты контрольной работы

Table 9

Results of the control work

Категории	1	2	3	4	5	6	7	8	Число учащихся
Баллы	0	2	3	4	5	6	7	8	
Школа № 1, выборка X	6	6	6	6	6	6	6	16	58
Школа № 2, выборка Y	25	5	5	5	5	5	5	5	60

Решения по понятным причинам не будет, укажем только ключевые моменты.

1. Данные по критерию χ^2 :

коэффициент наблюдения $\chi_{Наб}^2 = 12,78$;

критические точки:

правило 1) $\chi_1^2 = 1,69$; $\chi_2^2 = 16$;

правило 2) $\chi_2^2 = 14,1$;

правило 3) $\chi_1^2 = 2,17$.

Ответ: не различимы при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

2. Данные по критерию КЖ:

Средние и уточненные дисперсии выборок X и Y $\bar{x} = 4$; $\bar{y} = 2,92$; $S_x^2 = 7,16$; $S_y^2 = 8,55$. Коэффициент наблюдения $u_{Наб} = 4,08$. Применяя теорему 4 (см.: [17]), получим ответ.

Ответ: $\bar{x} > \bar{y}$, школа № 1 с более высоким уровнем усвоения геометрии.

3. Данные по критерию КС:

Коэффициенты $T_1 = T_3 = 0,41$; $T_2 = 0$.

Критические точки:

$w_{1-\alpha} = 0,25$ – двусторонний критерий;

$w_{1-\alpha} = 0,22$ – односторонний критерий.

Ответ: ученики школы № 1 имеют более высокий уровень усвоения геометрии.

Замечание. Критерий Колмогорова – Смирнова подтвердил правильность ответа, полученного на основании критерия автора.

Обсуждение, заключение

1. Матрицы A и B представляют собой журнал успеваемости (состояния) каждого индивидуума по каждой категории. В качестве индивидуума могут быть учащиеся, студенты, больные, спортсмены и т. д.; из животных – мыши, крысы и т. д. Эти матрицы содержат соответствующую информацию о всех и обо всем. Поэтому модели MM1 и MM2, построенные на этих матрицах, и четыре типа исследований практически обобщают известные модели этой области, применимы в области образования и, возможно, в естественных

науках. Для достижения цели необходимо еще создать критерий, реализующий эти модели и 1. свободный от недостатков существующих критериев, в частности не имеющий ограничений ни на число учащихся, ни на количество категорий.

2. Сравнение двух групп критериев: первая состоит из одного КЖ – критерия автора; вторая – из ДК – других критериев.

К другим критериям отнесем следующие: ВМУ – критерий Вилкоксона – Манна – Уитни, χ^2 – хи – квадрат, КС – критерий Колмогорова – Смирнова, Т-критерий Вилкоксона и критерии Маклорена, Фридмана, Пейджа. Сравним будем на примерах из области образования.

В группе ДК сравнение двух выборок X и Y сводится к сопоставлению одного параметра – средних x и y соответственно.

В критерии КЖ проводится сравнение двух педагогических технологий $ПТ_x$ и $ПТ_y$, на основе которых созданы выборки X и Y , по двум параметрам: средним и уточненным дисперсиям. Между этими двумя подходами есть существенная разница. Если $\bar{x} > \bar{y}$, то по ДК технология $ПТ_x$ – лучшая. По КЖ требуется еще дополнительное исследование. Возможны два случая:

а) \bar{x} и \bar{y} – не различимы на уровне значимости α , но $S_x^2 > S_y^2$, где S_x^2 и S_y^2 – различные уточненные дисперсии данных выборок;

б) \bar{x} и \bar{y} – различимы, причем в случае: а) технология $ПТ_y$ – лучшая; б) $ПТ_x$ – лучшая.

Двухпараметрный подход в оценке преимущества педтехнологии более адекватно определяет победителя, так как из неразличимости \bar{x} и \bar{y} следует, что разность $|\bar{x} - \bar{y}|$ не велика, а разброс большой при $S_x^2 > S_y^2$.

3. КЖ – критерий автора:

а) не «уступает» ни одному из известных критериев, во многих случаях более точен и с меньшим объемом вычислений;

в) не имеет ограничений ни на число учащихся, ни на количество категорий (групп);

с) применим для исследования зависимых и независимых выборок в области образования и, возможно, естественных наук;

д) свободен от специфических «капризов», присущих известным в этой области критериям: d_1) критерии ВМУ и χ^2 – «слепые», для них существуют классы конфликтных задач, которые не могут быть решены без дополнительной помощи, к тому же еще второй критерий «требуется», чтобы соответствующая таблица из варианта выборки содержала числа, не меньшие 5; d_2) критерий КС «более чувствителен» (слова авторов критерия), если число групп не менее восьми; при числе групп 5 дает результат, более слабый, чем критерий КЖ.

4. Объем научно-методического материала, необходимого для исследования указанных выше проблем образования и с использованием критерия КЖ, в десятки раз меньше, чем аналогичный материал, построенный на известных 12 критериях.

5. Следует отметить социальную и морально-этическую значимость критерия КЖ.

Принимая на вооружение этот критерий:

а) можно решить любую задачу системы образования, связанную с зависимыми и независимыми выборками, избавиться от гнета примитивной громадины, созданной ДК – другими критериями;

б) исключить возможность появления ошибки в формулировках критериев и задач, определяя эти условия с помощью выборок. Суть ошибки: указанные условия, как правило, выражают через понятия математическое ожидание a и дисперсия σ^2 . Имея выборку X , находим S_x^2 уточненную дисперсию, далее $Q(S_x^2)$ – область допустимых значений дисперсии σ^2 . Вывод: в качестве дисперсии



можно брать только число из области допустимых значений, на что многие не обращают внимания.

Для подтверждения сказанного возьмем пример 1 [17, с. 52]: условие – не корректное, но этот пример здесь выполняет особую миссию, он – свидетель обвинения на суде над критериями:

в) переход к одному критерию и определение условий задач и критериев с помощью выборки усиливает доступность и привлекательность, не пугает и не отталкивает учителей и преподавателей – основных потребителей этих материалов и активных участников процесса повышения качества образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Judrups J., Zandbergs U., Arhipova I., Vaisnore L. Architecture of a Competence – Based Human Resource Development Solution // *Procedia Computer Science*. – Vol. 77. – P. 184–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.382>
2. Lauer mann F., König J. Teachers' professional competence and wellbeing: Understanding the links between general pedagogical knowledge, self-efficacy and burnout // *Learning and Instruction*. – 2016. – Vol. 45. – P. 9–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.06.006>
3. Miranda S., Orciuoli F., Loia V., Sampson D. An ontology-based for competence management // *Data and Knowledge Engineering*. – 2017. – Vol. 107. – P. 51–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.datak.2016.12.001>
4. Rezgui K., Mhiri H., Ghedira K. Ontology-based e-Portfolio modeling for supporting lifelong competency assessment and development // *Procedia Computer Science*. – 2017. – Vol. 112. – P. 397–406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.041>
5. Ivinskaya E. Y., Nikitin A. A., Markovichev A. S., Zhafyarov A. Z., Milinis O. A., Zhukov G. N., Sinenko V. Y., Mavrina I. A. Development of competitive relations in the Russian market of educational services // *International Review of Management and Marketing*. – 2016. – Vol. 6 (1). – P. 65–69. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26830068>
6. Bergsmann E., Schultes M.-Th., Winter P., Schober B., Spiel Ch. Evaluation of competence-based teaching in higher education: From theory to practice // *Evaluation and Program Planning*. – 2015. – Vol. 52. – P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2015.03.001>
7. Brevik L. M., Gudmundsdottir G. B., Lund A., Strømme T. A. Transformative agency in teacher education: Fostering professional digital competence // *Teaching and Teacher Education*. – 2019. – Vol. 86. – P. 102875. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.07.005>
8. Schipper T., Goei S. L., de Vries S., van Veen K. Professional growth in adaptive teaching competence as a result of Lesson Study // *Teaching and Teacher Education*. – 2017. – Vol. 68. – P. 289–303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.09.015>
9. Stefanutti L., de Chiusole D. On the assessment of learning in competence-based knowledge space theory // *Journal of Mathematical Psychology*. – 2017. – Vol. 80. – P. 22–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2017.08.003>
10. Aleshinskaya E., Albatsha A. A cognitive model to enhance professional competence in computer science // *Procedia Computer Science*. – 2020. – Vol. 169. – P. 326–329. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.191>
11. Guerrero Chanduvi D. A., Girón Escobar C., Jara Gallo D., Cruz Alayza V. Analysis of the Intellectual Structure of Scientific Papers about Professional Competences Related to Organizational Psychology // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2016. – Vol. 226. – P. 286–293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.190>



12. Instefjord E. J., Munthe E. Educating digitally competent teachers: A study of integration of professional digital competence in teacher education // *Teaching and Teacher Education*. – 2017. – Vol. 67. – P. 37–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.05.016>
13. Cheetham G., Chivers G. The reflective (and competent) practitioner: a model of professional competence which seeks to harmonise the reflective practitioner and competence-based approaches // *Journal of European Training*. – 1998. – Vol. 22 (7). – P. 267–276. DOI: <https://doi.org/10.1108/03090599810230678>
14. Bilal, Guraya S. Y., Chen S. The impact and effectiveness of faculty development program in fostering the faculty's knowledge, skills, and professional competence: A systematic review and meta-analysis // *Saudi Journal of Biological Sciences*. – 2019. – Vol. 26. – P. 688–697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.10.024>
15. Pijl-Zieber E. M., Barton S., Konkin J., Awosoga O., Caine V. Competence and competency-based nursing education: Finding our waythrough the issues // *Nurse Education Today*. – 2014. – Vol. 34 (5). – P. 676–678. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2013.09.007>
16. Gravina E. W. Competency-Based Education and Its Effect on Nursing Education: A Literature Review // *Teaching and Learning in Nursing*. – 2017. – Vol. 12 (2). – P. 117–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.teln.2016/11.004>
17. Жафяров А. Ж. Уточненные математические методы обработки результатов педагогических исследований и статистических данных: монография. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2021. – 219 с.



Akryam Zhafyarovich Zhafyarov

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Education,
Department of Geometry and Methods of Teaching Mathematics,
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian
Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1339-1472>

E-mail: akram39@yandex.ru

Models and criteria for monitoring the quality of education

Abstract

Introduction. *The article focuses on monitoring the quality of education, analyzes the shortcomings of modern models and criteria functioning in this area.*

The purpose of the study is to build models and develop a criterion for their implementation in the field of education, free from these shortcomings.

Materials and Methods. *The methodology of solving this problem is based on the integration of mathematics and pedagogy (education studies) in the wide range of interactions of educational technologies, mathematical statistics and new results obtained by the author in the field of processing the findings of educational research investigations.*

Results. *Achieving the goal includes three problems: the first is to build models for the study of dependent and independent samples; the second is to develop a single criterion for their implementation for the constructed models (instead of 12), free from known shortcomings; the third is to test and compare with other criteria in the process of solving specific problems in the field of education. The listed problems have been solved.*

Conclusions. *The constructed models and the specified criterion are applicable for the study of dependent and independent samples, determine the direction of change caused by the introduction of a new educational technology, generalize almost all models and criteria known in this area.*

Keywords

Competence approach; Competency; Kolmogorov – Smirnov criteria; Wilcoxon – Mann – Whitney criteria; Student criteria; McLaurin criteria; Wilcoxon T-territories criteria; Model; matrix; Mean; Variance; Unbiased (refined) variance.

REFERENCES

1. Judrups J., Zandbergs U., Arhipova I., Vaisnore L. Architecture of a competence – based human resource development solution. *Procedia Computer Science*, 2015, vol. 77, pp. 184–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.382>
2. Lauer mann F., König J. Teachers' professional competence and wellbeing: Understanding the links between general pedagogical knowledge, self-efficacy and burnout. *Learning and Instruction*, 2016, vol. 45, pp. 9–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.06.006>



3. Miranda S., Orciuoli F., Loia V., Sampson D. An ontology-based model for competence management. *Data and Knowledge Engineering*, 2017, vol. 107, pp. 51–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.datak.2016.12.001>
4. Rezgui K., Mhiri H., Ghédira K. Ontology-based e-Portfolio modeling for supporting lifelong competency assessment and development. *Procedia Computer Science*, 2017, vol. 112, pp. 397–406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.041>
5. Ivinskaya E. Y., Nikitin A. A., Markovichev A. S., Zhafyarov A. Z., Milinis O. A., Zhukov G. N., Sinenko V. Y., Mavrina I. A. Development of competitive relations in the Russian market of educational services. *International Review of Management and Marketing*, 2016, vol. 6 (1), pp. 65–69. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26830068>
6. Bergsmann E., Schultes M.-Th., Winter P., Schober B., Spiel Ch. Evaluation of competence-based teaching in higher education: From theory to practice. *Evaluation and Program Planning*, 2015, vol. 52, pp. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2015.03.001>
7. Brevik L. M., Gudmundsdottir G. B., Lund A., Strømme T. A. Transformative agency in teacher education: Fostering professional digital competence. *Teaching and Teacher Education*, 2019, vol. 86, pp. 102875. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.07.005>
8. Schipper T., Goei S. L., de Vries S., van Veen K. Professional growth in adaptive teaching competence as a result of Lesson Study. *Teaching and Teacher Education*, 2017, vol. 68, pp. 289–303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.09.015>
9. Stefanutti L., de Chiusole D. On the assessment of learning in competence based knowledge space theory. *Journal of Mathematical Psychology*, 2017, vol. 80, pp. 22–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2017.08.003>
10. Aleshinskaya E., Albatsha A. A cognitive model to enhance professional competence in computer science. *Procedia Computer Science*, 2020, vol. 169, pp. 326–329. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.191>
11. Guerrero Chanduví D. A., Girón Escobar C., Jara Gallo D., Cruz Alayza V. Analysis of the intellectual structure of scientific papers about professional competences related to organizational psychology. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2016, vol. 226, pp. 286–293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.190>
12. Instefjord E. J., Munthe E. Educating digitally competent teachers: A study of integration of professional digital competence in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 2017, vol. 67, pp. 37–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.05.016>
13. Cheetham G., Chivers G. The reflective (and competent) practitioner: A model of professional competence which seeks to harmonise the reflective practitioner and competence-based approaches. *Journal of European Industrial Training*, 1998, vol. 22 (7), pp. 267–276. DOI: <https://doi.org/10.1108/03090599810230678>
14. Bilal, Guraya S. Y., Chen S. The impact and effectiveness of faculty development program in fostering the faculty's knowledge, skills, and professional competence: A systematic review and meta-analysis. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2019, vol. 26, pp. 688–697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.10.024>
15. Pijl-Zieber E. M., Barton S., Konkin J., Awosoga O., Caine V. Competence and competency-based nursing education: Finding our way through the issues. *Nurse Education Today*, 2014, vol. 34 (5), pp. 676–678. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2013.09.007>
16. Gravina E. W. Competency-based education and its effect on nursing education: A literature review. *Teaching and Learning in Nursing*, 2017, vol. 12 (2), pp. 117–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.teln.2016.11.004>



17. Zhafyarov A. Zh. *Refined mathematical methods for processing the results of pedagogical research and statistical data*: monography. Novosibirsk: Publishing house of NGPU, 2021. 219 p.

Submitted: 05 June 2021

Accepted: 10 July 2021

Published: 31 August 2021



This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).