

ПРИМЕНЕНИЕ ТАБЛИЦ СОПРЯЖЕННОСТИ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ФАКТОРНЫХ ВЛИЯНИЙ

Постановка проблемы. Педагогические исследования осуществляются в виде научно поставленного опыта или наблюдения процессов воспитания и обучения в точно учитываемых условиях. В процессе эксперимента устанавливается зависимость между тем или иным педагогическим воздействием или условием воспитания и обучения и его результатом. Для того, чтобы результат был бесспорным (точно доказанным), необходимо использовать адекватные методы математической статистики. Изучение качественных факторных влияний на эффективность учебного процесса – это достаточно сложная задача в прикладных педагогических исследованиях высшей школы. Связано это, с одной стороны, с субъективностью количественных оценок эффективности, а с другой – с ограниченностью получаемой информации, представляемой качественными признаками и переменными. Это делает проблематичным применение для исследования факторных влияний параметрических методов статистического анализа (факторного или дисперсионного).

Между тем существуют, хотя и немногочисленные, методы непараметрической статистики. Методы эти менее трудоемки и более эффективны, особенно в педагогических исследованиях, когда качественные признаки и переменные представлены в неметрических шкалах, а введение единиц измерения – принципиально невозможно.

Анализ последних исследований и публикаций. Применение методов непараметрической статистики в психолого-педагогических исследованиях достаточно хорошо обосновано [4, 5]. Следует отметить, что самые ранние работы в этом направлении появились за рубежом [1]. Описание комплексного подхода к использованию как параметрических, так и непараметрических методов в экспериментальных педагогических исследованиях приведено в [6], причем виды шкал для изучаемых факторов и переменных варьируются от порядковых до шкал отношений. Однако основной упор сделан на использование количественно представляемых исходных данных. Фактически применение методов непараметрической статистики в педагогических исследованиях факторных влияний только декларируется. Доказательства их применения – отсутствуют.

Постановка задачи. Статистически обосновать эффективность применения непараметрического метода анализа качественных влияний по таблицам сопряженности, когда исследуемые в педагогическом эксперименте факторы представлены в порядковой, дихотомической шкалах или шкале наименований.

Изложение основного материала. Модель педагогического эксперимента. Эффективность учебного процесса в высшей школе определяется уровнем усваиваемости студентами материала преподаваемых дисциплин, и уровень этот положительно коррелирован с успеваемостью студентов. Последняя может быть выражена в виде контролируемой переменной (оценка на экзамене), отражающей в порядковой («2», «3», «4», «5») или дихотомической («аттестован» – «не аттестован») шкалах, качество усвоения материала читаемых дисциплин. Контролируемыми факторами, влияющими прямо или косвенно на успеваемость студентов высшей технической школы, можно считать:

– квалификацию преподавателя, определяемую должностью (старший преподаватель, доцент, профессор) и наличием тех или иных научных степеней¹ и ученого звания²;

¹ Научная степень — научная квалификация в определенной отрасли знания, присуждаемая специалистам с высшим профессиональным образованием по результатам публичной защиты завершеного научного исследования, представленного в форме научного сочинения (диссертации), или по совокупности научных публикаций, приняты две последовательные научные степени: кандидат наук и доктор наук.

² Ученое звание — официально устанавливаемое и присваиваемое компетентными органами наименование, свидетельствующее об официальном признании заслуг отдельного лица и определяющее степень служебного положения, профессиональной и научной квалификации в области образовательной деятельности, приняты ученые звания: старший научный сотрудник, доцент (по специальности или по кафедре) и профессор (по специальности или по кафедре).

– научно-педагогический стаж преподавателя (опыт преподавания технической дисциплины).

Уровни контролируемых факторов качественно отражают степень технической эрудиции, научно-педагогического мастерства преподавателя и задаются в условных неметрических шкалах порядка (например, наличие или отсутствие научной степени или ученого звания; квалификационный уровень «без степени», кандидат технических наук, доктор технических наук и т.д.).

Изучение влияния фактора «квалификация преподавателя» на переменную «успеваемость студентов» может быть исследовано только в рамках естественного констатирующего педагогического эксперимента [7, 8]. Трудность такого исследования – это наличие множества возмущающих факторов, включая не только фактор времени, но и субъективно-психологические факторы межличностного общения преподавателей и студентов. К возмущающим можно отнести и фактор административного управления со стороны деканата на преподавателя, особенно если речь идет о студентах-контрактниках (объективность оценивания знаний студентов искажается в сторону завышения оценок).

Подобный эксперимент предусматривает анализ успеваемости по группам (потокам, факультетам), при изучении одной и той же технической дисциплины. Причем разделение (классификация) групп и потоков должна предварительно проводиться в соответствии с выбранным квалификационным уровнем преподавателя (уровни влияющего фактора: «старший преподаватель», «доцент», «профессор»). Педагогический эксперимент является прямым, параллельным и распределенным во времени [8].

Таблица сопряженности качественных признаков. Будем рассматривать объект исследования (множество обучаемых студентов) как сложную систему, на которую воздействует контролируемый и регулируемый фактор X (квалификация преподавателя). Качественные уровни фактора – X_0, X_1, X_2 , соответствуют обозначениям «старший преподаватель» (без научной степени и ученого звания), «доцент» (к.т.н., доцент), «профессор» (д.т.н., профессор). Выходная контролируемая переменная Y системы – «успеваемость», имеет два уровня: «посредственные знания» (оценка «3»), «хорошие знания» (оценка «4», «5»). Общее число оценок (объем эксперимента) равно N :

$$\alpha = P\left[\chi^2_K \geq \chi^2_{K,p}\right] N = \sum_{j=1}^S \sum_{i=1}^r h_{ij},$$

где S – число уровней влияющего фактора X ($S = 3$);

r – число уровней контролируемой переменной Y ($r = 2$);

h_{ij} – количество студентов с i -тым уровнем знания, при условии проведения занятий преподавателем с j -тым уровнем квалификации.

Введем обозначение слагаемых общей суммы N :

а) по переменной Y

$$h_i = \sum_{j=1}^S h_{ij};$$

б) по фактору X

$$h_j = \sum_{i=1}^r h_{ij}.$$

При этом

$$N = \sum_{i=1}^r h_i = \sum_{j=1}^S h_j.$$

С учетом приведенных обозначений таблица сопряженности фактора X и переменной Y имеет вид (табл. 1)

Таблица 1

Таблица сопряженности фактора X и переменной Y

Y X	1	i	r	\sum_i
1	h_{11}	h_{i1}	h_{r1}	$h_{.1}$
j	h_{1j}	h_{ij}	h_{rj}	$h_{.i}$
S	h_{1S}	h_{iS}	h_{rS}	$h_{.S}$
\sum_j	$h_{.1}$	$h_{.i}$	$h_{.r}$	N

Непараметрический критерий проверки гипотез.

1. Основная гипотеза H_0 : X и Y взаимнезависимы (фактор X не влияет на переменную Y).

2. Критериальная статистика χ^2 имеет $K = (r - 1)(S - 1)$ степеней свободы (7)

$$\chi^2_K = N \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^S \frac{(h_{ij} - \frac{h_{i.} \cdot h_{.j}}{N})^2}{h_{i.} \cdot h_{.j}}.$$

3. Критическая статистика $\chi^2_{K,p}$ – это $p = (1 - \alpha) \cdot 100$ процентная точка χ^2 распределения с K степенями свободы (α – задаваемый уровень значимости), такая, что вероятность

$$\alpha = P[\chi^2_K \geq \chi^2_{K,p}].$$

4. Решения γ_1 (отвергнуть гипотезу H_0) принимают если $\chi^2_K \geq \chi^2_{K,p}$, что соответствует решению о значимом влиянии фактора X на переменную Y.

Практические результаты. Проверка адекватности непараметрического критерия. Для проверки адекватности непараметрического критерия χ^2 , основанного на применении группированных данных в виде таблицы сопряженности (табл. 1), были использованы результаты успеваемости шести потоков студентов трех электротехнических факультетов НГУ «ХПИ»: электромашиностроительного, электроэнергетического и факультета автоматики и приборостроения. Объем выборки $N = 1469$ студентов.

В таблице 2 представлено распределение числа студентов Z_{ijl} с плохой (оценки «неудовлетворительно» и «удовлетворительно») и хорошей (оценки «хорошо» и «отлично») успеваемостью (переменная Y) по курсу «Теоретические основы электротехники» для трех уровней фактора X «квалификация преподавателя». Каждый уровень представлен двумя независимыми потоками студентов ($i = \overline{1,2}; j = \overline{1,3}; l = \overline{1,2}$).

Таблица 2

Распределение студентов по уровням фактора X и переменной Y

Переменная Y		Успеваемость	
фактора X	Успеваемость	«плохая»	«хорошая»
Старший преподаватель (без степени и звания)	Поток 1	$Z_{111}=28$	$Z_{211}=224$
	Поток 2	$Z_{112}=149$	$Z_{212}=156$
Доцент (к.т.н.)	Поток 1	$Z_{121}=24$	$Z_{221}=83$
	Поток 2	$Z_{122}=78$	$Z_{222}=176$
Профессор (д.т.н.)	Поток 1	$Z_{131}=197$	$Z_{231}=126$
	Поток 2	$Z_{132}=142$	$Z_{232}=86$

Построенная на основе табл. 2 таблица сопряженности (табл. 3) позволяет рассчитывать критериальную статистику χ^2 для $k=2$ степеней свободы:

$$\chi^2_{2} = 138,05.$$

Таблица 3

Таблица сопряженности фактора X и переменной Y

X \ Y	1	2	\sum_i
1	$h_{11}=177$	$h_{21}=380$	$h_{.1}=557$
2	$h_{12}=107$	$h_{22}=259$	$h_{.2}=366$
3	$h_{13}=339$	$h_{23}=212$	$h_{.3}=551$
\sum_j	$h_{.1}=618$	$h_{.2}=851$	$N=1469$

Уровни X и Y табл. 3 соответствуют строкам и столбцам табл. 2. Потоки 1 и 2 для сочетаний уровней X и Y – объединены. Так как критическая статистика для $\alpha = 0,1$ равна

$$\chi^2_{2; 0,01} = 4,65,$$

то гипотеза H_0 об отсутствии влияния фактора X на переменную Y – отвергается. Для проверки адекватности полученного вывода проведем повторный анализ результатов, представленных табл. 2, с помощью двухфакторной параметрической модели с многократными ($n=2$) наблюдениями в каждой из $3 \times 2 = 6$ ячеек таблицы 2. Многократность наблюдений позволяет выявить взаимодействие между X и Y, т.е. строк и столбцов таблицы 2 [1, 2].

Поскольку параметрические модели используют при строгих допущениях о нормальности закона распределения результатов наблюдений, проведем рандомизацию [1, 2] двухфакторной модели по всем возможным сочетаниям наблюдаемых величин h_{ij} таблицы сопряженности 3. Для каждого сочетания определим критериальную F-статистику, отражающую взаимодействие фактора X и переменной Y [1, 2]

$$F_{XY} = 6 \cdot \frac{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 (\bar{Z}_{ij} - \bar{Z}_{i.} - \bar{Z}_{.j} + \bar{Z})^2}{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 \sum_{l=1}^2 (Z_{ijl} - \bar{Z}_{ij})^2},$$

где

$$\bar{Z}_{ij} = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^2 Z_{ijl},$$

$$\bar{Z}_{i.} = \frac{1}{3} h_{i.},$$

$$\bar{Z}_{.j} = \frac{1}{2} h_{.j},$$

$$\bar{Z} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 \sum_{l=1}^2 Z_{ijl} = 122,42.$$

Рандомизация устраняет требование нормальности закона распределения для Z_{ijl} , позволяя рассматривать последние как дискретные величины. При этом общее число

возможных размещений величин h_{ij} таблицы сопряженности по 6 клеткам этой таблицы, равно 15. Для каждого из размещений была вычислена F-статистика $F_{X Y}$ и подсчитано число этих статистик, превышающее критическую $F_{2; 6; \alpha}$.

В таблице 4 представлены значения числа статистик $F_{X Y}$, превышающих критическую статистику для разных уровней значимости α .

Таблица 4

Результаты рандомизации параметрической двухфазной модели

Число превышений критического уровня	Критическая статистика $F_{2; 6; \alpha}$			
	$\alpha = 0,25$	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
Должно наблюдаться при отсутствии взаимодействий	не более 3	не более 1	0	0
Наблюдение в рандомизированном анализе	12	8	3	1

Значительное превышение чисел второй строки табл. 4 над числами первой строки (12 >> 3, 8 >> 1 и т.д.) указывает на значимое влияние фактора X на переменную Y, что подтверждает правильность аналогичного вывода по таблице сопряженности.

Выводы. 1. Доказана возможность применения таблиц сопряженности для получения статистических выводов о значимости эффектов качественного факторного влияния на показатели эффективности учебно-воспитательного процесса в высшей технической школе.

2. Доказано с помощью таблиц сопряженности значимое влияние фактора «квалификация преподавателя» на показатели успеваемости студентов при изучении ими электротехнических дисциплин.

Перспективы дальнейших исследований. Актуальность и необходимость углубленной разработки вопроса о применении в педагогических исследованиях (педагогический эксперимент) таблиц сопряженности подтверждается тем, что пока отсутствуют четкие научно-методические разработки использования методов непараметрической статистики в педагогических исследованиях факторных влияний, с учетом особенностей педагогического процесса в высшей технической школе. Это и является перспективными путями для будущих исследований проблемы.

Список использованных источников

1. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стэнли. – М.: Прогресс. – 1976. – С. 255–265.
2. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке : Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион ; пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – С. 321
3. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке : Методы обработки данных / Н. Джонсон, Ф. Лион ; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – С. 312–320.
4. Джужа Н. Ф. Применение методов непараметрической статистики в психолого-педагогических исследованиях / Н. Ф. Джужа // Вопросы психологии. – 1987. – № 4. – С. 35–40.
5. Наследов А. Д. Методы математической статистики и анализ данных психолого-педагогических исследований [Электронный ресурс]. Лекция 6. / А. Д. Наследов. – Режим доступа: www.tsput.ru/res/math/mop/lections.htm.
6. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях / Д. А. Новиков. – М.: Эгвес, 2004, с. 35.

7. Перевозникова Л. П. Психолого-педагогический эксперимент, его сущность и основные виды [Электронный ресурс] / Л. П. Перевозникова. – Режим доступа: http://allpsychology/00061646_0.html.
8. Структура построения педагогического эксперимента его виды : лекции для студентов педагогических институтов / под ред. В. И. Журавлева. – М. : Просвещение, 1992. – С. 112–120.

Пономарев А. С., Згурская М. П.

Применение таблиц сопряженности в педагогических исследованиях факторных влияний

Рассмотрены результаты педагогических исследований влияния фактора «ученое звание преподавателя» на уровень знаний студентов высшей технической школы при изучении общетехнического цикла дисциплин. Доказано на основе рандомизированных моделей дисперсионного анализа эффективность применения таблиц сопряженности для получения статистически значимых выводов о качественных влияниях исследуемого фактора на показатели эффективности учебного процесса.

Ключевые слова: высшее техническое образование, таблицы сопряженности, учебный процесс, рандомизированные модели, дисперсионный анализ, преподаватель, ученое звание.

Пономарьов О. С., Згурська М. П.

Застосування таблиць спряженості в педагогічних дослідженнях факторних впливів

Розглянуто результати педагогічних досліджень впливу чинника «вчене звання викладача» на рівень знань студентів вищої технічної школи при вивченні загально технічного циклу дисциплін. Доведено на основі рандомізованих моделей дисперсійного аналізу ефективність вживання таблиць зв'язаності з метою здобуття статистично значущих підсумків про якісні впливи досліджуваного чинника на показники ефективності навчального процесу.

Ключові слова: вища технічна освіта, таблиці спряженості, навчальний процес, рандомізовані моделі, дисперсійний аналіз, викладач, вчене звання.

A. Ponomarev, M. Zgurskaya

Use of Contingency Tables in Pedagogical Research of Factor Influences

The results of pedagogical research of influence the factor “academic rank of a teacher” of the level of students’ knowledge at higher technical school while studying general technical cycle disciplines. On the basis of the randomized models of the dispersion analysis, the efficiency has been proved of applying contingency tables for receiving statistically important conclusions about a qualitative influence of the factor under study on the educational process efficiency factor.

Key words: higher technical education, contingency tables, educational process, randomized model, dispersion analysis, teacher, academic rank.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2011 р.