

УДК 378.146.3:621.3

## ОЦІНКА ЗАЛЕЖНОСТІ ЯКІСНИХ ЗМІННИХ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

© Згурська М. П.<sup>1</sup>, Ніжевська Т. В.<sup>2</sup>

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»<sup>1</sup>*

*КЗ Харківська гуманітарно-педагогічна академія Харківської обласної Ради<sup>2</sup>*

### Інформація про авторів

**Згурська Марія Павлівна:** ORCID:0000-0002-8390-5766; [zgurskaya@gmail.com](mailto:zgurskaya@gmail.com); кандидат педагогічних наук, доцент; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» вул. Багалія, 21, м. Харків, 61002, Україна.

**Ніжевська Тетяна Вікторівна:** ORCID:0000-0002-1161-6658; [nizhevski@gmail.com](mailto:nizhevski@gmail.com); кандидат педагогічних наук, доцент; КЗ Харківська гуманітарно-педагогічна академія Харківської обласної ради, пров. Руставелі, 7, м. Харків 61001, Україна

Розглянуто метод статистичної перевірки гіпотез про незалежність змінних, що вимірювані в порядкових (дихотомічних і рангових) шкалах значень. У статті представлені результати аналізу залежностей між кваліфікаційним рівнем викладача вищого навчального закладу технічної освіти і ступенем засвоєння студентами, що навчаються у ВНЗ, матеріалу електротехнічних загальноосвітніх дисциплін. Груповані результати педагогічного експерименту були представлені в дослідженні таблицями спряженості рангів досліджуваних змінних, такі таблиці дозволяють побічно задавати точність тестування за величиною рівня значимості. І, виходячи з цього, для оцінки статистичного впливу факторів взаємозалежності якісних змінних був застосований стандартний критерій значущості, який при малих кількостях рівнів є досить ефективним. Доведено, що для оцінки взаємозалежності змінних в педагогічному експерименті може бути використана критеріальна статистика  $\chi^2$ .

**Ключові слова:** педагогічний експеримент, викладання, електротехнічні дисципліни, кваліфікація викладача, успішність навчання, методи математичної статистики, дихотомічні шкали, рангові шкали.

**М. П. Згурская, Т. В. Нижегородская, «Оценка зависимости качественных переменных по результатам педагогического эксперимента».**

Рассмотрен метод статистической проверки гипотез о независимости переменных, измеряемые в порядковых (дихотомических и ранговых) шкалах значений. В статье представлены результаты анализа зависимостей между квалификационным уровнем преподавателя высшего учебного заведения технического образования и степенью усвоения студентами, обучающимися в вузах, материала электротехнических общеобразовательных дисциплин. Группированные результаты педагогического эксперимента были представлены в исследовании таблицами сопряженности рангов исследуемых переменных, такие таблицы позволяют косвенно задавать точность тестирования по величине уровня значимости. И, исходя из этого, для оценки статистического влияния факторов взаимозависимости качественных переменных был применен стандартный критерий значимости, который при малых количествах уровней достаточно эффективным. Доказано, что для оценки взаимозависимости переменных в педагогическом эксперименте может быть использована исходная статистика  $\chi^2$ .

**Ключевые слова:** педагогический эксперимент, преподавание, электротехнические дисциплины, квалификация преподавателя, успешность обучения, методы математической статистики, ранговые шкалы, дихотомические шкалы.

*Zgurskaya M. P, Nizhevskaya T. V., "Evaluation of the dependence of qualitative variables on the results of a pedagogical experiment"*.

The method of statistical verification of hypotheses about the independence of variables measured in the ordinal (dichotomous and ranked) scale of values is considered. The article presents the results of the analysis of dependencies between the qualification level of a higher technical education teacher and the degree of the acquisition of electrical engineering course material by students studying at higher educational institutions. The grouped results of the pedagogical experiment are presented in the work in the tables of conjugation of the ranks of the studied variables; such tables allow indirectly setting the accuracy of the test according to the level of significance. And, on the basis of this, a standard criterion of significance was used to assess the statistical effect of factors of interdependence of qualitative variables, which is very effective at a small number of levels. It is proved that criterion statistics  $\chi^2$  can be used to assess the interdependence of variables in a pedagogical experiment.

**Keywords:** educational experiment, teaching, electrical engineering disciplines, teacher qualification, the success of students, methods of mathematical statistics, dichotomizing scale, rank scale.

**Постановка проблеми.** Соціально-економічні й політичні зміни в суспільстві, зміцнення державності України, входження її у світове співтовариство неможливі без структурної реформи національної системи вищої освіти. „Уміння передбачати розвиток університетської системи освіти – одна з найважливіших умов успішності її функціонування,” – пише проф. О.П.Мещанінов [7]. Одним із важливих чинників розвитку освіти є моніторинг її стану, якості освітніх послуг, що надаються у ВНЗ. Важливу роль у цьому процесі відіграє педагогічний експеримент, що віддзеркалює проблеми і явища, що досліджуються.

Проблема організації та планування педагогічного експерименту виступає в теорії та практиці педагогіки вищої школи як одна з основних загальнотеоретичних проблем, дослідження якої ведеться в працях багатьох відомих педагогів: С.І. Архангельського, В.І. Міхєєва, Ю.К. Бабанського, В.І. Загвязінського, О.П. Мещанінова, А.І. Піскунова, О.Г. Романовського. У педагогіці вищої технічної школи для відповідного моніторингу якості освіти є необхідність аналізувати залежності між кваліфікаційним рівнем викладача і ступенем засвоєння студентами матеріалу певних дисциплін (наприклад, електротехнічних). Для цього треба використовувати відповідні методи математичної статистики: метод статистичної перевірки гіпотез про незалежність змінних, вимірюваних у порядкових (дихотомічних і рангових) шкалах значень.

Використання якісних змінних, для виявлення їх взаємозалежностей, у педагогічних експериментах – завдання досить проблематична, бо при угрупованні та впорядкуванні даних частина інформації не враховується (операції обчислення середнього арифметичного, дисперсії, кореляційних моментів не є коректними в порядковій шкалі [4]). Педагогічний експеримент, в цьому випадку, є неповним і, фактично, цензурованим.

**Аналіз літератури.** Методи кореляційного [4, 11], дисперсійного [2, 7], регресійного [8] видів багатовимірною статистичного аналізу – це традиційні параметричні методи виявлення взаємозалежностей при обробці результатів педагогічних експериментів. Основна вимога до результатів – можливість отримання числових (кількісних) значень, виражених в шкалі відносин. При неповних або недостатньо представницьких вибірках застосовують перетворення в порядкові шкали, з використанням непараметричних методів аналізу взаємозалежностей у вигляді рангових критеріїв [5].

**Мета статті** – довести можливість застосування стандартного критерію значущості для оцінки взаємозалежності якісних змінних, коли груповані результати педагогічного експерименту представлені таблицями спряженості рангів досліджуваних змінних.

**Основний матеріал.** Під педагогічним експериментом сучасна педагогіка вищої школи розуміє науково поставлений дослід у галузі навчальної чи виховної роботи, спостереження досліджуваного педагогічного явища в спеціально створених і

контрольованих дослідником умовах. При цьому встановлюється залежність між тим чи іншим впливом або умовою навчання та виховання і його результатом [3]. Тобто, підсумовуючи, це – метод дослідження, який використовується з метою з'ясування ефективності застосування методів і засобів навчання і виховання, науково обгрунтовану і добре продуману систему організації педагогічного процесу, спрямовану на відкриття нового педагогічного знання, перевірку і обгрунтування заздалегідь розроблених наукових припущень і гіпотез [2, 6, 9].

У більшості робіт із теорії педагогіки вищої школи за допомогою педагогічного експерименту, підкреслюючи його цільову спрямованість, з'ясовують залежність між характером тих чи інших педагогічних впливів на об'єкт педагогічного експерименту і результат цих впливів, аналізують залежності між тими чи іншими явищами і групами явищ.

Сутність експерименту зводиться до абстрагування, тобто штучного виділення одного аспекту досліджуваного процесу з усього різноманіття досліджуваних зв'язків (наприклад, вивчення впливу кваліфікаційного рівня викладача на міру засвоєння студентами матеріалу електротехнічних загальноосвітніх дисциплін, хоча на ступінь засвоєння студентами цих предметів впливають і інші фактори, крім кваліфікаційного рівня педагога).

Одне з основних понять при описі експерименту – змінна. Так називають будь-яку реальну умову ситуації, що може бути змінено (див. табл. 1).

*Таблиця 1*

Види змінних

Експериментальні		Побічні (супутні реальні перешкоди)	
Незалежна змінна (НЗ) (причинна)	Залежна змінна (ЗЗ) (слідча)	Контрольовані змінні (що зрівнюються)	Спонтанні змінні (неконтрольовані)

Незалежна змінна (НЗ) – це умови, які змінює сам експериментатор.

Залежна змінна (ЗЗ) – фактор, що змінюється у відповідь на введення незалежної змінної.

Контрольовані змінні – ті умови, які в ході експерименту не повинні змінюватися. Інакше порушиться правомірність емпіричного доказу: динаміку залежної змінної можна буде пояснити не впливом ЗЗ, а іншими, незапланованими і непоміченими самим експериментатором впливами.

Таким чином, проведення педагогічного експерименту полягає у вивченні впливу незалежних змінних на залежні при константних характеристиках контрольованих змінних.

У педагогічній науці розрізняють два плани проведення експериментів – традиційний, де змінюється тільки одна НЗ, та факторний, де змінюється одночасно кілька НЗ. І саме останній необхідний для аналізу залежностей між кваліфікаційним рівнем викладача і ступенем засвоєння студентами матеріалу електротехнічних дисциплін.

Задачі дослідження залежностей між вимірюваними в ході факторного педагогічного експерименту змінними, традиційно поділяють на дві групи:

- 1) встановлення факту наявності або відсутності залежності;
- 2) знаходження кількісної залежності між змінними.

Розв'язання завдань першої групи здійснюють параметричними методами кореляційного та дисперсійного аналізу. Завдання другої групи вирішують методами регресійного аналізу. Обмеженням на застосування перерахованих методів є вимога до подання результатів вимірювань у шкалі відносин. Застосування непараметричних критеріїв некорельованості, наприклад, коефіцієнта рангової кореляції Спірмена [1, 3], можливе, якщо здійснити перехід від шкали відносин до менш потужної порядкової шкалою. Однак вихідні дані спочатку повинні бути представлені в більш потужній шкалі відносин [6]. При

цьому вибірці по вимірюваних змінних мають бути представницькими, а самі змінні повинні бути кількісними.

Використання якісних змінних для виявлення їх взаємозалежностей у педагогічних експериментах – завдання досить проблематичне. Це пов'язано з тим, що операції обчислення середнього арифметичного, дисперсії, кореляційних моментів не є коректними в порядковій шкалі [4] через втрати інформації при угрупованні та впорядкуванні даних. Педагогічний експеримент у цьому випадку втрачає повноту й об'єктивність.

**Таблиця спряженості вихідних даних.** Таблиця спряженості – засіб представлення спільного розподілу двох змінних, призначений для дослідження зв'язку між ними. Вона є найбільш універсальним засобом вивчення статистичних зв'язків, тому що в ній можуть бути представлені змінні з будь-яким рівнем вимірювання.

Рядки таблиці спряженості відповідають значенням однієї змінної, стовпці – значенням іншої змінної (кількісні шкали попередньо повинні бути згруповані в інтервали). На перетині рядка і стовпця вказується частота спільного появи  $h_{ij}$  відповідних значень двох ознак  $X_i$  і  $Y_j$ . Сума частот по рядку  $h_i$  – маргінальна частота рядка; сума частот по стовпцю  $h_j$  – маргінальна частота стовпця. Сума маргінальних частот дорівнює обсягу вибірки  $n$ ; їх розподіл є одномірне розподіл змінної, що утворює рядки або стовпці таблиці.

Розглянемо множину, що складається з  $N$  студентів як об'єктів педагогічного експерименту. Нехай  $X$  і  $Y$  – якісні змінні, що характеризують:

$X$  – рівень кваліфікації викладача,

$Y$  – ступінь засвоєння матеріалу студентами.

Рівні змінних впорядковані за зростанням кількості рівнів для змінних  $X$  і  $Y$  кінцеві і відповідно рівні  $S$  та  $r$ . Індокси перерахування рівнів:  $j = \overline{1, S}$ ,  $i = \overline{1, r}$ .

Кількість об'єктів (студентів) відповідно поєднанню рівнів із номерами  $i$  та  $j$  позначимо як  $h_{ij}$ .

Загальний вигляд таблиці спряженості для якісних змінних  $X$  і  $Y$  представлений табл.

2.

Таблиця 2.

Таблиця спряженості розміру  $r \times S'$

$X \backslash Y$	1	2	I	r	$\sum y$
1	$h_{11}$	$h_{21}$	$h_{i1}$	$h_{r1}$	$h_{.1}$
2	$h_{12}$	$h_{22}$	$h_{i2}$	$h_{r2}$	$h_{.2}$
i	$h_{1j}$	$h_{2j}$	$h_{ij}$	$h_{ri}$	$h_{.i}$
S	$h_{1S}$	$h_{iS}$	$h_{iS}$	$h_{rS}$	$h_{.S}$
$\sum x$	$h_{.1}$	$h_{.2}$	$h_{.i}$	$h_{.r}$	N

**Критерій значущості  $\chi^2$ .** Доведено [10, 11], що критерій згоди  $\chi^2$  може використовуватися для перевірки справедливості основної гіпотези.

$H_0$ : статистичний зв'язок між змінними  $X$  і  $Y$  відсутня, якщо ці змінні беруть участь у формуванні дискретних значень  $h_{ij}$  таблиці спряженості (табл. 2).

$$\text{Статистика } \chi^2 = N \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{(h_{ij} - \frac{h_{i.} \cdot h_{.j}}{N})^2}{h_{i.} \cdot h_{.j}} \quad (1)$$

має стандартні  $\chi^2$  – розподіли з числом ступенів свободи.

$$K = (r - 1)(S - 1). \quad (2)$$

Переймаючись рівнем значущості  $\alpha$  (ймовірністю помилкового рішення відкинути гіпотезу  $H_0$ ), можна одне з двох рішень:

$\gamma_0$  – не відкинути гіпотезу  $H_0$ ,

$\gamma_1$  – відкинути гіпотезу  $H_0$ .

Вибір рішення  $\gamma_0$  або  $\gamma_1$  проводять відповідно до правила вибору

$$\gamma = \begin{cases} \gamma_0, & \text{якщо } \chi^2 > \chi^2_{\text{кр}} \\ \gamma_1, & \text{якщо } \chi^2 \leq \chi^2_{\text{кр}} \end{cases} \quad (3)$$

Критична статистика  $\chi^2_{\text{кр}}$  вибирається як Р–процентна точка  $\chi^2_{\text{кр}}$  – розподілу, що має К ступенів свободи (за таблицею процентних точок  $\chi^2$  розподілу) [11]. Довірча ймовірність Р визначається заданим рівнем значущості  $\alpha$ :

$$P = 1 - \alpha \quad (4)$$

**Практичне застосування таблиць спряженості.** Для перевірки можливості використання таблиць спряженості при оцінці статистичного впливу чинника «кваліфікаційний рівень викладача» (змінна x) на зміну рівнів фактора «ступінь засвоєння матеріалу студентами» (змінна y) були проаналізовані екзаменаційні оцінки N = 1469 студентів. Досліджуваний предмет «Теоретичні основи електротехніки». Аналізу були піддані 108 екзаменаційних відомостей за період 2006–2009 роки чотирьох факультетів НТУ «ХП». Кваліфікаційні рівні викладачів (вхідна змінна):

- 1 – без вченого ступеню (2 викладача);
- 2 – кандидат технічних наук (3 викладача);
- 3 – доктор технічних наук (2 викладача).

Ступінь засвоєння матеріалу електротехнічної дисципліни (вихідна змінна) оцінювалася рівнями:

- 1 – не атестований (незадовільно);
- 2 – задовільно;
- 3 – добре;
- 4 – відмінно.

Кількість рівнів: S = 3, r = 4. Значення  $h_{ij}$  по рівням змінних X и Y представлені в таблиці спряженості 3.

Таблиця 3.

Таблиця спряженості розміру

Y \ X	1	2	3	4	$\sum y$
1	$h_{11} = 14$	$h_{21} = 163$	$h_{31} = 224$	$h_{41} = 156$	557
2	$h_{12} = 197$	$h_{22} = 78$	$h_{32} = 83$	$h_{42} = 176$	361
3	$h_{13} = 197$	$h_{23} = 142$	$h_{33} = 126$	$h_{43} = 86$	551
$\sum x$	235	383	433	418	1469

Розрахунок статистики  $\chi^2$ , зроблений за рівнянням (1), дав значення  $\chi^2 = 341,795$ . При  $\alpha = 0,01$  (одновідсотковий рівень значимості) критичне значення  $\chi^2_{\text{кр}} = 16,812$  (число ступенів свободи K = 6). Виходячи з правила прийняття рішень [9], вибираємо рішення  $\gamma_1$  (гіпотеза  $H_0$  відкидається), що відповідає наявності статистично значимого впливу змінної x на змінну y.

Представляють інтерес результати порівняння (за величиною статистики  $\chi^2$ ) впливу змінної x на змінну y, коли остання представлена лише двома рівнями:

- 1 – студент не атестований (оцінка «2»);
- 2 – студент атестований (оцінка «3», «4» або «5»).

У таблиці 4 наведені результати аналізу у вигляді критеріальної статистики  $\chi^2$  для різних сполучень вхідної змінної x при двох рівнях вихідної змінної y. Тут же дано величини числа ступенів свободи, критичної статистики  $\chi^2_{\text{кр}}$  (при  $\alpha = 0,01$ ) і рішень  $\gamma$ .

Таблиця 4.

**Аналіз різних сполучень вхідної змінної  $x$  при двох рівнях вихідної змінної  $y$**

Поєднання рівнів змінних	$\chi^2$	К	$\chi^2$ кр	Рішення	Висновок про ступінь залежності
1 – без ступеню 2 – к.т.н.	9,431	1	6,63	$\gamma_1$	слабка
2 – к.т.н 3 – д.т.н.	100,624	1	6,63	$\gamma_1$	сильна
1 – без ступеню 3 – д.т.н	189,510	1	6,63	$\gamma_1$	сильна
1 – без ступеню 2 – к.т.н 3 – д.т.н	261,437	2	9,21	$\gamma_1$	сильна

**Результати аналізу залежностей за якісними змінним.**

Порівнюючи значення  $\chi^2 = 261,437$  (з останнього рядка табл. 4) із значенням  $\chi^2 = 341,795$  (отриманими вище, коли змінна  $y$  мала 4 рівня), можна зазначити, що збільшення числа рівнів (наприклад, для змінної  $y$ ) підвищує кількість інформації при тестуванні, що виражається у нерівності  $341,795 > 261,437$ .

Про це свідчить і більш високе значення  $\chi^2$  (останній рядок табл. 4) за порівняннями зі значеннями  $\chi^2$  для 1, 2 і 3-й рядків табл. 4, де число рівнів змінної  $x$  дорівнює 2.

**Висновки.** Застосування таблиць спряженості якісних змінних у педагогічному експерименті у вищій школі досить ефективно, особливо в малих кількостях рівнів ( $r \leq 5$ ,  $S' \leq 5$ ), коли неможливо використовувати коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (непараметричні критерії корельованості вимагають початкових умов  $r \geq 5$ ,  $S' \geq 5$ ).

1. Для оцінки взаємозалежності може бути використана критеріальна статистика  $\chi^2$ , величина якої частково відображає прямий вплив вхідної змінної на рівні вихідний.

2. Таблиці спряженості дозволяють побічно задавати точність тестування за величиною рівня значимості  $\alpha$  (зменшення  $\alpha$  підвищує ймовірність не відкинути нульову гіпотезу).

**Список використаних джерел**

1. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стэнли. – М.: Прогресс, 1976. – 496 с.
2. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник / С. У. Гончаренко. – Київ : Либідь, 1997. – 112 с.
3. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке : методы обработки данных / Н. Джонсон, Ф. Лион. – пер с англ. – М. : Мир, 1981. – 520 с.
4. Джужа Н. Ф. Применение методов непараметрической статистики в психолого-педагогических исследованиях / Н. Ф. Джужа // Вопросы психологии. – 2008. – № 4. – С. 35-40.
5. Ермолаев О. Ю. Математическая статистика для психологов : учебник / О. Ю. Ермолаев. – 4-е изд., испр. – М. : МПСИ : Флинта, 2006. – 336 с.
6. Кузнецов Д. Ю. Статистические методы анализа психолого-педагогических исследований [Электронный ресурс] / Д. Ю. Кузнецов. – Режим доступа : [http://vestnik.yspu.org/releases/uchenue\\_praktikam/11\\_4/](http://vestnik.yspu.org/releases/uchenue_praktikam/11_4/)
7. Мещанинов О. П. Основні ознаки та проблеми розвитку університетської освіти / О. П. Мещанинов // Наукові праці. Сер.: Педагогіка / Держ. гуманітарний ун-т імені П. Могили. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2006. – Вип. 33. (Т. 46). – С. 7-12.
8. Наследов А. Д. Методы математической статистики и анализ данных психолого-педагогических исследований. Лекция 6 [Электронный ресурс] / А. Д. Наследов. – Режим доступа : [www.tsput.ru/res/math/mop/lections.htm](http://www.tsput.ru/res/math/mop/lections.htm)

9. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи) / Д. А. Новиков. – М. : МЗ-Пресс, 2004. – 66 с.
10. Шишлянникова Л. М. Применение корреляционного анализа в психологии / Л. М. Шишлянникова // Психологическая наука и образование. – 2013. – № 1. – С. 98-107.
11. Pollard J. H. A handbook of numerical and statistical techniques. Cambridge University Press / J. H. Pollard. – London ; New York ; Melbourne, 2009. –34 p.

#### References

1. Glass, Dzh & Stjenli, Dzh 1976, *Statisticheskie metody v pedagogike i psihologii*, [Statistical methods in pedagogy and psychology] Progress, Moskva.
2. Honcharenko, SU 1997, *Ukrayinskyu pedahohichnyy slovnyk*, [Ukrainian Pedagogical Dictionary] Lybid, Kyiv.
3. Dzhonson, N & Lion, F 1981, *Statistika i planirovanie jeksperimenta v tehnikе i nauke : metody obrabotki dannyh*, [Statistics and experiment planning in engineering and science: data processing methods] Mir, Moskva.
4. Dzhuzha, NF 2008, 'Primenenie metodov neparametricheskoy statistiki v psihologo-pedagogicheskikh issledovaniyah', [The application of methods of nonparametric statistics in psychological and pedagogical studies] *Voprosy psihologi*, no. 4, pp. 35-40.
5. Ermolaev, OJu 2006, *Matematicheskaja statistika dlja psihologov*, [Mathematical statistics for psychologists] 4th edn, Moskovskij psihologo socialnyj institut, Flinta, Moskva.
6. Kuznecov, DJu n.d., 'Statisticheskie metody analiza rezultatov psihologo-pedagogicheskikh issledovaniy', [Statistical methods of analysis of psychological and pedagogical research] *Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik*, Jaroslavskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet imeni K. D. Ushinskogo, Jaroslavl, <[http://vestnik.yspu.org/releases/uchenuye\\_praktikam/11\\_4/](http://vestnik.yspu.org/releases/uchenuye_praktikam/11_4/)>.
7. Meshchaninov, OP 2006, 'Osnovni oznaky ta problemy rozvytku universytetskoyi osvity', [Main features and problems of university education development] *Naukovi pratsi. Seriya Pedahohika*, Derzhavnyy humanitarnyy universytet imeni Petra Mohyly, Vydavnytstvo Derzhavnoho humanitarnoho universytetu imeni Petra Mohyly, Mykolayiv, iss. 33, vol. 46, pp. 7-12.
8. Nasledov, AD n.d., *Metody matematicheskoy statistiki i analiz dannyh psihologo-pedagogicheskikh issledovaniy. Lekcija 6*, [Methods of mathematical statistics and data analysis of psychological and pedagogical research. Lecture 6] <[www.tsput.ru/res/math/mop/lections.htm](http://www.tsput.ru/res/math/mop/lections.htm)>.
9. Novikov, DA 2004, *Statisticheskie metody v pedagogicheskikh issledovaniyah (tipovye sluchai)*, [Statistical methods in pedagogical studies (typical cases)] MZ-Press, Moskva.
10. Shishljannikova, LM 2013, 'Primenenie korreljacionnogo analiza v psihologii', [The use of correlation analysis in psychology] *Psihologicheskaja nauka i obrazovanie*, no. 1, pp. 98-107.
11. Pollard, JH 2009, *A handbook of numerical and statistical techniques*, Cambridge University Press, London, New York, Melbourne.

Стаття надійшла до редакції 30.03.2017р.