УДК 33.013: 004.852: 519.25 **DOI 10.5281/zenodo.3229588**

Джунь Йосип Володимирович д.фіз-мат.н., професор, завідувач кафедри математичного моделювання, **Лотюк Юрій Георгійович,** к.пед.н., доцент, доцент кафедри математичного моделювання (Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука), josif-june@rambler.ru

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ В ПЕДАГОГІЦІ ТА ПСИХОЛОГІЇ

Анотація. *У статті обґрунтовано методику комп'ютерного розв'язування задачі встановлення статистичної закономірності досліджуваного явища на основі вибірки емпіричних даних. Розглянуто алгоритм розв'язування такої задачі в залежності від того, в якому вигляді отримані емпіричні дані – в не згрупованому чи згрупованому. Розкрито, що ця методика значно полегшує і пришвидшує відкриття статистичних закономірностей, необхідних для педагогічних та психологічних досліджень, на основі застосування найсучасніших математичних підходів і їх програмного забезпечення. Створено, апробовано та запрограмовано у математичному пакеті MathCad алгоритм обчислення статистичних кумулят К. Пірсона для згрупованих та не згрупованих даних, за допомогою яких встановлюють статистичні закономірності за методикою Е. Пірсона та Х. Хартлі.*

Ключові слова*: встановлення статистичних закономірностей, статистична вибірка, аналіз емпіричних даних в педагогіці і психології.*

Dzun Yosyp Volodymyrovych, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Mathematical Modeling, **Lotiuk Yurii Georgiiovich,** Ph.D in Pedagogic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling (Academican Stepan Demianchuk International University of Economics and Humanities, Rivne), josif-june@rambler.ru

THE METHOD OF DETERMINING THE STATISTIC PATTERNS IN PEDAGOGIC AND PSYCHOLOGY

Abstract.

Introduction. *The article deals with the computer-aided methodology of solving problems of determining the statistic patterns, which is based on the investigation of the sample of empirical data. The algorithm of solving such problems is considered depending on the form of obtained empirical data (ungrouped or grouped). This methodology is based on the application of modern mathematical approaches and software and enables to discover statistic patterns which are necessary for pedagogical and psychological research.*

Purpose. *To introduce the teachers and psychologists with the modern method of determining the statistic patterns and the results of pedagogical and psychological surveys, tests and research.*

Methods. *To determine the statistic patterns, the theory of K. Pearson curves in a differential form and the method of identification of the mathematical form of distribution, which is established on the basis of empirical data and reflects the established pattern.*

Results*. The authors developed the method of determining the statistic patterns based on empirical data used in pedagogic and psychology.*

Most often these or other regularities are expressed in the form of statistical partition. However, a few teachers know the way of finding a statistical partition that reflects the studied pattern because the methodology of this procedure was developed by the prominent English mathematician E. Pearson, and was intended for specialists in mathematics so only a few of teachers or psychologists are familiar with it. Therefore, in this article the algorithm of determining the statistical patterns is established in detail, it allows to use this method in pedagogical practice mathematically competently.

The authors developed recommendations that provide an operative, mathematically sound and computer-based ways of solution to the problem of determining a statistical pattern, which is a subject to the investigated pedagogical phenomenon and is based on empirical data. The algorithm for solving this problem is considered depending on the state in which we have empirical data (in ungrouped or grouped).

Originality. *For the first time the method of determining the statistic patterns in pedagogic and psychology is highlighted at the appropriate mathematical level, and the computer method for the detection of statistical regularities by empirical data is proposed. It allows you to search on a modern, mathematical level with the maximum automation of the prose's of determination of new regularities with the help of two recommended computer programs in the mathematical package MathCad.*

Conclusion. *The described method of determining the statistic patterns and automation of necessary computing is a new and useful theoretically and practically means, which greatly simplifies and facilitates statistical researches of teachers and psychologists. It essentially facilitates and accelerates the discovery of statistical patterns necessary for pedagogy and psychology, based on the application of the most advanced mathematical approaches and their software.*

Key words: *to determine the statistic patterns, statistical sampling, analysis of empirical data in pedagogic and psychology.*

В педагогічних, і особливо в психологічних дослідженнях досить часто приходиться мати справу з обробкою різноманітних статистичних даних. Багато досліджень, присвячені застосуванню статистичних методів в педагогіці і психології, починаючи від знакового видання Дж. Гласс і Дж. Стенлі [1] та закінчуючи посібниками [2–4] і сучасними розробками [5–9].

При обробці статистичних даних в педагогіці і психології однією з найбільш важливих задач є встановлення статистичних закономірностей, оскільки саме вони є дороговказом до дії педагога чи психолога. Проте, на превеликий жаль, в посібниках по обробці статистичних даних відсутні конкретні рекомендації як саме відкривати ці закономірності.

Найчастіше ті чи інші закономірності виражаються у вигляді статистичних розподілів. Проте, яким чином знайти статистичний розподіл, який відображає досліджувану закономірність, знає мало хто з педагогів. Справа в тому, що методика цієї процедури, яка розроблена видатним англійським математиком Е. Пірсоном, опублікована ще в радянські часи і то як пояснення до таблиці 4.13 в [11, с.101 і 340]. Ця публікація призначена для фахівців-математиків, тому, мало хто з педагогів чи психологів знає про цю методику. Окрім того, ознайомлення з самою методикою встановлення статистичної закономірності в [11] недостатнє для того, щоб математично грамотно і на сучасному рівні застосувати її у педагогічній практиці, чи у практиці психологів.

Метою нашого дослідження є розробка рекомендацій, які забезпечать оперативне, математично обґрунтоване, комп’ютерне розв’язання задачі встановлення статистичної закономірності, якій підкоряється досліджуване педагогічне явище, на основі емпіричних даних. Тобто, ми розглядаємо алгоритми розв’язування цієї задачі в залежності від того, в якому стані ми маємо емпіричні дані – в не згрупованому чи згрупованому вигляді.

Розглянемо коротко теорію методу, який ґрунтується на диференційному представленні сімейства кривих К. Пірсона [10, с. 101]:

$$\frac{y'}{y} = -\frac{x + c_1}{c_0 + c_1 x + c_2 x}, \tag{1}$$

де y – щільність розподілу, а початком відліку для x є середнє.

Розв’язок диференціального рівняння (1) залежить від сталих c_0, c_1, c_2, які в свою чергу залежать від квадрату асиметрії $A^2 = \beta_1$, і куртозису β_2 [11, с.101]:

$$c_0 = \sigma^2 (4\beta_2 - 3\beta_1)/b; \quad c_1 = \sigma\sqrt{\beta_1(\beta_2 + 3)}/b; \quad c_2 = (2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)/b. \tag{2}$$

$$b = 2(5\beta_2 - 6\beta_1 - 9); \quad \sigma^2 = \mu_2; \quad \beta_1 = \mu_3^2 / \mu_2^3; \quad \beta_2 = \mu_4 / \mu_2^2; \tag{3}$$

$$\mu_r = \int_{l_1}^{l_2} x^r f(x) dx; \quad r = 2, 3, 4; \quad \mu_0 = 1; \quad \mu_1 = 0. \tag{4}$$

Значення l_1 і l_2 в (4) є границями дійсної області визначення щільності імовірності $f(x)$.

Вид тієї чи іншої статистичної закономірності, яку ми шукаємо, залежить від значень β_1 і β_2, які обчислені для досліджуваного емпіричного розподілу, тобто, по реальних визначених на комп’ютері значеннях β_1 і β_2 ми встановлюємо по рис.1 номер кривої К. Пірсона. Цей номер дозволяє знайти шукану нами закономірність. Математичну форму кривої Пірсона, за її номером ми встановлюємо по довіднику [12, с.133], або, як зазначено у [13, с. 273–303]. Виписавши математичну форму знайденої кривої по її номеру ми можемо повідомляти широкий загал педагогів і психологів про відкриту закономірність.

На рис. 1 точка 1 відповідає вибірці для не згрупованих даних β_1 =0.013 і β_2 =2.650, а точка 2 – для згрупованих даних β_1 = 0.194 і β_2 =2.685.

Як бачимо, для встановлення статистичної закономірності для досліджуваного явища зовсім не потрібно заглиблюватися в теорію сімейства кривих К. Пірсона, які охоплюють майже всі винайдені людством розподіли. Достатньо лише обчислити на комп'ютері вихідні значення β_1 і β_2 для досліджуваного статистичного розподілу.

Зауважимо також, що графік на рис. 1 винайшов не сам К. Пірсон, а його син Е. Пірсон у співавторстві з Х. Хартлі [14].

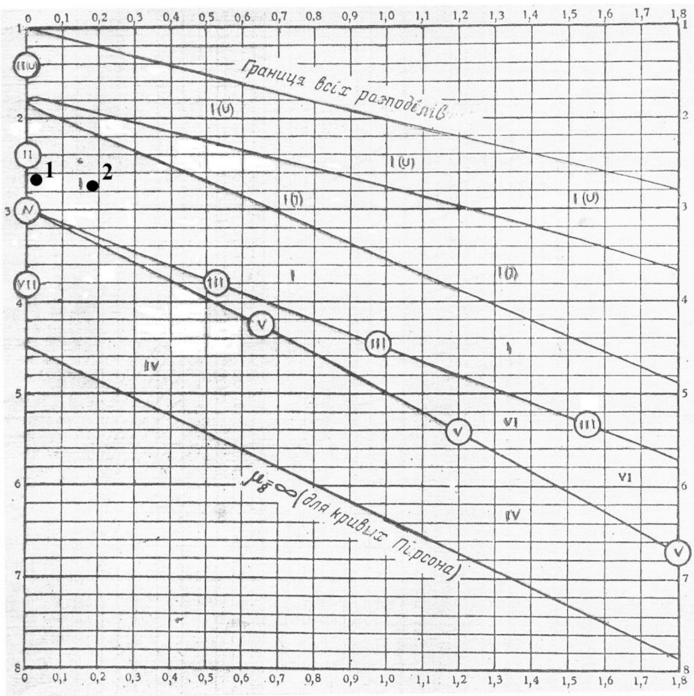

Рис. 1. Графік для визначення статистичної закономірності по номеру кривої К. Пірсона в залежності від величин β_1 і β_2

Розглянемо тепер робочі формули для обчислення значень β_1 і β_2 для *незгрупованих* даних. Алгоритм таких обчислень складається із трьох стадій:

1. Обчислюємо середнє арифметичне $\bar{x}$ і центральні вибіркові моменти m_r за такими формулами:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} x_i / n; \qquad m_r = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^r / n, \tag{5}$$

де x_i – масив даних; n – обсяг вибірки; r – порядок центрального вибіркового моменту; $r = 2, 3, 4$.

2. В моменти m_2, m_3, m_4 вводимо поправки на зміщення за формулами [15, с. 386]:

$$\mu_2 = \frac{n}{n-1} m_2; \qquad \mu_3 = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} m_3;$$

$$\mu_4 = \frac{n(n^2 - 2n + 3)}{(n-1)(n-2)(n-3)} m_4 - \frac{3n(2n-3)}{(n-1)(n-2)(n-3)} m_2^2 \tag{6}$$

3. Обчислюємо β_1 і β_2 за формулами:

$$\beta_1 = \mu_3^2 / \mu_2^3; \qquad \beta_2 = \mu_4 / \mu_2^2 \tag{7}$$

Тепер подамо програму обчислення β_1 і β_2 в MathCad:

$$n := \mathrm{rows}(x) \qquad x_{seredn} := \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$m_2 := \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - x_{seredn}\right)^2}{n} \qquad m_3 := \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - x_{seredn}\right)^3}{n} \qquad m_4 := \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - x_{seredn}\right)^4}{n}$$

$$\mu_2 := \frac{n}{n-1} \cdot m_2 \qquad \mu_4 := \frac{n \cdot \left(n^2 - 2 \cdot n + 3\right)}{(n-1)\cdot(n-2)\cdot(n-3)} \cdot m_4 - \frac{3 \cdot n \cdot (2 \cdot n - 3)}{(n-1)\cdot(n-2)\cdot(n-3)} \cdot m_2^2$$

$$\mu_3 := \frac{n^2}{(n-1)\cdot(n-2)} \cdot m_3 \qquad \beta_1 := \frac{\mu_3^2}{\mu_2^3} \qquad \beta_2 := \frac{\mu_4}{\mu_2^2}$$

Рис. 2. Робочий аркуш математичного пакету MathCad реалізації алгоритму обчислення величин β_1 і β_2 по незгрупованих даних, програма 1

В якості прикладу для застосування програми 1 нами взято результати IQ тестування 80 магістрів факультету кібернетики Міжнародного економіко-гуманітарного університету імені академіка Степана Дем'янчука (МЕГУ) (Табл. 1). Результати розрахунку такі: β_1 =0.013 і β_2 =2.650. Якщо на рис. 1 нанести точку з такими координатами то вона знаходиться в області кривої Пірсона І типу (β -розподіл), але дуже близько, фактично на лінії розділу Пірсона II типу і поблизу точки N, яка відповідає закону нормального розподілу. Якщо оцінити приблизні похибки координат β_1 і β_2 , відповідно σ_{β_1} і σ_{β_2} , що дуже просто зробити за формулами [15, с. 391]:

$$\sigma_{\beta_1} = 2\sigma_A = 2\sqrt{\frac{6}{n}} = 2\sqrt{\frac{6}{80}} = 0.548; \quad \sigma_{\beta_2} = \sqrt{\frac{24}{n}} = 2\sqrt{\frac{24}{80}} = 1,095$$

Це свідчить, що: $\sigma_{\beta 1} \gg \beta_1$; $\sigma_{\beta 2} >$ (3 – 2,650) = 0,350.

Таким чином, якщо навколо точки з координатами β_1 =0.013 і β_2 =2.650 провести коло радіусом R=1.96*0.548-1.074, то це коло накриє точку N – найпростіший і найпривабливіший закон розподілу – нормальний закон. Отже, ми показали, що із імовірністю 0.95% можна вважати, що розподіл значень IQ тестування є нормальним.

Таблиця 1

Результати IQ тестування 80 магістрів факультету кібернетики Міжнародного економіко гуманітарного університету імені академіка Степана Дем'янчука (грудень 2018р. n=80)

58.5	76.7	96.9	116.7	63.7	84.9	85.2	116.9	137.9	158.9
159.2	148.4	127.7	116.5	95.3	84.7	143.6	148.6	127.3	169.9
74.6	148.5	95.4	106.3	127.6	148.5	95.6	106.2	127.5	169.8
64.7	84.9	105.9	116.8	127.2	148.3	95.5	116.5	116.8	148.7
74.3	95.3	116.7	127.3	74.4	85.1	6.2	127.8	138.4	74.2
127.7	95.4	116.9	127.6	95.6	86.2	127.7	95.7	106.3	127.3
95.5	106.4	116.6	95.5	116.5	116.8	102.0	127.4	106.1	116.9
42.4	28.3	74.5	106.5	95.5	127.4	138.0	160.5	159.1	178.5

Розглянемо алгоритм обчислення значень β_1 і β_2 для *згрупованих* даних, тобто, по гістограмі. Потрібно зауважити, що нинішня методика розрахунку числа інтервалів гістограми дещо застаріла і вимагає деяких коректив. По перше, правило Старджеса [15]:

$$R = 1 + 3.332 \log n \tag{8}$$

для розрахунку числа інтервалів гістограми є застарілим і його рекомендується застосовувати при обсягах вибірок $n < 500$ [10,17]. Але в наш час, у зв'язку з автоматизацією експериментів обсяги вибірок n значно зросли і часто є так, що $n > 500$. В цьому разі потрібно користуватись правилом, основаному на теорії інформації Шенона, а саме – оптимальна кількість розрядів гістограми, [17]:

$$R = 0,51\sqrt{n} \tag{9}$$

Ширина розряду гістограми Δ, як відомо, обчислюється за формулою:

$$\Delta = (x_{\max} - x_{\min}) / R = \rho / R, \tag{10}$$

де $x_{\max}, x_{\min}$ – максимальне та мінімальне значення в ряду з n спостережень; ρ – розмах варіації ознаки.

Як правило, Δ округляють до цілих чисел, або до чисел, зручних для групування.

Алгоритм обчислення величин β_1 і β_2 за згрупованими даними ділять на чотири етапи:

1. Обчислюють середнє арифметичне зважене і вибіркові моменти за формулами:

$$\overline{x_{çâ}} = \sum_{i=1}^{k} x_i n_i / \sum_{i=1}^{k} n_i, \quad m_r = \sum_{i=1}^{k} (x_i - \overline{x_{çâ}})^r / \sum_{i=1}^{k} n_i, \quad r = 2,3,4.$$

де x_i – середини інтервалів гістограми; n_i – частоти, $i = 1,2,...,k$.

2. Вводять в m_r поправки Шеппарда за групування за формулами [15, с. 396]:

$$\mu_2^{'} = m_2 - \frac{\Delta^2}{12}; \quad \mu_3^{'} = m_3; \quad \mu_4^{'} = m_4 - \frac{m_2}{2}\Delta^2 + \frac{7}{240}\Delta^4; \tag{11}$$

3. Вводять в $\mu_r^{'}$ поправки за зміщення [15, с. 386]

$$\mu_2 = \frac{n}{n-1}\mu_2^{'}; \quad \mu_3 = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)}\mu_3^{'} \tag{12}$$

$$\mu_4 = \frac{n(n^2-2n+3)}{(n-1)(n-2)(n-3)}\mu_4^{'} - \frac{3n(2n-3)}{(n-1)(n-2)(n-3)}(\mu_2^{'})^2.$$

4. Обчислюють значення β_1 і β_2:

$$\beta_1 = \frac{\mu_3^2}{\mu_2^3}; \quad \beta_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2}. \tag{13}$$

Далі подаємо програму для обчислення значень β_1 і β_2 за згрупованими даним:

$n_{vibor} := \mathrm{cols}(Rozpodil)$ $\qquad n_{vibor} = 10$

$\Delta := Rozpodil_{1,2} - Rozpodil_{1,1}$ $\qquad \Delta = 9.6$

$$X := \frac{\sum_{i=1}^{n_{vibor}} \left(Rozpodil_{1,i} \cdot Rozpodil_{2,i}\right)}{\sum_{i=1}^{n_{vibor}} Rozpodil_{2,i}} \qquad X = 58.112$$

$$m_2 := \frac{\sum_{i=1}^{n_{vibor}} \left[\left(Rozpodil_{1,i} - X\right)^2 \cdot Rozpodil_{2,i}\right]}{\sum_{i=1}^{n_{vibor}} Rozpodil_{2,i}} \qquad m_2 = 353.104$$

$$m_3 := \frac{\sum_{i=1}^{n_{vibor}} \left[\left(Rozpodil_{1,i} - X\right)^3 \cdot Rozpodil_{2,i}\right]}{\sum_{i=1}^{n_{vibor}} Rozpodil_{2,i}} \qquad m_3 = -2.813 \times 10^3$$

$$m_4 := \frac{\sum_{i=1}^{n_{vibor}} \left[\left(Rozpodil_{1,i} - X\right)^4 \cdot Rozpodil_{2,i}\right]}{\sum_{i=1}^{n_{vibor}} Rozpodil_{2,i}} \qquad m_4 = 3.366 \times 10^5$$

$$\mu_{2shep} := m_2 - \frac{\Delta^2}{12} \qquad \mu_{2shep} = 345.424$$

$\mu_{3shep} := m_3$ $\quad \mu_{3shep} = -2.813 \times 10^3$

$$\mu_{4shep} := m_4 - \frac{m_2}{2} \cdot \Delta^2 + \frac{7}{240} \cdot \Delta^4 \qquad \mu_{4shep} = 3.206 \times 10^5$$

$$n_{vib} := \sum_{i=1}^{n_{vibor}} Rozpodil_{2,i} \qquad n_{vib} = 356$$

$$\mu_2 := \frac{n_{vib}}{n_{vib} - 1} \cdot \mu_{2shep} \qquad \mu_2 = 346.397$$

$$\mu_3 := \frac{n_{vib}^2}{\left(n_{vib} - 1\right) \cdot \left(n_{vib} - 2\right)} \cdot \mu_{3shep} \qquad \mu_3 = -2.836 \times 10^3$$

$$\mu_4 := \frac{n_{vib}\cdot\left(n_{vib}^2 - 2\cdot n_{vib} + 3\right)}{\left(n_{vib}-1\right)\cdot\left(n_{vib}-2\right)\cdot\left(n_{vib}-3\right)}\cdot\mu_{4shep} - \frac{3\cdot n_{vib}\cdot\left(2\cdot n_{vib}-3\right)}{\left(n_{vib}-1\right)\cdot\left(n_{vib}-2\right)\cdot\left(n_{vib}-3\right)}\cdot\mu_{2shep}^{\;2} \qquad \mu_4 = 3.222\times 10^5$$

$$\beta_1 := \frac{\mu_3^{\;2}}{\mu_2^{\;3}} \qquad \beta_1 = 0.194 \qquad\qquad \beta_2 := \frac{\mu_4}{\mu_2^{\;2}} \qquad \beta_2 = 2.685$$

Рис. 3. Робочий аркуш математичного пакету MathCad реалізації алгоритму обчислення величин β_1 і β_2 за згрупованими даними

Обчисливши значення β_1 і β_2 знаходимо на рис. 1 номер кривої К. Пірсона, а у довіднику [12, с. 133] математичну форму досліджуваної закономірності.

В якості прикладу для застосування програми 2 ми скористалися гістограмою показника самооцінки особи за стобальною шкалою методики Дж. Менстера і Р. Корзіні [18], рис. 4.

$$Rozpodil := \begin{pmatrix} 4.8 & 14.4 & 24 & 33.6 & 43.2 & 52.8 & 62.4 & 72 & 81.6 & 91.2 \\ 3 & 8 & 13 & 35 & 42 & 58 & 74 & 63 & 45 & 15 \end{pmatrix}$$

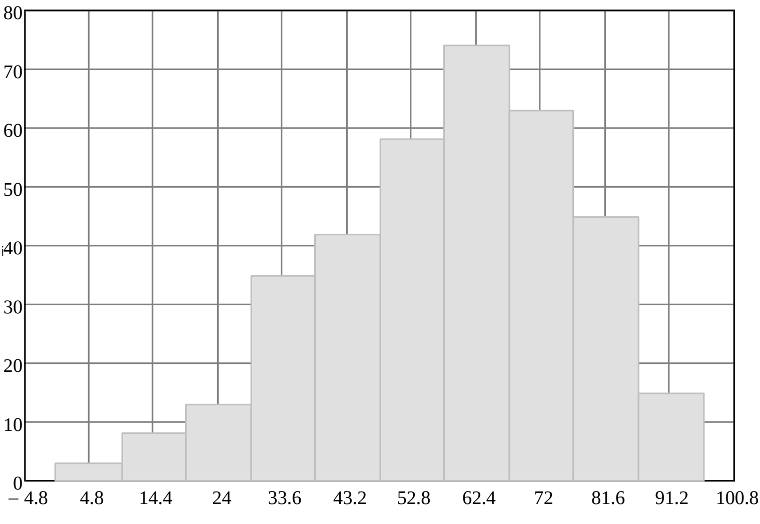

Рис. 4. Гістограма показника самооцінки особи за шкалою методики Дж. Менстера і Р. Корзіні

За даними рис. 4 ми отримали значення характеристик β_1=0.194 і β_2=2.685, які знаходяться в області кривої Пірсона I типу (β-розподіл). Обчислюємо наближені похибки координат за тією ж схемою, що і при розв'язуванні першої задачі:

$$\sigma_{\beta_1} = 2\sqrt{\frac{6}{356}} = 0.260 \quad \sigma_{\beta_2} = 2\sqrt{\frac{24}{356}} = 0,519.$$

Круг радіусом $R_2 = 1,96 * 0,260 = 0,510$ не накриває ніяких інших точок поблизу, а це значить показник самооцінки можна виразити розподілом Пірсона I типу (β-розподілом) з яскраво вираженою лівосторонньою (від'ємною) асиметрією.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що запропонована комп'ютерна методика виявлення статистичних закономірностей за емпіричними даними, по-перше – дозволяє вести такий пошук на сучасному, математичному рівні; по-друге – максимально автоматизується встановлення нових закономірностей за допомогою рекомендованих комп'ютерних програм. В нашому дослідженні використовується математичний пакет MathCad.

Викладена методика виявлення статистичних закономірностей і автоматизації необхідних обчислень є новим і корисним теоретичним та практичним засобом, який значно спрощує і полегшує статистичні дослідження педагогів і психологів. Вона істотнім чином полегшує і пришвидшує відкриття нових статистичних закономірностей, необхідних для педагогічної науки і психології, на основі застосування найсучасніших математичних підходів і їх програмного забезпечення.

Список використаних літературних джерел

1. Гласс Дж., Стенли Дж. Статистические методы в педагогике и психологи. М.: «Прогресс», 1976. 478 с.

2. Наследов А. Д., Тарасов Г. С. Применение математических методов в психологии: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2001. 208 с.

3. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологи. СПб.: ООО «Речь», 2002. 350 с.

4. Бабенко В. В. Основи теорії ймовірностей і статистичні методи обробки даних у психологічних і педагогічних експериментах. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. 168 с.

5. Архіпова С. П. Використання методів математичної статистики для перевірки результатів соціально-педагогічного експерименту. *Е-журнал «Педагогическая наука: история, теория, практика, тенденции развития»*. Вып. № 1, 2009.

6. Джунь Й. В., Суховецький І. О. Математично-статистичне визначення основних категорій педагогіки. Збірник тез виступів на Міжнародній науково-

практичній конференції: «Проблеми та перспективи розвитку вищої школи та економіки в XXI столітті». Рівне: РВЦ МЕГУ. 2015. С. 63–66.

7. Джунь Й. В. Використання середньої арифметичної оцінки в педагогічних та психологічних дослідженнях. *Збірник наукових праць: «Психолого-педагогічні основи гуманізації навчально-виховного процесу в школі та ВНЗ».* Рівне: РВЦ МЕГУ. 2017. № 1 (17). С. 24–29.

8. Джунь Й. В. Використання некласичної теорії похибок вимірів в сучасних наукових дослідженнях і в навчальній діяльності ВНЗ. Збірник тез виступів на Міжнародній науково-практичній конференції: «Проблеми та перспективи розвитку вищої школи та економіки в XXI столітті». Рівне: РВЦ МЕГУ. 2017. С. 80–84.

9. Джунь Й. В. Проблема закону похибок і значення іі розуміння в економічних, педагогічних дослідженнях та інтелектуальному аналізі даних. Збірник тез виступів на Міжнародній науково-практичній конференції: «Проблеми та перспективи розвитку вищої школи та економіки в XXI столітті». Рівне: РВЦ МЕГУ. 2018. С. 68–70.

10. Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983. 416 с.

11. Джунь Й. В. Неклассическая теория погрешностей измерений. Ровно: Естеро, 2015. 168 с.

12. Королюк В. С., Портенко Н. И., Скороход А. В., Турин А. Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 640 с.

13. Митропольский А. К. Техника статистических вичислений. М.: Наука. Главная редакція физико-математической литературы, 1971. 576 с.

14. Pearson E. S., Hartley H. O. Biometrika tables for statisticians, v.1., Cambridge University Press, 1956.

15. Крамер Г. Математические методы статистики. М:. Мир, 1975. 648 с.

16. Stugress H. A. The choice of classic intervals. J. American Statist. Ass. – march, 1926. 47 p.

17. Dzhun I. On the Number of Boxes in the Histograms of Astronomical Observational Errors. Kinematics and Physics of Calestial Bodies, 1993, vol. 9, № 16, pp. 72–76. Allerton Press, Inc. New-York.

18. Manaster G. Y., Corsini R. Y. Individual Psychology. Itasca. FE Peacok Publisher Inc., 1982. 322 p.

References

1. Glass Dzh., Stenli Dzh. (1976). Statisticheskiye metody v pedagogike i psikhologi. Moskva: «Progress» (In Russian).

2. Nasledov A. D.. Tarasov G. S. (2001). Primeneniye matematicheskikh metodov v psikhologii: Uchebnoye posobiye. Sankt-Peterburg: Izdatelstvo Sankt-Peterburgskogo universiteta (In Russian).

3. Sidorenko E. V. (2002). Metody matematicheskoy obrabotki v psikhologi. Sankt-Peterburg: OOO «Rech» (In Russian).

4. Babenko V. V. (2006). Osnovy teorii ymovirnostei i statystychni metody obrobky danykh u psykholohichnykh i pedahohichnykh eksperymentakh. Lviv: Vydavnychyi tsentr LNU imeni Ivana Franka (In Ukrainian).

5. Arkhipova S. P. (2009). Vykorystannia metodiv matematychnoi statystyky dlia perevirky rezultativ sotsialno-pedahohichnoho eksperymentu (In Ukrainian). *E-zhurnal*

«Pedagogicheskaya nauka: istoriya. teoriya. praktika. tendentsii razvitiya» (E-journal «Pedagogical science: history, theory, practice, trends of development»). 1 (In Russian).
6. Dzhun Y. V., Sukhovetskyi I. O. (2015). Matematychno-statystychne vyznachennia osnovnykh katehorii pedahohiky. Zbirnyk tez vystupiv na Mizhnarodnii naukovo-praktychnii konferentsii: «Problemy ta perspektyvy rozvytku vyshchoi shkoly ta ekonomiky v XXI stolitti». Rivne: RVTs MEHU, 63–66 (In Ukrainian).
7. Dzhun Y. V. (2017). Vykorystannia serednoi aryfmetychnoi otsinky v pedahohichnykh ta psykholohichnykh doslidzhenniakh. *Zbirnyk naukovykh prats: «Psykholoho-pedahohichni osnovy humanizatsii navchalno-vykhovnoho protsesu v shkoli ta VNZ» (Collection of scientific works: «Psychological and pedagogical bases of humanization of educational process in school and higher educational institutions).* Rivne: RVTs MEHU, 1 (17), 24–29 (In Ukrainian).
8. Dzhun Y. V. (2017). Vykorystannia neklasychnoi teorii pokhybok vymiriv v suchasnykh naukovykh doslidzhenniakh i v navchalnii diialnosti VNZ. Zbirnyk tez vystupiv na Mizhnarodnii naukovo-praktychnii konferentsii: «Problemy ta perspektyvy rozvytku vyshchoi shkoly ta ekonomiky v XXI stolitti». Rivne: RVTs MEHU, 80–84 (In Ukrainian).
9. Dzhun Y. V. (2018). Problema zakonu pokhybok i znachennia ii rozuminnia v ekonomichnykh, pedahohichnykh doslidzhenniakh ta intelektualnomu analizi danykh. Zbirnyk tez vystupiv na Mizhnarodnii naukovo-praktychnii konferentsii: «Problemy ta perspektyvy rozvytku vyshchoi shkoly ta ekonomiky v XXI stolitti». Rivne: RVTs MEHU, 68–70 (In Ukrainian).
10. Bolshev L. N.. Smirnov N. V. (1983). Tablitsy matematicheskoy statistiki. Moskva: Nauka (In Russian).
11. Dzhun Y. V. (2015). Neklassicheskaya teoriya pogreshnostey izmereniy. Rovno: Estero (In Russian).
12. Korolyuk V. S., Portenko N. I., Skorokhod A. V., Turin A. F. (1985). Spravochnik po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike. Moskva: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury (In Russian).
13. Mitropolskiy A. K. (1971). Tekhnika statisticheskikh vichisleniy. Moskva: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury (In Russian).
14. Pearson E. S., Hartley H. O. (1956). Biometrika tables for statisticians. V. 1, Cambridge University Press.
15. Kramer G. (1975). Matematicheskiye metody statistiki. Mpskva:. Mir (In Russian).
16. Stugress H. A. (1926). The choice of classic intervals. J. American Statist. Ass. – march.
17. Dzhun I. (1993). On the Number of Boxes in the Histograms of Astronomical Observational Errors. Kinematics and Physics of Calestial Bodies. Allerton Press, Inc. New-York, vol. 9, 16, 72–76.
18. Manaster G. Y., Corsini R. Y. (1982). Individual Psychology. Itasca. FE Peacok Publisher Inc.

Рецензент: д.т.н., професор Турбал Ю. В.