

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОБРОБКИ СТАТИСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СОЦІАЛЬНІЙ ПЕДАГОГІЦІ

Джунь Й. В.

доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач кафедри математичного моделювання факультету кібернетики  
Приватного вищого навчального закладу  
«Міжнародний економіко-гуманітарний університет  
імені академіка Степана Дем'янчука»  
ORCID ID: 0000-0002-5706-3454

Соціальна педагогіка, головне завдання якої – вивчення закономірностей соціально-культурної адаптації особи, колективів, суспільства з метою гуманізації і гармонізації їх відносин, відрізняється трьома принциповими рисами, а саме:

- широким використанням статистичних даних, оскільки вони є основою для виявлення тих чи інших закономірностей;
- необхідністю обробки вибірок великого обсягу з метою забезпечення належної надійності статистичних висновків;
- аналіз величезних масивів даних спонукає кожного дослідника в галузі соціальної педагогіки до широкого використання статистичних програмних продуктів із метою автоматизації обчислень.

Оскільки соціальна педагогіка в Україні є ще досить молодю дисципліною, то цим її особливостям не приділяється належної уваги. До того ж ці її принципові риси ще не цілком усвідомлені фахівцями в галузі соціальної педагогіки.

Метою цього дослідження є не тільки розкриття значення кожної із зазначених особливостей соціальної педагогіки, а й насамперед сучасних підходів до обробки статистичної інформації класичних і неklasичних обсягів.

**Ключові слова:** статистичні закономірності, закон Гауса і теорія середньої, закон Пірсона – Джеффріса, статистичні програмні продукти.

### Dzhun I. V. Modern approaches to statistical information processing in social pedagogy

**Introduction.** The main task of social pedagogy is to study the patterns of socio-cultural adaptation of the individual, collectives, societies with adjacent humanity and harmonization of their relations. Social pedagogy has three basic features, namely:

- extensive use of statistical data, since they are the basis for identifying certain patterns;
- the need to process samples of large size in order to ensure proper reliability of statistical findings;
- the analysis of huge data arrays encourages each researcher in the field of social pedagogy to make wide use of statistical software products in order to automate calculations.

Since social pedagogy, in Ukraine, is still quite young discipline, then this peculiarities are not given due attention. Moreover, these principles are not fully understood by specialists in the field of social pedagogy.

**The purpose of this study** is not only the disclosure of the value of each of these features of social pedagogy, but the first modern approaches to the statistical information processing of classical and neoclassical volumes.

**The research methodology** is based on modern achievements of mathematical statistics and probability theory in the field of statistical information processing and mathematical model.

**Results.** It is shown that the use of statistical data requires first of all a mathematically unambiguous and accurate understanding of the essence of the mean. It is indicated that it can have a scientific application only when homogeneous data are mediated. A mathematical definition of the homogeneity of statistical data is given. The necessity of using non-classical error theory of measurement (NETM) for samples with a volume of  $n > 500$  is justified. An overview of the main groups of software products that allow you to automate the processing of statistical data in social pedagogy is given.

**Scientific novelty.** For the first time, a mathematical exact definition of the notion of homogeneity of statistical data is given. It is shown that these are the results of statistical observations with a normal distribution, can always be tested using favorable conditions of mathematical statistics. A completely new

proposal is on the use of NETM for processing large volumes. Also for the first time, this classification of software product groups for automating the processing of statistical information by social pedagogy specialists.

**Conclusion.** Three principal features of social pedagogy are noted, as modern science, which deals with the processing of statistical data not only classical volumes (up to 500 observations), but also data that have a much larger volume due to computerization and automation of measurements and for which the fundamental axiom of normality is not capable according to the statement of the Cambridge Professor H. Jeffreys. In this case, it is necessary to apply the methods of non-classical error theory of observations.

**Key words:** statistical laws, Gauss' law and the theory of mean, Pearson-Jeffreys law, statistical software products.

**Вступ.** Процес використання статистичних даних у соціальній статистиці має два чітко відмінні аспекти. Перший – це коли статистика використовується для отримання поточних, робочих характеристик навчальної групи, колективу тощо. Наприклад, отримання середнього бала успішності в групі чи середнього відсотку пропущених занять. Обчислення таких звичних оцінок не вимагає глибокого знання теорії оцінювання чи інших розділів математичної статистики, оскільки їх часто знаходять відповідно до тих чи інших інструктивних матеріалів. Другий аспект використання статистичних даних істотним чином відрізняється від першого. Відрізняється саме тим, що в цьому разі статистичні дані є результатами наукового експерименту й використовуються для отримання наукових висновків. Головне в науковому висновку – це його доказова база. Без цього науковий висновок не є значимим або таким, що має наукову цінність. Зазвичай доказ значимості наукового результату, тобто його наукової цінності, визначається тим чи іншим критерієм математичної статистики, точніше, на основі теорії перевірки гіпотез Неймана – Пірсона. Якщо, наприклад, критерій підтверджує «так», то це на практиці означає, що науковий висновок значимий, має дійсно наукове значення і може бути рекомендований для широкого застосування. Якщо ж статистичний критерій видає «ні», то це доказує те, що бажаного результату не отримано. Саме критерії математичної статистики визначають основні вектори розвитку науки і поступ найсучасніших технологій через сито «так» і «ні» критеріальних процедур.

Є **основний секрет**, що забезпечує досконалість, тобто математичну грамотність чи коректність критеріальних процедур у ста-

тистиці. Цей секрет полягає в розумінні суті середньої. Без такого розуміння навряд чи можна уявити компетентного вченого чи дослідника, оскільки саму статистику можна визначити як науку середніх величин [1].

Суть середньої ще в 1809 р. обґрунтував великий німецький математик К. Ф. Гаус у своєму знаменитому трактаті [2]. Це обґрунтування є математично дуже досконалим і глибоким. Але саме внаслідок своєї найвищої досконалості воно є не цілком зрозумілим для пересічного дослідника. Обґрунтування Гауса зводиться до такої формули:

$$\frac{y'}{x \cdot y} = \text{const}, \quad (1)$$

де  $y$  – щільність імовірності розподілу похибок спостережень  $x$ ;

$x = \vartheta - a$ ; де  $\vartheta$  – похибка спостереження;  $a$  – математичне сподівання щільності розподілу  $y$ .

**Що насправді означає вираз (1)?** Він окреслює основну умову, за якої середня має зміст, тобто умову, за якої середня може застосовуватися в наукових дослідженнях. Ця умова полягає в тому, що рівність (1) має місце тоді і лише тоді, коли  $y$  є щільністю нормального закону [9; 15]. У цьому разі в [1]  $\text{const} = \sigma^{-2}$ , де  $\sigma^{-2}$  обернена дисперсія (вага) похибки  $\vartheta$  в (1). Таким чином, формула (1) фактично означає, що кожне спостереження  $x$  у розподілі  $y$  має однакову вагу, тобто точність. Отже, формула (1) означає, що можна осереднювати тільки ті спостереження, які мають однакові ваги. Це має місце лише в тому разі, коли  $y$  є щільністю нормального розподілу.

На жаль, у жодному з посібників зі статистики не відображено чітке розуміння фундаментального відношення (1) Гауса. Замість

цього вводиться нечітке поняття однорідності даних, якому дається до десятка різних неадекватних і не цілком зрозумілих тлумачень. Водночас із співвідношення (1) впливає чітке розуміння однорідності даних: такими лише є ті дані, розподілом яких є закон Гауса. І тут же ми отримуємо критерії однорідності даних спостережень – це не що інше як критерії нормальності, наприклад  $\chi^2$  – критерій Пірсона чи  $d$ -статистика [3, с. 85]. Слід розрізняти критерії однорідності даних у конкретній сукупності і однорідність двох сукупностей, якими є такі, що мають ту саму функцію розподілу [4, с. 200]. Отже, фундаментальною науковою основою правильного створення доказової бази в дослідженнях і виявлення тих чи інших закономірностей є насамперед правильне розуміння суті середньої і того, коли вона правомочна, тобто має належне математичне обґрунтування.

Другою принциповою рисою соціальної педагогіки як соціальної статистики є необхідність обробки великих вибірок даних, що обумовлено автоматизацією і комп'ютеризацією сучасних експериментів. Те, що з настанням ери комп'ютеризації наука вступила в еру великих вибірок, ще не оцінено належним чином ні математиками, ні статистиками. Винятком є кембриджський професор Г. Джеффріс, який перший оцінив виклики, що несе для статистики ера великих вибірок. Джеффріс у своєму фундаментальному дослідженні [5, § 5, 7], виявив вражаючу річ, яка захитала основи класичних підходів до обробки інформації. Використавши знаменитий експеримент К. Пірсона щодо дослідження похибок спостережень [6], Г. Джеффріс дійшов висновку, що для багатократних спостережень з обсягом  $n > 500$  закон Гауса і теоретично, і практично є неспроможним.

Як відомо, закон Гауса є не лише основою статистичної обробки даних. Він є фундаментом усієї математичної статистики й більшості сучасних критеріальних процедур. Нормальний закон є фундаментальною основою методу найменших квадратів (МНК), який до цього часу залишається одним з основних засобів математичного моделювання, що прекрасно себе зарекомендував протягом понад 200 років. І тут раптом кембриджський про-

фесор показав, що за обсягів вибірок  $n > 500$  потрібно користуватися не нормальним, а зовсім іншим законом похибок, який змінює всю філософію, ідеологію і основи теорії математичної обробки даних. Масову перевірку згаданого вище висновку Г. Джеффріса здійснено в Головній астрономічній обсерваторії АН України за ініціативою академіка Е. П. Федорова. Ця перевірка, для якої були використані спостереження найвищої якості, починаючи з історичних рядів Ф. В. Бесселя [7] і закінчуючи даними космічних спостережень за міжнародною програмою MERIT [8], підтвердила цілковиту правильність згаданої концепції Джеффріса [9–13].

Реакція дослідників на цей факт, як і очікувалося, не завжди була адекватною. Ігнорування висновками Г. Джеффріса, а часто і їх незнання, сліпа віра в нормальний закон і його завищена переоцінка привела двох нобелівських лауреатів з економіки до фіаско й фінансової катастрофи, яскраво описаної в [14; 15].

Який же такий новий універсальний закон статистики і похибок відкрив і запропонував Г. Джеффріс? Для обсягів  $n > 500$  він рекомендує застосовувати розподіл Пірсона VII типу з діагональною інформаційною матрицею Фішера. Цей закон має не два параметри, як закон Гауса, а три. Особлива значущість цього нового закону похибок в еру великих вибірок полягає в тому, що це єдиний трипараметричний розподіл, який, як і закон Гауса, має незалежні параметри. До того ж відкриття Джеффрісом нового закону похибок дало змогу сформулювати новий математичний парадокс. Він полягає в такому: будь-яка неперервна гіпотеза про закон розподілу похибок спостережень рано чи пізно буде відхилена з ростом інформації. Це так званий парадокс Хампеля [16], чи Ельясберга – Хампеля [17]. Цей парадокс має пересічне значення не лише в аналізі даних, але й для соціальних педагогів, який на ділі означає, що будь-яка система виховання, наприклад Макаренка чи Сухомлинського, рано чи пізно застаріє, буде відкинута й замінена на іншу з ростом інформації. Значення розподілу Пірсона VII типу Джеффріса (нині він називається закон Пірсона – Джеффріса [15])

полягає в тому, що на основі цього закону можна нормалізувати Джеффрісові помилки, привести їх до звичного закону Гауса за допомогою дуже простого оператора [15]. Це дає можливість широко застосовувати наявне й потужне програмне забезпечення статистичних обчислень, яке розроблене переважно на класичних підходах до похибок спостережень, тобто на основі закону Гауса. Досконала процедура нормалізації негаусових спостережень великого обсягу, які підкоряються закону похибок Пірсона – Джеффріса, розроблена ще в 1992 р. [18]. Більш детально і в повному обсязі ця процедура викладена в рамках «Некласичної теорії похибок вимірів» (НТПВ), яка розроблена на факультеті кібернетики МЕНУ в 2015 р. Таким чином, відкриття закону Пірсона – Джеффріса (PJVP-розподілу) не відправляє закон Гауса на історичне кладовище. Навпаки, під час оцінювання параметрів PJVP-розподілу в першому наближенні використовують закон Гауса. До того ж, отримавши параметри PJVP-розподілу, ми можемо нормалізувати свої спостереження і зможемо застосувати до них існуючі критеріальні процедури математичної статистики. Крім того, НТПВ містить новий розподіл теорії похибок, а саме: діагностику (якості) як вимірювань, так і якості математичного моделювання на основі аналізу залишкових похибок О-С (Observation-Calculation). Таким чином, методи НТПВ дають змогу нормалізувати негаусові похибки і таким чином надати розробленим уже програмним продуктам у модулі Data Analysis універсального статусу, як і критеріям математичної статистики, що розроблені переважно на гіпотезі нормальності. НТПВ дає рішення грандіозної проблеми, над якою давно вже билися вчені, шукаючи якоїсь заміни існуючій математичній статистиці [19; 20]. Як бачимо, за умови діагностики й нормалізації негаусових похибок така заміна вже не потрібна [15].

Розглянемо тепер основні пакети статистичних програмних продуктів (СПП) і літературу, яка має бути найбільш корисною для фахівців у галузі соціальної педагогіки, соціальної статистики і може мати широке застосування в практичній і дослідницькій

роботі. При цьому, згідно з класифікацією [21], ми розглядатимемо дві головні групи СПП: 1) методо-орієнтовані програмні продукти загального призначення; 2) спеціалізовані програмні пакети. Число різних СПП в наш час вже далеко сягнуло за тисячу. Тому фахівцю із соціальної педагогіки важливо швидко орієнтуватися, щоб вибрати необхідний СПП.

Розглянемо спочатку зміст методо-орієнтованих СПП. Їх бібліотека складається із 6 модулів. Модуль 1 містить три розділи:

1.1. Матричні методи алгебри, що реалізують рішення систем лінійних рівнянь.

1.2. Забезпечення пошуку екстремумів різних функціоналів: МНК, методи-градієнтів, Хартлі, Марквардта, випадкового пошуку тощо.

1.3. Генерація спостережень різної вимірності з їх генеральних сукупностей, чисел із заданим законом розподілу тощо.

Модуль 2 містить описову статистику й різні критерії математичної статистики.

Модуль 3. Статистичне дослідження залежностей – кореляційний, регресійний, дисперсійний, коваріаційний, спектральний аналізи, перевірка гіпотез, аналіз залежностей марківського характеру.

Модуль 4. Класифікація, зниження розмірності – дискримінаційний аналіз і аналіз суміші розподілів, таксономія, метод головних компонент, ієрархічні процедури.

Модуль 5 передбачає методи статистичного аналізу нечислової інформації.

Модуль 6 – це вибіркові дослідження і планування експерименту.

Зробимо загальний огляд основних СПП, які можна розбити на шість груп.

1. Це СПП загального призначення: SAS, SPSS for Windows, SYSTAT, MINITAB, Statgraphics, STATISTICA for W, BMDP Dynamic, Stat View і Super ANOVA.

2. СПП для статистиків-дослідників: IMSL, S-Plus.

3. СПП за класифікацією: КЛАСС-МАСТЕР, Stat Media, STARS, КВАЗАР, Pol Analyst, CART, MVSP.

4. Спеціалізовані й універсальні СПП: CAH, МЕЗОЗАР, Stat View for Windows, STADIA, ОЛИМП, NCSS Statistical Software,



STAT lab Pro, Wins TAT, Multivariate 7, JMP, BM-STAT, STAT MOST, POWERSTAT.

5. СПП, які вирішують суміжні з класифікацією завдання: «Статистик-Консультант, BMDP для Windows, TURBO Spring – Stat – Win, STATISTIX, Stat Xact – 3, MS – Excel – 5.0.

6. Статистичні експертні програмні продукти: Statistical Navigator Pro, STATEKC, STAREX.

Без сумніву, наведена інформація може бути дуже корисною для фахівців у галузі соціальної педагогіки, яким доведеться мати справу із статистичною обробкою даних.

**Висновки.** Визначено три основні фактори, властиві соціальній педагогіці як науці. Це необхідність:

- широкого використання статистики і її методів;
- проведення статистичної обробки вибірок великого обсягу і внаслідок цього потреба використання неklasичних процедур обробки вимірювальної інформації із-за її негаусового характеру;
- використання СПП з метою спрощення й автоматизації обробки інформації.

У роботі дано чітке визначення суті і природи середньої, оскільки статистика є насамперед наукою середніх величин [1].

Підкреслено, що в статистичному аналізі великих вибірок класичні методи обробки даних перестають бути спроможними внаслідок їх негаусового характеру. Тому під час обробки багатократних спостережень з обсягом  $n > 500$  рекомендовано застосовувати неklasичні процедури обробки статистичної інформації розроблені в [18; 15].

В НТПВ розроблено простий оператор для нормалізації великих вибірок, що дає змогу успішно застосовувати його в соціальній педагогіці, а саме використовувати:

- а) існуючі критерії математичної статистики, які здебільшого ґрунтуються на аксіомі нормальності і які є доказовою базою в наукових дослідженнях;
- б) наявне програмне забезпечення статистичних розрахунків і методів, яке переважно алгоритмізує класичні методи обробки даних, що і становить основну групу СПП, заявлених вище.

#### Список використаних джерел

1. Bowley A. L. Elements of Statistics. LULU Press. 2015. 394 p.
2. Gauss C. F. Theory motus corporum coelestium in sectionibus conicis Solem ambientium. Hamburgi. 1809.
3. Уманець Т. В. Загальна теорія статистики : навч. посіб. Київ : Знання, 2006. 239 с.
4. Джуль Й. В. Основи математичної статистики у фізичному вихованні та фізичній реабілітації : методичні рекомендації для магістрів денної і заочної форм навчання. Рівне : Тетіс, 2010. 88 с.
5. Jeffreys H. Theory of Probability. Sec. Edition. Oxford University. 1998. 470 p.
6. Pearson K. On the Mathematical Theory of Errors of Judgment with special References to the Personal Equation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Ser. A.*, vol. 198, 235–296. 1902.
7. Bessel F. W. Untersuchungen uber die Wahrscheinlichkeit der Beobachtungs-fehler. *Astronomische Nachrichten*, b. 15, 369. 1838.
8. Dzhun I. V. Pearson Distribution of type VII of the Errors of Satellite Laser Ranging Data. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. Vol. 7, № 3, pp. 82–91. New-York: Allerton Press Inc. 1991.
9. Джуль Й. В. Аналіз паралельних широтних спостережень, виконаних за загальною програмою : автореф. дис. ... канд. фіз.-мат. наук : 01.03.01 «Астрометрія і небесна механіка». Інститут математики АН УССР, 1974. 19 с.
10. Джуль Й. В., Арнаутов Г. П., Стусь Ю. Ф., Щеглов С. Н. Особливості закону розподілу результатів балістичних вимірів прискорення сили тяжіння. *Повторні гравіметричні спостереження*. 1983. С. 59–65.
11. Dzhun I. V. About make use of Pearson Distribution of type VII for the Approximation of Observation Errors in Astrometry. *Measurements Techniques*. Vol. 35, № 3, pp. 298–304. Springer Science + Business Media Inc., 1992.
12. Dzhun I. V. The Problems of Probability Methods in Economics. *Economical Firiem*, 1998, Bardejovske Kupele. 05-06.05.1998, pp. 444–448, 1998.
13. Dzhun I. V. Method for diagnostics of Mathematical Models in Theoretical Astronomy and Astrometry. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. Vol. 27, № 5, pp. 61–67. Allerton Press. Inc., New York, 2011.
14. Taleb N. N. The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable-New York: Random House, 2007. 400 p.
15. Джуль Й. В. Некласична теорія похибок вимірів. Рівне : ЕТЕРО, 2015. 168 с.
16. Hampel F. R., Ronchetti M., Rousseeuw P. J., Stahel W. A. Robust statistics. The Approach Based on Influence. John Wiley & Sons. New York, 1986.

17. Dzhun I. V. Distribution of Errors in Multiple Large Volume Observations. *Measurements Techniques*. Vol. 55, № 4, pp. 393–396. Springer, 2012.
18. Джунь Й. В. Математична обробка астрономічної та космічної інформації при негаусових помилках спостережень : автореферат дис. ... д-ра фіз.-мат. наук : 01.03.01 «Астрометрія і небесна механіка». Київ : ГАО НАН України, 1992. 46 с.
19. Tukey J. W. Data Analysis and the Frontiers of Geophysics. *Science*, 1965, 4 June, vol. 148.
20. Dzhun I. V. Non-Classical Theory Measurements Errors. USA: Amazon, 2019, 200 p.
21. Жалдак М. І. Комп'ютер на уроках математики : посібник для вчителів. Київ : Техніка. 1997. 303 с.

## References

1. Bowley, A.L. (2015). Elements of Statistics. LULU Press. 394 p.
2. Gauss, C.F. (1809). Theory motus corporum coelestium in sectionibus conicis Solem ambientium. Hamburgi.
3. Umanets, T.V. (2006). Zahalna teoriia statystyky [General theory of statistics]. Education. manual. Kyiv: Znannia. 239 p. [in Ukrainian].
4. Dzhun, I.V. (2010). Osnovy matematychnoi statystyky u fizychnomu vykhovanni ta fizychnii reabilitatsii: metodychni rekomendatsii dlia mahistriv dennoi i zaochnoi form navchannia [Fundamentals of mathematical statistics in physical education and physical rehabilitation: Methodological recommendations for full-time and part-time masters]. Rivne: Tetis. 88 p. [in Ukrainian].
5. Jeffrey's. H. (1998). Theory of Probability. Sec. Edition. Oxford University. 470 p.
6. Pearson, K. (1902). On the Mathematical Theory of Errors of Judgment with special Reference to the Personal Equation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Ser. A.*, vol. 198, 235–296.
7. Bessel, F.W. (1838). Untersuchungen uber die Wahrscheinlichkeit der Beobachtungs-fehler. *Astronomische Nachrichten*, b. 15, 369.
8. Dzhun, I.V. (1991). Pearson Distribution of type VII of the Errors of Satellite Laser Ranging Data. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. Vol. 7, № 3, pp. 82–91. New York: Allerton Press Inc.
9. Dzhun, I.V. (1974). Analiz paralelnykh shyrotnykh sposterezhen, vykonanykh za zahalnoi prohramoii [Analysis of parallel latitudinal observations made under the general program]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Instytut matematyky AN USSR. 19 s. [in Ukrainian]
10. Dzhun, I.V., Arnautov, G.P., Stus, Yu.F., Shcheglov, S.N. (1983). Osoblyvist zakonu rozpodilu rezultativ balistychnykh vymiriv pryskorennia syly tiazhinnia. Povtorni hravimetrychni sposterezhenia [A feature of the law of distribution of the results of ballistic measurements of the acceleration of gravity. Repeated gravimetric observations]. P. 59–65 [in Ukrainian].
11. Dzhun, I.V. (1992). About make use of Pearson Distribution of type VII for the Approximation of Observation Errors in Astrometry. *Measurements Techniques*. Vol. 35, № 3, p. 298–304. Springer Science + Business Media Inc.
12. Dzhun, I.V. (1998). The Problems of Probability Methods in Economics. *Economical Firiem*, Bardejovske Kupele. 05-06.05.1998, pp. 444–448.
13. Dzhun, I.V. (2011). Method for diagnostics of Mathematical Models in Theoretical Astronomy and Astrometry / *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. Vol. 27, № 5, pp. 61–67. Allerton Press. Inc., New York.
14. Taleb, N.N. (2007). The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable-New York: Random House. 400 p.
15. Dzhun, I.V. (2015). Neklasychna teoriia pokhybok vymiriv [Non-classical theory of measurement errors]. Rivne: ESTERO. 168 p. [in Ukrainian].
16. Hampel, F.R., Ronchetti, M., Rousseeuw, P.J., Stahel, W.A. (1986). Robust statistics. The Approach Based on Influence. John Wiley & Sons. New York.
17. Dzhun, I.V. (2012). Distribution of Errors in Multiple Large Volume Observations. *Measurements Techniques*. Vol. 55, № 4, pp. 393–396. Springer.
18. Dzhun, I.V. (1992). Matematychna obrobka astronomichnoi ta kosmichnoi informatsii pry nehausovykh pomylkakh sposterezhen [Mathematical processing of astronomical and space information with non-Gaussian errors of observations]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv: HAO NAN Ukrainy. 46 p. [in Ukrainian].
19. Tukey, J.W. (1965). Data Analysis and the Frontiers of Geophysics. *Science*. 4 June, vol. 148.
20. Dzhun, I.V. (2019). Non-Classical Theory Measurements Errors. USA: Amazon. 200 p.
21. Zhaldak, M.I. (1997). Kompiuter na urokakh matematyky: posibnyk dlia vchyteliv [Computers in mathematics lessons: A guide for teachers]. Kyiv: Tekhnika. 303 p. [in Ukrainian].