

НЕКЛАСИЧНА ТЕОРІЯ ПОХИБОК ВИМІРІВ (НТПВ) – ЯК РЕЗУЛЬТАТИВНИЙ БРЕНД БАГАТОРІЧНОЇ АНГЛО- УКРАЇНСЬКОЇ СПІВПРАЦІ

Джунь Йосип

*доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри математичного моделювання
Приватного вищого навчального закладу
«Міжнародний економіко-гуманітарний університет
імені академіка Степана Дем'янука»
м. Рівне, Україна*

Історія створення НТПВ починається з робіт [1, 2] у яких Гарольд Джеффріс, або сер Гарольд, як його рекомендувала називати леді Джеффріс в листуванні з автором, піддав аналізу відомий експеримент Пірсона [3]. Метою цього експерименту було встановлення закону похибок спостережень великого обсягу, оскільки американський математик і астроном С. Ньюкомб з роботи [4] показав, що вибірки похибок обсягом в 400 спостережень вже не є нормальними.

Для аналізу цих серій Джеффріс в роботі [1] створив новий, спеціальний розподіл, а саме – розподіл Пірсона VII типу з діагональною інформаційною матрицею. Саме це є основною і найбільш цінною особливістю створеного ним нового закону похибок. Цей новий створений ним розподіл Джеффріс продовжував скромно називати розподілом Пірсона VII типу. Але класична крива Пірсона VII типу має залежні параметри і не є ідентичною запропонованій Джеффрісом. Тому, щоб уникнути плутанини, ми будемо називати розподіл Пірсона VII типу з діагональною інформаційною матрицею, який запропонував Джеффріс в [1] – PJ-розподілом (Pearson-Jeffreys Distribution). Проаналізувавши дані Пірсона Джеффріс прийшов до висновку, що вони не є Гауссовими, а підкоряються новому, вже трипараметричному PJ-розподілу похибок виду:

$$f(x) = \frac{\Gamma(m+1)}{\sqrt{2\pi(m-0,5)} \cdot \Gamma(m+0,5)} \cdot \frac{1}{\sigma} \left[1 + \frac{0,5m^2}{(m-0,5)^3} \left(\frac{x-a}{\sigma} \right)^2 \right]^{-m}, \quad (1)$$

де a , σ – математичне сподівання і міра розсіювання розподілу (1); m – новий, найбільш цінний параметр, який залежить від куртозису і тільки від нього. Він також є мірою відхилення форми (1) від закону Гаусса. Ця залежність обернена – чим менше m тим істотніше відхилення розподілу (1) від закону Гаусса. При $m = \infty$ розподіл (1) ідентичний нормальному закону. Параметри a , σ , m – розподілу (1) визначають методом максимальної правдоподібності.

К. Пірсон є відомим на увесь світ вченим. В. І. Ленін в одній із своїх

140

праць назвав його «сумлінним махістом». А Джеффріс, досліджуючи експеримент Пірсона [3] показав, наскільки важливим для науки і практики може бути аналіз великих вибірок, тим більше що в Англії вже почалася ера автоматизації. Так, досліджуючи в роботі [2] ряди автоматизованих спостережень в Гринвічі в 1927-1931 роках і в 1932-1936 роках з обсягами відповідно 4540 і 4810 спостережень, Джеффріс повідомляє про їх величезні куртозиси в $7,14 \pm 0,07$ і $9,00 \pm 0,06$, які характеризуються небажаними раніше значеннями параметрів $m_1 = 2,72$ і $m_2 = 2,26$ розподілу (1).

Не зважаючи на ретельність експерименту Пірсона [3], а також на високий рівень його аналізу Джеффрісом в [2], *пропозиція ним нового закону похибок не отримала у всьому світі належної підтримки і уваги.* Причини цього я намагався виявити у леді Джеффріс в 1991-1993 роках, оскільки сер Гарольд помер в 1989 році. Виявилось, що єдиним посиланням на закон розподілу (1) була робота українського астронома А. К. Короля [5]. Цей факт свідчить про те, що саме в Україні вперше професійно оцінили наукову значимість розподілу (1). *Вчених насторожувало те, що експеримент Пірсона [3] проведено в лабораторії і невідомо якими насправді будуть розподіли похибок спостережень великого обсягу в реальних умовах астрономічних, космічних, гравітаційних чи інших спостережень.* З цього приводу приємно зазначити, що Україна продовжила естафету, розпочату К. Пірсоном і Джеффрісом. Саме в Україні в 1949-1954 роках, під керівництвом академіка НАНУ Є. П. Федорова, був спланований і реалізований дуже важливий і масштабний експеримент в реальних умовах астрономічних спостережень з задачею перевірки відповідності практиці спостережень розподілу (1). З цією метою Федоров розробив спеціальну програму паралельних спостережень широти Полтави на зеніт-телескопах Цейсса і Бамберга і здійснював наукове керівництво цим захмарним по ціні, обсягу даних, затратами часу і праці експериментом. Це найбільший у світі проект після Пірсона, метою якого було дослідження форми і реальних особливостей закону розподілу похибок в виробничих умовах. Спостереження виконувались двома бригадами астрономів на протязі 5 років в кожному зоряну ніч у всі сезони року [6, 7]. Було отримано на кожному телескопі 7059 значень широти. Унікальність, наукова значимість, історична цінність цього експерименту полягає в наступному. В різницях паралельних одночасних широт двох інструментів виключається полярна складова (адже полюс Землі мандрує). Перестають діяти похибки зоряних каталогів і загальні для місця спостережень: геофізичні, рефракційні, метеорологічні та інші місцеві фактори. Тобто, різниця паралельних широт є шумова компонентна, обумовлена інструментом і спостерігачем, які і є найбільш бажаними для вивчення.

Ці дорогоцінні по своєму значенню і по вартості різниці широт, написані рукою Є. П. Федорова, він передав мені для аналізу як своєму аспіранту із завданням перевірити правильність висновків Джеффріса щодо адекватності розподілу (1) дійсній практиці спостережень. Експеримент в Полтаві дав 8 розподілів похибок з обсягами в межах від 630 до 1231 спостережень. Він безсумнівно підтвердив, що розподіл (1) дійсно адекватний практиці реальних астрономічних спостережень. Ці результати були опубліковані в роботі [8], після чого голова Астрономічної ради СРСР Лідія Рихлова висловила невдоволення, що я розвиваю методи англійської школи, а слід все-таки користуватись досягненнями російських вчених. В 1974 році я повністю завершив обробку експерименту в Полтаві [9], а в докторській роботі [10] була показана також адекватність розподілу (1) практиці космічних: куртозис $\beta_2 = 4,719 \pm 0,052$, астрономічних: $\beta_2 = 4,077 \pm 0,015$, гравіметричних: $\beta_2 = 3,810 \pm 0,105$, геодезичних: $\beta_2 = 3,767 \pm 0,034$, економічних: $\beta_2 = 5,895 \pm 0,142$, спостережень.

Таким чином проблема створення нової теорії обробки спостережень і математичного моделювання у відповідності до відкритого Джеффрісом закону (1) була вирішена у 1992 році [10].

В роботі [10] було закінчене повне математичне забезпечення розподілу (1), а саме:

- створено простий метод отримання МПП-оцінок його параметрів більш зручний ніж у Джеффріса в [2];
- отримані нижні границі нерівності Рао-Крамера для дисперсії ефективних оцінок параметрів закону (1);
- отримана вперше вагова функція розподілу (1);
- запропоновано простий оператор нормалізації джеффрісових похибок, який дозволяє застосовувати критеріальні процедури, основані на основі закону Гаусса, а також розширити застосування класичного методу найменших квадратів на основі використання ваг спостережень, розрахованих по ваговій функції розподілу (1).
- при використанні вагової функції розподілу (1) відпадає необхідність відбраковки спостережень. Всі вони зберігаються, оскільки визначається їх вага при будь-якому куртозисі $\beta_2 > 3$.
- застосування розподілу (1) дозволяє здійснювати ефективну діагностику якості спостережень і результатів моделювання.

Будь-які значимі асиметрія спостережень чи від'ємний ексцес фактичного розподілу похибок свідчать, згідно з вимогами теореми Еддінгтона [11] про невідповідність умов спостережень вимогам центральної граничної теореми (ЦГТ) теорії імовірностей.

За пропозиціями доктора фіз.-мат. наук І. Г. Колчинського (Головна астрономічна обсерваторія НАНУ) і завідувача кафедри вищої математики



Санкт-Петербурзького Інституту точної механіки і оптики доктора тех. наук, професора В. Г. Дегтярова, розроблену в [10] нову математичну теорію аналізу даних було рекомендовано називати неklasичною теорією похибок вимірів. У ній було показано, що метод математичного моделювання, запропонований ще на початку XVIII століття німецьким математичним генієм К. Ф. Гауссом [12, 13], (що принесло йому світову славу), вже не відповідає вимогам часу і реаліям космічної ери. [14 с. 58-59].

Пріоритетними завданнями НТПВ є такі:

- математична обробка багаторазових вимірів великого обсягу з використанням нового універсального закону похибок вимірів, запропонованого Джеффрісом;

- теорія методу діагностики результатів математичного моделювання на основі використання статистичних кумулянт залишкових похибок;

- створення оператора, який дозволяє перетворити джеффрісові похибки у гауссові і застосувати до останніх класичні критерії і методи математичної статистики;

- НТПВ дозволяє подолати парадокс Ельясберга-Хампеля (П. Є. Ельясберг здійснивав математичне забезпечення космічних експериментів С.П. Корольова).

На превеликий жаль академік НАНУ Є. П. Федоров не встиг побачити НТПВ, яка присвячена його пам'яті, Він помер 8.11.1986 р.

Докторська дисертація [10] викликала значний інтерес в США. Її автореферат був негайно, без дозволу автора перекладений на англійську мову і викладений в інтернеті під моїм іменем, не зважаючи на те, що він був для службового використання. Була опублікована схема, на якій було вказано, які теми пов'язують роботу [10] з ідеями великих математиків: К. Ф. Гауссом, К. Пірсоном, Ф. В. Бесселем, Р. Є. Фішером, Г. Джеффрісом та іншими.

На роботу [15] де розглянуто приклад діагностики високоточних балістичних вимірювань галілеєвого прискорення методами НТПВ, прийшло 53 позитивних відгуків і пропозиції про співпрацю від редакцій журналів світового рівня, таких як Earth Sciences (США), SCIREA Journal of Geosciences (США), Journal of Chemistry (США), Energies (Китай), World Journal of Engineering and Technology (США), Clinical medicine Journal (Пів. Корея), Women's Health and Gynecology (США), а також від 40 вчених розвинених країн. Це свідчить про величезний інтерес до теми «Діагностика результатів спостережень і моделювання». Цей інтерес у значній мірі обумовлений випадками невдалого математичного моделювання, що

привели до грандіозних фінансових катастроф, яскраво описаних в бестлері видатного письменника Н. Талеба [16].

Останнім досягненням НТПВ є підтвердження факту значимої кореляції між куртозисом β_2 розподілу (1) і числом спостережень n в тисячах. Наприклад коефіцієнт кореляції C залежності $\beta_2 \rightarrow n$ в тисячах для відносних значень індексу Доу-Джонса такий $C = 0.95$, що означає фактично функціональний зв'язок. Публікація НТПВ на англійській мові була підготовлена в 2019 році [17] в Міжнародному економіко-гуманітарному університеті імені академіка Степана Дем'янчука (МЕГУ). Можна уявити яку радість відчував би незабутній засновник нашого університету Степан Якимович Дем'янчук, коли б дізнався, що в його університеті буде створена наступна після Гаусса, теорія, яка вплине на розвиток світової математики. К. Ф. Гаусс за створення класичної теорії похибок на протязі кількох днів отримав світове визнання. Для впровадження і визнання НТПВ прийшлося здійснити масу перевірок і дослідів, а також виконати дві державні науково-дослідні теми. В них були розглянуті питання конкретно масового застосування НТПВ в теорії і практиці досліджень і підготовлено табличний фонд, що істотно полегшує і спрощує її практичне застосування. Все це здійснювалось на протязі 55 років.

В США різні аспекти НТПВ висвітлені на таких сайтах, створених без мого відома і згоди:

1. Inforapid.org/index.php.?search=Joseph%20Dzhun
2. View source for Joseph Dzhun – scientistsdb
3. Joseph Dzhun – inforapid knowledge Portal
4. Joseph Dzhun – scientist db

Ці сайти належним чином свідчать про інтерес в США до наукових досягнень МЕГУ.

Чи заслуговує піввікова праця над створенням НТПВ якогось визнання про успішну і результативну співпрацю Британії з Україною? Напевне так, бо результат дуже і дуже вагомий і визнаний в усьому світі. Україна до цього часу не має жодної Нобелівської нагороди. Це може бути Нобелівська премія з економіки за сприяння Великобританії, оскільки методи НТПВ створені на основі відкритого Г. Джеффрісом закону похибок, який є універсальним в експериментах Big Date.

В Україні детально розроблено необхідне математичне забезпечення НТПВ, чому присвячені 92 наукові роботи, опубліковані в Україні і в міжнародних виданнях. Так що тема: «Розробка і обґрунтування НТПВ і створення на її основі методів діагностики спостережень і самого економічного моделювання» цілком достойна, Нобелівської премії з економіки. Така премія була б вагомим історичним початком наукової співпраці Англії з Україною.



ЛІТЕРАТУРА

1. Jeffreys H. The Law of Errors and the Combination of Observations. Philos Trans. Roy. Soc, London, ser. A. - 1937. - № 237. - P. 231 – 271.
2. Jeffreys H. The Law of Errors in the Greenwich Variation of Latitude observations. Mon. Not. of the RAS, 1939, Vol. 99, p. 703-709.
3. Pearson K. On the Mathematical Theory of Errors of Judgment with special Reference to the Personal Equation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1902, ser. A. Vol. 198, pp. 235-296.
4. Newcomb S. Generalized Theory of the Combination of Observations so as to Obtain the Best Result / Amer. J. Math. 1886, - № 1/14, p. 1-249.
5. Король А. К. Схилення яскравих і слабких фундаментальних зірок в єдиній системі. К.: Наукова думка, 1969. – 234 с.
6. Федоров Є. П. Результати спостережень на двох зеніт-телескопах в Полтаві з 1949.8 по 1954.2 Астрон. циркуляр. - 1954. - № 149. - С. 7-8.
7. Полтавська гравіметрична обсерваторія Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна АН УРСР. К.: Наукова думка, 1986. - 72 с.
8. Джузь Й. В. Розподіл Пірсона VII типу в похибках спостережень над коливаннями широти. Астрометрія і астрофізика. – 1969. Вип. 2. – С. 101-115.
9. Джузь Й. В. Аналіз паралельних широтних спостережень виконаних по загальній програм: автореф. дис. на здобуття вч. ступеня канд. фіз.-мат наук: спец. 01.03.01 «Астрометрія і небесна механіка» К.: Інститут математики АН УРСР, 1974. - 19 с.
10. Джузь Й. В. Математична обробка астрономічної і космічної інформації при негаусових похибках спостережень: автореферат дис. на здобуття вч. ступеня докт. фіз.-мат наук: спец. 01.03.01 «Астрометрія і небесна механіка». К.: ГАО НАН України, 1992. – 46 с.
11. Eddington A. S. Notes on the Least-Squares Method. The Proceedings of the Physical Society. Vol. 45, part 2, № 247, pp. 135-356, March 1. – 1933.
12. Gauss C. F. Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis Solem ambientium, Hamburgi, - 1809.
13. Gauss C. F. Theoria combination's observationum erroribus minimis obnoxiae. – 1823.
14. Науково-освітня галузь України. Поступ і особистості. До 100-річчя від дня заснування НАНУ. Інформаційно-довідкове видання – К.: видавничий дім «Постскрипtum Україна», 2022, 112 с.
15. Dvulit P., Dzhun J. Diagnostics of the high-precise ballistic measured gravity Acceleration by Methods of Non-Classical Errors Theory / Geodynamics. Геодинаміка. Scientific Journal, Lviv, Lviv Polytechnic Publishing House. 2019, № 1 (26), p. 5-16.
16. Taleb N. N. The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable-New York: Random House, 2007. – 400 p.
17. Dzhun I. V. Non-Classical Theory Measurements Errors. USA: Amazon, 2019. – 214 p.