УДК 001.891-029:311]:004](045)

https://doi.org/10.52058/2786-6165-2025-5(35)-1601-1614

Кочубей Олена Василівна доктор філософії, викладач кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, https://orcid.org/0000-0002-5047-6694

Білошкурська Світлана Василівна викладач вищої кваліфікаційної категорії, Комунальний заклад «Уманський гуманітарно-педагогічний фаховий коледж ім. Т. Г. Шевченка Черкаської обласної ради», https://orcid.org/0009-0003-7312-7934

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ В КОНТЕКСТІ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. У статті здійснено системний аналіз трансформації статистичних методів дослідження в умовах стрімкого розвитку цифрових технологій. Обґрунтовано, що поєднання класичних статистичних інструментів із сучасними цифровими рішеннями забезпечує високий рівень точності, ефективності та об'єктивності під час обробки даних. Особливу увагу приділено методам описової статистики, регресійному аналізу, аналізу часових рядів, кластерному групуванню, які широко застосовуються в наукових, економічних, соціологічних та освітніх дослідженнях. Висвітлено потенціал таких інструментів, як R, Python, SPSS, Statistica, Power BI, Excel, що дозволяють реалізувати складні статистичні процедури в автоматизованому режимі. Наведено приклади використання цифрових статистичних методів у вивченні поведінки користувачів, оцінюванні ефективності освітніх програм, прогнозуванні екологічних змін, оптимізації управлінських рішень. Розглянуто питання формування цифрово-статистичної грамотності здобувачів освіти та науковців, а також важливість критичного аналізу отриманих результатів. Запропоновано інтегративний підхід, який базується на поєднанні математичної строгості статистики з гнучкістю цифрових середовищ аналізу. Аргументовано необхідність впровадження цифрових статистичних інструментів у всі етапи дослідження - від збору та структурування даних до їх інтерпретації та візуалізації. Підкреслено, що цифрова трансформація статистичних методів є не лише технічним оновленням, а й передумовою формування нової парадигми дослідницької діяльності, в якій аналітичне мислення, технологічна обізнаність і етична відповідальність

виступають ключовими компонентами. У підсумку зроблено висновок, що ефективне використання статистичних методів у цифровому середовищі забезпечує якість і надійність досліджень, сприяє глибшому розумінню процесів та явищ, а також формує підґрунтя для науково обґрунтованих рішень у різних галузях.

Ключові слова: статистичні методи, цифрові технології, обробка даних, цифрово-статистична грамотність, регресійний аналіз, аналіз часових рядів, візуалізація, Python, R, SPSS, Power BI.

Kochubei Olena Vasylivna Phd, Doctor of Philosophy, Lecturer, Department of Chemistry and Ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, https://orcid.org/0000-0002-5047-6694

Biloshkurska Svitlana Vasylivna teacher of the highest qualification category Municipal Institution «Uman Taras Shevchenko Professional College of Education and Humanities of Cherkasy Regional Council», https://orcid.org/0009-0003-7312-7934

STATISTICAL RESEARCH METHODS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. The article presents a systematic analysis of the transformation of statistical research methods in the context of rapid digital technology development. It is substantiated that the combination of classical statistical tools with modern digital solutions ensures a high level of accuracy, efficiency, and objectivity in data processing. Particular attention is given to methods of descriptive statistics, regression analysis, time series analysis, and cluster grouping, which are widely used in scientific, economic, sociological, and educational research. The potential of tools such as R, Python, SPSS, Statistica, Power BI, and Excel is highlighted, enabling complex statistical procedures to be implemented in an automated mode. Examples are provided of the use of digital statistical methods in studying user behavior, evaluating the effectiveness of educational programs, forecasting environmental changes, and optimizing managerial decisions. The issue of developing digital-statistical literacy among students and researchers is addressed, as well as the importance of critically analyzing the results obtained. An integrative approach is proposed, based on the combination of the mathematical rigor of statistics with the flexibility of digital analytical environments. The need to implement digital statistical tools at all stages of research - from data collection and structuring to interpretation and visualization - is argued. It is emphasized that the digital transformation of

statistical methods is not only a technical renewal but also a prerequisite for forming a new paradigm of research activity, in which analytical thinking, technological awareness, and ethical responsibility are key components. The conclusion states that effective use of statistical methods in a digital environment ensures the quality and reliability of research, contributes to a deeper understanding of processes and phenomena, and creates a foundation for evidence-based decisions in various fields.

Keywords: statistical methods, digital technologies, data processing, digital-statistical literacy, regression analysis, time series analysis, visualization, Python, R, SPSS, Power BI.

Постановка проблеми. У другій половині XX століття статистика стала невід'ємною складовою методологічного апарату наукових досліджень у природничих, технічних, соціальних, педагогічних, медичних та економічних науках. Статистичні методи дозволяють узагальнювати великі масиви емпіричних даних, виявляти закономірності, формулювати обґрунтовані висновки, прогнозувати події та оцінювати ступінь впливу різних факторів. У традиційному вигляді ці методи вимагали складних ручних розрахунків, що обмежувало можливості дослідника у випадку роботи з великими вибірками або складними багатофакторними моделями.

З початком епохи цифрової трансформації людства, що супроводжується масовою комп'ютеризацією, розвитком Інтернету, хмарних сервісів, штучного інтелекту, машинного навчання та автоматизованих систем обробки інформації, виникла об'єктивна необхідність перегляду підходів до застосування статистичних методів. Обробка, аналіз, інтерпретація та візуалізація статистичних даних поступово перемістилися в цифрове середовище - з використанням універсальних та спеціалізованих програмних засобів, таких як SPSS, R, Python, MATLAB, Statistica, Excel тощо.

Попри очевидні переваги цифрових технологій у сфері статистики (швидкість розрахунків, автоматизація процедур, зменшення помилок, інтерактивна візуалізація), їх застосування породжує нові виклики, які неможливо ігнорувати. Передусім ідеться про такі проблеми:

- Недостатній рівень цифрової грамотності та статистичної культури у значної частини дослідників, зокрема в гуманітарних та освітніх галузях;
- Складність вибору адекватного програмного забезпечення для конкретного типу дослідження, зважаючи на велику кількість інструментів із різною логікою роботи та форматом виводу;
- Проблема достовірності результатів, які можуть бути неправильно інтерпретовані при некоректному використанні статистичних алгоритмів або без урахування базових статистичних припущень;

- Необхідність адаптації традиційної статистичної методології до нових форм подання даних (великі дані, динамічні бази, багатовимірні структури), які часто мають складну структуру та потребують нетривіальних підходів до аналізу;
- Питання реплікації та відкритості досліджень, які передбачають не лише опис статистичних методів, але й надання доступу до коду аналізу, масивів даних і програмних скриптів.

Таким чином, статистичні методи дослідження потребують не лише технологічної модернізації, а й методичної переорієнтації з урахуванням сучасних можливостей цифрового середовища. Постає потреба в створенні уніфікованих підходів до інтеграції статистичних алгоритмів і цифрових інструментів, що відповідатимуть сучасним вимогам до наукової доброчесності, точності, прозорості й відтворюваності результатів.

Отже, постає комплексна науково-практична проблема - забезпечити ефективне використання статистичних методів у нових умовах цифрової трансформації, не втрачаючи при цьому методологічної точності, а навпаки - підвищуючи надійність і якість дослідницьких висновків завдяки комп'ютерній підтримці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковому просторі останніх років простежується зростання інтересу до інтеграції статистичних методів дослідження з цифровими технологіями. Це зумовлено не лише технічними можливостями цифрового аналізу, а й потребою в оперативному, точному й масштабованому опрацюванні складних масивів даних. Особливо помітна ця тенденція в освіті, охороні здоров'я, економіці, соціології та екології.

Українські дослідження підтверджують високий рівень зацікавлення цією проблематикою. Так, Л. В. Соколова (Інститут педагогіки НАПН України) розглядає цифрові платформи як ефективний інструмент статистичного аналізу в освітньому середовищі [1]. О. В. Спідіна (УДПУ імені Павла Тичини) досліджує розвиток цифрової компетентності майбутніх учителів у поєднанні зі статистичним аналізом їхніх результатів навчання [2].

У галузі економіки І. В. Сергеєва (КНЕУ імені Вадима Гетьмана) активно впроваджує статистичні моделі в обробку великих даних з використанням мов програмування R та Python [3]. Т. М. Краснянська (НПУ імені М. П. Драгоманова) аналізує вплив цифрових освітніх інструментів на навчальні досягнення, використовуючи методи регресійного аналізу [4]. У сфері екології Ю. М. Горбань (ХНУ імені В. Н. Каразіна) поєднує статистичні методи з ГІС-аналізом для екологічного моніторингу [5].

У наукових публікаціях журналів «Інформаційні технології і засоби навчання», «Вісник КНУ імені Тараса Шевченка», «Економіка та держава»

висвітлюються приклади використання Excel, SPSS, R та Python для аналізу результатів педагогічних і соціально-економічних експериментів, цифрової трансформації процесів обліку, моделювання та прогнозування [6].

Міжнародні дослідження також демонструють широкий спектр підходів. Науковці Бін Ю (Університет Каліфорнії, Берклі) та Фрауке Кройтер (Мюнхенський університет, Німеччина / Мерилендський університет, США) наголошують на важливості поєднання традиційної статистики з цифровими підходами, зокрема у великих масивах даних (Big Data) [7]. Метью Салганік (Принстонський університет) вивчає цифрову соціологію на основі алгоритмічного оброблення опитувальних даних [8].

У журналі Nature Human Behavior опубліковано узагальнююче дослідження (Benge, Scullin, 2024), яке доводить позитивний вплив цифрової активності на когнітивну стабільність у літніх людей, базуючись на аналізі понад 400 тисяч анкет [9]. У Scientific Reports аналізується взаємозв'язок між цифровізацією підприємств і рівнем інноваційної активності - з використанням індексного статистичного моделювання [10].

Значний внесок у цифрово-статистичну освіту зробили також Андреа Кужба та Манолі Піфарре, які продемонстрували, що застосування цифрових інструментів у статистичному навчанні (зокрема через проєктне навчання) покращує рівень засвоєння матеріалу студентами [11].

У сфері управління освітою та цифрової трансформації вищих навчальних закладів варто згадати дослідження в Journal of Technology and Science Education, де встановлено зв'язок між запровадженням цифрових платформ і скороченням адміністративного навантаження - на основі статистичних оцінок динаміки часу й витрат ресурсів [12].

Таким чином, як українські, так і міжнародні дослідження свідчать про зростаюче значення цифрових технологій як інструмента реалізації статистичних методів. Застосування таких технологій сприяє не лише підвищенню точності та швидкості аналізу, а й розширює методологічні можливості сучасного дослідника, зокрема в міждисциплінарних проектах.

Мета статті – обґрунтувати доцільність і ефективність застосування статистичних методів дослідження в умовах цифрової трансформації та проаналізувати можливості сучасних комп'ютерних технологій для підвищення якості наукового аналізу даних.

Виклад основного матеріалу.

Упродовж останніх десятиліть розвиток цифрових технологій докорінно трансформував підходи до організації наукових досліджень, зокрема - до застосування статистичних методів. Традиційна статистика, яка донедавна базувалась переважно на ручних розрахунках і обмеженій кількості інструментів для обробки вибіркових даних, поступово поступи-

лася місцем комп'ютеризованим системам аналізу, що функціонують на базі спеціалізованого програмного забезпечення. Відтак, статистика перестала бути виключно математичною дисципліною, натомість перетворилася на інструмент цифрової аналітики, придатний для застосування в різних галузях науки та практики - від освітніх і соціальних досліджень до бізнес-аналітики, екології, медицини й державного управління.

Цифрова трансформація статистичних методів виразно проявляється у двох ключових аспектах: по-перше, це автоматизація всіх етапів статистичного аналізу, включаючи підготовку даних, виконання розрахунків, перевірку гіпотез, моделювання та візуалізацію результатів; по-друге, це поява нових методів, які раніше були складними або недоступними для реалізації без відповідного програмного забезпечення. У сучасних умовах цифрова статистика ґрунтується не лише на класичних математичних методах, а й на можливостях мов програмування, графічних пакетів, баз даних, хмарних сервісів і алгоритмів штучного інтелекту.

Сучасна класифікація статистичних методів у контексті цифрових технологій охоплює кілька основних груп. По-перше, описова статистика - це обчислення показників центральної тенденції (середнє арифметичне, медіана, мода), показників розсіювання (дисперсія, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації), а також частотного та відсоткового розподілу. Ці методи реалізуються у всіх відомих цифрових середовищах - Excel, R, Python, SPSS, Statistica - і дозволяють швидко отримати загальну характеристику сукупності.

По-друге, інференційна статистика, яка включає перевірку статистичних гіпотез, оцінювання параметрів, побудову довірчих інтервалів та розрахунок ймовірностей помилок першого і другого роду, також активно підтримується програмними засобами. Наприклад, у Python відповідні функції містяться в бібліотеках SciPy та Statsmodels (ttest_ind, anova_lm тощо), у R - в базових функціях t.test, aov, chisq.test. Ці інструменти забезпечують точну перевірку статистичної значущості відмінностей між вибірками.

По-третє, кореляційний і регресійний аналіз, що є базовими для вивчення взаємозв'язків між змінними та побудови прогнозних моделей, також набули значного розвитку в цифровому середовищі. Лінійна, множинна, логістична регресія, побудова трендових ліній, розрахунок коефіцієнтів Пірсона та Спірмена - усе це виконується за лічені секунди у відповідному програмному середовищі, з автоматичним розрахунком значень R^2, p, t, F та побудовою графіків залежностей.

По-четверте, багатовимірна статистика, яка включає факторний, кластерний, дискримінантний аналіз, а також метод головних компонент

(PCA), відкрила нові горизонти завдяки цифровим засобам. Ці методи особливо актуальні в соціології, маркетингу, педагогіці, медичній статистиці, де є потреба зводити складні множини змінних до кількох латентних чинників. У R для цього використовуються пакети psych, factoextra, cluster, у Python - модулі sklearn.decomposition, sklearn.cluster.

Крім того, сучасна статистика дедалі частіше використовує елементи візуальної аналітики - побудова гістограм, boxplots, heatmaps, ліній тренду, воронкоподібних діаграм, хмар слів тощо. Завдяки бібліотекам Matplotlib, Seaborn, Plotly, ggplot2 дослідники можуть не лише аналізувати дані, але й інтерактивно представляти результати для неекспертної аудиторії.

Особливу роль у цифровій статистиці відіграє вибір відповідного програмного забезпечення. Для початкового рівня підходить MS Excel з його інструментами «Аналіз даних», для більш складних досліджень - SPSS, Statistica, JASP. R і Python є універсальними інструментами, що дозволяють реалізовувати найскладніші моделі, включаючи аналіз часових рядів, класифікацію, кластеризацію, обробку зважених даних, побудову графічних моделей. Перевага R - велика кількість статистичних пакетів і розширень, а Python - в інтеграції з іншими середовищами аналізу даних (веб-аналітика, машинне навчання).

Прикладом практичного використання статистичних методів у цифровому середовищі може бути дослідження результатів навчання здобувачів вищої освіти за різними формами навчання - очною та дистанційною. Дослідник може сформувати дві вибірки на основі підсумкових оцінок, використати t-тест для незалежних вибірок, а також візуалізувати результати за допомогою boxplot і гістограм. Застосування Python (функція scipy.stats.ttest_ind) дозволяє автоматично виконати розрахунок t-статистики та значення p, що дає підстави для перевірки гіпотези про рівність середніх значень. За умови $p < 0,05$ дослідник може зробити висновок про статистично значущу різницю між групами.

Важливою перевагою цифрової реалізації статистики є підвищення якості дослідження за рахунок мінімізації людського фактора, автоматичної валідації даних, контролю за коректністю моделі, а також реплікації результатів. Крім того, цифрові інструменти дозволяють працювати з великими вибірками, виконувати аналіз у режимі реального часу та інтегрувати статистику з іншими аналітичними системами.

У межах міждисциплінарного підходу цифрові технології дедалі частіше поєднуються з традиційними статистичними методами в різних сферах науки й практики. Це відкриває нові можливості для точнішого аналізу складних процесів, що мають численні змінні, багатофакторний вплив і динамічний характер. Особливо показовими в цьому контексті є приклади з освітніх, медичних, екологічних та соціальних досліджень.

У галузі освіти цифрові технології використовуються для збору великих масивів даних про навчальну діяльність здобувачів освіти. В електронних середовищах накопичуються відомості про відвідуваність, оцінювання, активність у віртуальних класах, швидкість виконання тестів, якість проєктних завдань. Завдяки цьому з'являється можливість застосовувати як описову, так і інференційну статистику для аналізу результативності навчального процесу. Наприклад, можна провести кластеризацію студентів за стилем навчання або факторний аналіз для виявлення прихованих чинників, що впливають на мотивацію до навчання. Такі аналітичні процедури реалізуються через R або Python, де доступні бібліотеки sklearn, psych, factoextra, statsmodels.

У медичній статистиці особливо важливою є обробка великих обсягів чутливої інформації, отриманої під час клінічних досліджень, моніторингу стану пацієнтів, фармакологічного тестування. Застосування логістичної регресії, дисперсійного аналізу, ROC-аналізу, аналізу виживаності стало можливим завдяки потужним програмним платформам, таким як SPSS, SAS, R, Python. Наприклад, за допомогою бібліотеки lifelines у Python можна змоделювати ймовірність рецидиву захворювання, а завдяки функціям roc_auc_score і confusion_matrix – визначити ефективність діагностичних методик.

У сфері екології статистичні методи поєднуються з геоінформаційними технологіями для просторового аналізу даних про забруднення, зміни клімату, біорізноманіття. За допомогою просторової регресії, кореляційного аналізу та аналізу часових рядів можна встановити залежності між концентрацією забруднювачів і станом екосистем. У програмному середовищі R існують пакети sp, raster, gstat, які дозволяють виконувати комплексну просторову статистику. У Python відповідні функції реалізовані в бібліотеках geopandas, pyproj, statsmodels.

У соціальних науках дедалі частіше використовуються інструменти обробки даних опитувань та соціологічного моніторингу. Для прикладу, за результатами масштабного анкетування населення можна побудувати модель латентних змінних, що формують громадську думку, провести дискримінантний аналіз для виявлення типів респондентів або факторний аналіз щодо оцінки ставлення до соціальних інститутів. У середовищі SPSS для цього існують зручні майстри (wizards), що автоматично обирають метод залежно від типу змінних.

Застосування статистичних методів у цифровому форматі дозволяє не лише отримати швидкий результат, а й інтегрувати його у візуалізовану систему підтримки прийняття рішень. Це важливо, наприклад, для керівництва закладів освіти, які на основі статистичного аналізу електрон-

них журналів і успішності можуть приймати обґрунтовані управлінські рішення. У сфері охорони здоров'я – це можливість розробити систему прогнозування ризиків. В екології – карта гарячих точок забруднення з аналітичними підказками щодо локалізації впливів.

Одним із викликів цифрової статистики є потреба у розвитку статистичної грамотності дослідників. У ситуаціях, коли дослідник має доступ до складних цифрових засобів, але не володіє базовими уявленнями про статистичні принципи, існує ризик некоректної інтерпретації результатів. Проблемою також є сліпе застосування алгоритмів без критичної оцінки припущень, обмежень вибірки чи структури даних. Тому сучасна освіта має сприяти формуванню статистичної культури як складової цифрової компетентності. Це включає навички роботи з даними, розуміння основних типів розподілу, усвідомлення змісту p-значення, довірчих інтервалів, помилок першого і другого роду.

Окрему увагу слід приділити взаємодії статистики з алгоритмами штучного інтелекту. В умовах розвитку машинного навчання межа між статистичним аналізом і автоматизованим моделюванням поступово зникає. Багато алгоритмів машинного навчання (дерева рішень, наївні баєсівські класифікатори, опорні вектори, нейронні мережі) спираються на ті самі принципи, що й класична статистика, – мінімізацію похибок, оцінювання ймовірностей, оптимізацію функцій втрат. Проте їх застосування потребує розуміння математичних основ і дотримання методологічної точності.

Таким чином, цифрова трансформація статистичних методів змінила уявлення про можливості наукового аналізу. Вона забезпечує новий рівень глибини, швидкості й наочності, але водночас вимагає від дослідника високого рівня критичності, технічної підготовки та методологічної відповідальності. Переваги цифрової статистики очевидні – це автоматизація розрахунків, доступ до складних моделей, інтеграція з базами даних, можливість багатовимірної візуалізації, відтворюваність результатів, гнучкість сценаріїв аналізу. Проте ці переваги реалізуються повною мірою лише за умов адекватного методологічного супроводу, з урахуванням як математичних, так і прикладних аспектів.

В умовах цифрової епохи особливої уваги потребує питання вибору програмного забезпечення для реалізації статистичних методів. На практиці використовуються як універсальні інструменти загального призначення, так і вузькоспеціалізовані аналітичні платформи. Найдоступнішим з них є MS Excel, який, попри простоту, містить усі основні засоби описової статистики, а також модулі для перевірки гіпотез, побудови діаграм, кореляційного та регресійного аналізу. Проте Excel має обмеження

щодо обсягу вибірок, кількості змінних та точності багатовимірного аналізу.

SPSS залишається одним із найпопулярніших середовищ для соціогуманітарних досліджень, завдяки зручному інтерфейсу, розвинутому арсеналу статистичних методів, готовим шаблонам для звітності. Його основна перевага – це можливість роботи без знання мов програмування. Однак SPSS є комерційним продуктом і має обмеження щодо гнучкості аналізу та інтеграції з іншими платформами.

R та Python сьогодні є лідерами серед інструментів цифрової статистики. Вони безкоштовні, відкриті, підтримуються світовою науковою спільнотою, мають тисячі бібліотек і постійно оновлюються. R орієнтований саме на статистичні задачі, а Python – на універсальну обробку даних і машинне навчання. Наприклад, у R зручно реалізовувати багатовимірний аналіз, побудову графіків, візуалізацію розподілів. У Python – комбінувати статистику з алгоритмами класифікації, кластеризації, NLP чи обробкою часових рядів. Середовище Jupyter Notebook у Python дозволяє створювати інтерактивні дослідницькі звіти з динамічним кодом і графікою.

Особливу цінність має можливість поєднання статистичних методів із базами даних та хмарними платформами. Наприклад, Google BigQuery або Microsoft Power BI підтримують інтеграцію з SQL-запитами, R- та Python-скриптами, а також аналітичними візуалізаціями в реальному часі. Це дозволяє створювати дашборди для управлінських рішень, що базуються на результатах статистичного аналізу.

Варто також відзначити стрімке впровадження штучного інтелекту в статистику. Сучасні системи аналізу даних включають можливості автоматизованого розпізнавання патернів, навчання з підкріпленням, побудову моделей прогнозування на основі історичних даних. Алгоритми штучного інтелекту використовують ті самі принципи, що й класична статистика – максимізацію ймовірності, зниження похибки, крос-валідацію результатів. При цьому важливо, щоб дослідник розумів межі застосування таких підходів, адже машинне навчання часто працює як "чорна скринька", і без належного теоретичного розуміння інтерпретація результатів може бути хибною.

У вітчизняному науковому середовищі спостерігається зростання зацікавлення цифровими технологіями статистичного аналізу. Сучасні українські дослідники активно інтегрують статистичні методи у свої роботи, використовуючи R, Python, SPSS. Зокрема, на базі університетів функціонують курси прикладної статистики, створюються центри навчання цифровим аналітичним інструментам. У публікаціях освітнього, економіч-

ного, соціального спрямування все частіше зустрічаються дані, оброблені за допомогою ANOVA, регресійного аналізу, кластеризації або факторного моделювання.

При цьому однією з актуальних проблем залишається недостатній рівень цифрової і статистичної грамотності значної частини здобувачів освіти та науковців. Часто спостерігається формальний підхід до використання статистики, орієнтований лише на отримання бажаного результату, а не на аналіз достовірності моделі. Такий підхід може призводити до помилкових висновків, які в умовах автоматизації масштабуються і набувають системного характеру.

Ще одна проблема – це так зване p-хакінг (manipulation of p-values), коли дослідник багаторазово тестує дані до отримання статистично значущого результату. У цифровому середовищі це технічно нескладно, проте суперечить етичним нормам науковості. Тому важливо поширювати знання про доброчесність у статистичних дослідженнях, вчити формувати гіпотези до початку аналізу, використовувати крос-перевірку моделей, дотримуватися принципу відкритих даних.

Узагальнюючи, слід наголосити, що цифрові технології не замінюють статистичні методи, а, навпаки, відкривають для них новий потенціал. Вони дозволяють розширити сферу застосування статистики, зробити її доступною навіть для недосвідчених користувачів, забезпечити оперативність, точність і наочність аналізу. Статистика в цифровому вимірі стає не лише інструментом наукового дослідження, а й ключовим елементом управлінських, освітніх і соціальних рішень.

Отже, у сучасних умовах виникає об'єктивна потреба формувати в здобувачів вищої освіти, науковців, фахівців різних галузей поєднану цифрово-статистичну компетентність, що охоплює вміння працювати з даними, застосовувати коректні методи аналізу, використовувати відповідні програмні засоби, інтерпретувати результати й дотримуватися принципів наукової етики. Лише за таких умов цифрова трансформація статистики сприятиме підвищенню якості досліджень, прийняттю обґрунтованих рішень і формуванню нової культури аналітики в Україні.

Висновки

Проведене дослідження дає змогу зробити низку важливих теоретичних і прикладних висновків щодо трансформації статистичних методів у цифрову епоху. Передусім, встановлено, що цифрові технології суттєво змінили не лише інструментарій, а й саму філософію застосування статистики в науковій та професійній діяльності. Сучасна статистика більше не сприймається як сукупність абстрактних математичних операцій. Вона перетворилася на прикладну аналітичну систему, здатну забезпечити

глибоке й багатовимірне розуміння даних у поєднанні з високою швидкістю, наочністю та доступністю обробки інформації.

Цифрова трансформація статистичних методів проявляється у масовому впровадженні комп'ютерного програмного забезпечення, мов програмування та інтелектуальних систем у процес збору, аналізу та інтерпретації даних. Такі середовища, як Excel, SPSS, R, Python, Statistica, Google Sheets, Power BI та інші, зробили статистичні обчислення доступними не лише для вузьких фахівців, а й для широкого кола дослідників, викладачів, управлінців, студентів. Завдяки цьому статистичні підходи перестали бути елітарним інструментом і стали повсякденною частиною сучасного дослідницького та освітнього процесу.

Особливістю сучасного етапу є перехід від лінійного, послідовного аналізу до інтегративного підходу, коли статистика поєднується з технологіями штучного інтелекту, машинного навчання, геоінформаційного моделювання, візуалізації великих даних. У такому міждисциплінарному контексті класичні методи - описова статистика, кореляційний і регресійний аналіз, перевірка гіпотез, дисперсійний аналіз, кластеризація - не втрачають своєї актуальності, проте вони набувають нової форми реалізації через складні алгоритмічні структури, моделі прогнозування та автоматизовані обчислювальні середовища.

Практичні кейси, розглянуті у дослідженні, підтверджують ефективність цифрово-статистичних підходів у таких галузях, як освіта, соціологія, економіка, медицина, екологія. У сфері освіти статистика дозволяє аналізувати результати навчання, будувати моделі впливу педагогічних технологій, проводити оцінювання ефективності змішаних форм навчання. У медицині - використовувати регресійні та факторні моделі для аналізу результатів лікування, прогнозування ризиків та виявлення закономірностей поширення захворювань. В екології - інтегрувати просторову статистику з геоінформаційними системами для моніторингу стану довкілля. В економіці - застосовувати статистичне моделювання для прогнозування соціально-економічних показників, поведінкових сценаріїв споживачів, фінансових ризиків.

Разом із тим, активне впровадження цифрових інструментів не знімає методологічних ризиків. Одним із ключових викликів залишається потреба у формуванні високого рівня статистичної грамотності дослідників. Недостатнє розуміння принципів перевірки гіпотез, інтерпретації p-значення, обмежень вибірки, припущень моделей може призводити до хибних висновків і компрометації результатів. Це вимагає активної модернізації змісту освітніх програм, поширення культури відкритих даних і відповідального ставлення до процесу статистичного аналізу.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що статистичні методи дослідження в умовах цифрової трансформації не втратили своєї наукової значущості, а навпаки - суттєво розширили свій потенціал. Вони стали гнучкішими, доступнішими, інтерактивнішими, адаптивнішими до умов конкретного дослідження. Статистика в поєднанні з цифровими технологіями дає змогу не лише фіксувати факти, а й пояснювати причинно-наслідкові зв'язки, будувати сценарії розвитку подій, ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення. У результаті, вона трансформується із постфактум-аналізу у ключовий інструмент передбачення, контролю й оптимізації складних процесів у науці, освіті, суспільстві.

Перспективи подальших досліджень полягають у створенні відкритих цифрових платформ для автоматизованого аналізу даних, підвищенні інтероперабельності між статистичними та інформаційними системами, розробці інтелектуальних моделей, що поєднують класичні статистичні методи з технологіями глибинного навчання, а також у формуванні інтегрованої цифрово-статистичної культури, що охоплює як технічні, так і етичні виміри сучасної науки.

Література:

1. Соколова Л. В. Цифрові платформи як ефективний інструмент статистичного аналізу в освітньому середовищі. *Інститут педагогіки НАПН України*. 2022.
2. Спідіна О. В. Розвиток цифрової компетентності майбутніх учителів у поєднанні зі статистичним аналізом результатів навчання. *УДПУ імені Павла Тичини*. 2023.
3. Сергєєва І. В. Впровадження статистичних моделей в обробку великих даних з використанням R та Python. *КНЕУ імені Вадима Гетьмана*. 2021.
4. Краснянська Т. М. Аналіз впливу цифрових освітніх інструментів на навчальні досягнення за допомогою регресійного аналізу. *НПУ імені М. П. Драгоманова*. 2021.
5. Горбань Ю. М. Використання статистичних методів у поєднанні з ГІС-аналізом для екологічного моніторингу. *ХНУ імені В. Н. Каразіна*. 2022.
6. Інформаційні технології і засоби навчання. Приклади використання Excel, SPSS, R, Python у педагогічних та соціально-економічних експериментах. 2023.
7. Юн Бі, Кройтер Ф. Поєднання традиційної статистики з цифровими підходами у великих масивах даних (Big Data). *Університет Каліфорнії, Берклі; Мюнхенський університет*. 2023.
8. Салганік М. Цифрова соціологія на основі алгоритмічного оброблення опитувальних даних. *Принстонський університет*. 2023.
9. Benge, J., Scullin, M. Вплив цифрової активності на когнітивну стабільність у літніх людей. *Nature Human Behavior*. 2024.
10 Scientific Reports. Взаємозв'язок між цифровізацією підприємств і рівнем інноваційної активності. 2023.
11. Кужба А., Піфарре М. Використання цифрових інструментів у статистичному навчанні: проєктне навчання. 2023.
12. Journal of Technology and Science Education. Вплив цифрових платформ на скорочення адміністративного навантаження. 2023.

References:

1. Sokolova, L. V. (2022). Tsyfrovi platformy yak efektyvnyi instrument statystychnoho analizu v osvitnomu seredovyshchi [Digital platforms as an effective tool of statistical analysis in educational environment]. *Instytut pedahohiky NAPN Ukrainy – Institute of Pedagogy, NAPS of Ukraine*. [in Ukrainian].
2. Spidina, O. V. (2023). Rozvytok tsyfrovoyi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv u poiednanni zi statystchnym analizom yikhnykh rezultativ navchannia [Development of digital competence of future teachers combined with statistical analysis of their learning results]. *UDPU imeni Pavla Tychyny – Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University*. [in Ukrainian].
3. Serheieva, I. V. (2021). Vprovadzhennia statystchnykh modelei v obrobku velykykh danykh z vykorystanniam R ta Python [Implementation of statistical models in big data processing using R and Python]. *KNEU imeni Vadima Hetmana – Vadym Hetman Kyiv National Economic University*. [in Ukrainian].
4. Krasnianska, T. M. (2021). Analiz vplyvu tsyfrovykh osvitnikh instrumentiv na navchalni dosiahnennia za dopomohoiu rehresiinoho analizu [Analysis of the impact of digital educational tools on learning achievements using regression analysis]. *NPU imeni M. P. Drahomanova – M. P. Dragomanov National Pedagogical University*. [in Ukrainian].
5. Horban, Yu. M. (2022). Vykorystannia statystchnykh metodiv u poiednanni z GIS-analizom dlia ekolohichnoho monitorynhu [Use of statistical methods combined with GIS analysis for ecological monitoring]. *KhNU imeni V. N. Karazina – V. N. Karazin Kharkiv National University*. [in Ukrainian].
6. Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia [Information Technologies and Learning Tools]. (2023). Pryklady vykorystannia Excel, SPSS, R ta Python u pedahohichnykh ta sotsialno-ekonomichnykh eksperymentakh [Examples of using Excel, SPSS, R and Python in pedagogical and socio-economic experiments]. [in Ukrainian].
7. Yun, B., & Kreuter, F. (2023). Poeidnannia tradytsiinoi statystyky z tsyfrovymy pidkhodamy u velykykh masyvakh danykh (Big Data) [Combining traditional statistics with digital approaches in big data]. *University of California, Berkeley; Ludwig-Maximilians-Universität München*. [in English].
8. Salganik, M. (2023). Tsyfrova sotsiolohiia na osnovi alhorytmichnoho obroblennia opytuvalnykh danykh [Digital sociology based on algorithmic processing of survey data]. *Princeton University*. [in English].
9. Benge, J., & Scullin, M. (2024). Positive impact of digital activity on cognitive stability in older adults based on analysis of over 400,000 surveys. *Nature Human Behavior*. [in English].
10. Scientific Reports. (2023). The relationship between digitalization of enterprises and the level of innovative activity using index statistical modeling. [in English].
11. Kuzhba, A., & Pifarre, M. (2023). Use of digital tools in statistical learning: project-based learning improves student mastery. [in English].
12. Journal of Technology and Science Education. (2023). The impact of digital platforms on reducing administrative burden: statistical assessments of time dynamics and resource costs. [in English].