

УДК 378.61:311

DOI <https://doi.org/10.32782/eddiscourses/2025-2-1>

МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ МАЙБУТНІМИ ФАХІВЦЯМИ У СФЕРІ МЕДИЦИНИ, ФАРМАЦІЇ, БІОТЕХНОЛОГІЙ ТА БІОІНЖЕНЕРІЇ

Єгоренков Анатолій Іванович,

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
ORCID: 0000-0003-1625-2344

Любчик Олена Костянтинівна,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
ORCID: 0000-0003-3993-2991

Кореляційно-регресійний аналіз є основним методом математичної статистики для виявлення зв'язків між різними ознаками (явищами) в досліджуваній сукупності, побудові математичної моделі цих зв'язків, а також визначенні вірогідності цієї залежності в генеральній сукупності. У зв'язку з тим, що ці методи статистичного аналізу стали невід'ємною частиною в біомедичних і фармацевтичних дослідженнях, розуміння ключових методологічних підходів, припущень та обмежень має вирішальне значення для ефективного застосування та правильної інтерпретації результатів кореляційно-регресійного аналізу. У статті проаналізована методологія використання методів кореляційно-регресійного аналізу для біомедичних досліджень та вищої медичної освіти. На прикладах із наукових джерел і даних опитування фахівців проілюстрована актуальність використання кореляційно-регресійного аналізу як одного з елементів біостатистики для вирішення проблем у фармакології та фармації. У практичній частині дослідження описана послідовність навчальних етапів та їх зміст під час вивчення теми кореляційно-регресійного аналізу студентами перших курсів медичних закладів вищої освіти. За результатами теоретичного аналізу та практичного досвіду здійснено опис типових методичних помилок і методів їх виправлення під час використання кореляційно-регресійного аналізу в дослідженнях або у викладанні студентам. Відповідно до вимог до сучасних компетентностей у галузі математичної статистики для студентів медичних закладів вищої освіти та сучасних трендів навчання розроблено рекомендації щодо вдосконалення методики вивчення теми кореляційно-регресійного аналізу біомедичних даних.

Ключові слова: кореляційно-регресійний аналіз, фармацевтична та медична освіта, біостатистика, біомедичні дослідження, методика викладання.

Yehorenkov Anatolii, Lyubchik Olena. Methodological and methodological aspects of studying correlation-regression analysis by future specialists in the field of medicine, pharmacy, biotechnology and bioengineering

Correlation-regression analysis is the main method of mathematical statistics for identifying relationships between different features (phenomena) in the studied population, constructing a mathematical model of these relationships, and determining the probability of this dependence in the general population. As these statistical methods have become an integral part of biomedical and pharmaceutical research, understanding key methodological approaches, assumptions, and limitations is crucial for the effective application and correct interpretation of correlation-regression analysis results. The article analyzes the methodology of using correlation-regression analysis methods for biomedical research and higher medical education. The relevance of using correlation-regression analysis as one of the elements of biostatistics for solving problems in pharmacology and pharmacy is illustrated by examples from scientific sources and data from a survey of specialists. The practical part of the study describes the sequence of educational stages and their content during the study of the topic of correlation-regression analysis by first-year students of higher medical institutions. Based on the results of theoretical analysis and practical experience a description of typical methodological errors and methods for their correction while using correlation-regression analysis in research or teaching was made. According to the requirements for modern competencies in the field of mathematical statistics for students of higher medical institutions and modern trends in education, recommendations have been developed to improve the methodology for studying the topic of correlation-regression analysis of biomedical data.

Key words: correlation-regression analysis, pharmaceutical and medical education, biostatistics, biomedical research, teaching method.

Актуальність. Кореляційний і регресійний аналіз є важливими інструментами статистичного аналізу для біомедичних досліджень, включно з фармакологічним та фармацевтичним напрямками. Це пов'язано з тим фактом, що для різних напрямів біомедичних досліджень, як-от організація охорони здоров'я, соціально-гігієнічні та клінічні, фармацевтичні дослідження, актуальним є статистичний аналіз зв'язків, вивчення закономірностей і факторів, що на них впливають [1–5]. Тобто головним аргументом для застосування кореляційно-регресійного аналізу під час планування й аналізу результатів досліджень є виявлення зв'язків між випадковими величинами біомедичного змісту та побудови моделей цих зв'язків. Кореляційний аналіз вивчає силу та напрям зв'язку між двома або більше випадковими величинами. Регресійний аналіз, на відміну від кореляційного, не з'ясовує істотності зв'язку, а займається пошуком моделі цього зв'язку у вигляді рівняння регресії. Фактично два методи вивчають взаємозв'язок між однорідними сукупностями випадкових величин, але з різних боків, доповнюючи один одного. У більш широкому – методологічному – сенсі актуальність та доцільність використання кореляційного й регресійного аналізу в медицині та медичній освіті ґрунтується на таких можливостях цього статистичного аналізу саме в контексті поняття кореляції та регресії:

- прогнозування;
- пошук методів ефективного персоніфікованого лікування;
- пошук критеріїв ефективної персоніфікованої діагностики;
- допомога для рекомендацій (індивідуальних та медико-соціальних) у профілактиці захворювань;
- пошук факторів ризику (індивідуальних та медико-соціальних) виникнення захворювання;
- формування у студентів медичних ЗВО (а) понятійних компетенцій про відмінність функціонального та кореляційного зв'язку та (б) формування професійних висновків стосовно надійності результатів медичних досліджень згідно з концепцією доказової медицини.

Усі вказані вище методологічні фактори актуальності кореляційно-регресійного аналізу для медицини реалізуються в процесі пошуку взаємозв'язків між факторами впливу та наслідками цього впливу. Такий підхід створює умови для формування пошукових гіпотез і методики їх перевірки стосовно можливих механізмів причинно-наслідкових зв'язків між факторами

впливу (предикторами) та наслідками (захворюваннями, ефективністю лікування, доцільністю вироблення номенклатури препаратів, санітарно-гігієнічних заходів тощо).

Деякими прикладами таких біомедичних досліджень, де кореляційно-регресійний аналіз показав свою доцільність, є:

- вивчення зв'язків між показниками рівня смертності населення від неінфекційних захворювань із санітарно-хімічними показниками якості питної води в районі проживання [6];
- вивчення факторів ризиків серцево-судинних захворювань, зокрема артеріальної гіпертензії, цукрового діабету, ожиріння, хронічного стресу тощо [7; 8];
- вивчення кореляції між дозуванням препарату та таких його характеристик, як ефективність або частота та тяжкість побічних ефектів [9].

У фармацевтичних дослідженнях кореляційно-регресійний аналіз використовується, наприклад, для оптимізації лікарського забезпечення хворих, а саме прогнозування потреби в препаратах для лікування певних хвороб [10; 11]. Ці статистичні методи також застосовують для виявлення, аналізу й вимірювання впливу різних чинників на прибутковість фармацевтичних компаній, у дослідженнях рентабельності аптечних закладів та факторів, що впливають на неї [12; 13]. Метод кореляції *in vitro* – *in vivo* застосовується для розробки й оптимізації лікарських препаратів [14; 4]. Регресійний аналіз використовують у дослідженнях стабільності лікарських препаратів [15].

Усі ці наведені вище приклади та загально-методологічні фактори актуальності кореляційно-регресійного аналізу для медицини, фармації та медичної освіти загалом потребують більш детального аналізу методологічного змісту кореляційно-регресійного аналізу з метою створення методичних розробок для вивчення цієї теми студентами медичних ЗВО саме на початковому етапі їх знайомства з методами статистичного аналізу в медицині та фармації.

Мета статті полягає в аналізі методологічних принципів та формуванні методичних підходів для вивчення теми «Кореляційний та регресійний аналіз» під час формування у студентів перших курсів спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація» початкових елементів їх майбутніх фахових компетентностей з біостатистики. Важливою частиною цієї роботи є формування таких методичних підходів для аналізу та виявлення причинно-наслідкових зв'язків у тих процесах чи явищах, що будуть мати професійне значення. Це дослідження є актуальним і для студентів інших

спеціальностей медичних ЗВО, зокрема спеціальності 162 «Біотехнологія та біоінженерія».

Методична проблема вивчення теми кореляційно-регресійного аналізу є частиною загальної теми вивчення біостатистики студентами – майбутніми лікарями та фармацевтами, яка активно розробляється іншими дослідниками [16].

Матеріали та методи досліджень. Для досягнення вказаної мети авторами використовувалися такі методи дослідження:

– емпіричні (проведення опитувань серед науковців та викладачів медичних ЗВО фармацевтичного фаху та фахівців з біостатистики, спостереження за навчальним процесом вивчення студентами медичних ЗВО тем математичної статистики в поєднанні з вивченням фахових тем);

– теоретичні (аналіз фахової наукової літератури, системний підхід для інтегрованого узагальнення проблем використання кореляційно-регресійного аналізу в наукових фахових дослідженнях, існуючих методик вивчення питань математичної статистики та методологічних питань організації та проведення біомедичних досліджень).

Виклад основного матеріалу. З методами кореляційно-регресійного аналізу студенти спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація» знайомляться вже на першому курсі під час вивчення дисциплін «Вища математика і статистика» та «Інформаційні технології у фармації». Основною метою заняття за темою «Кореляційно-регресійний аналіз» в межах дисципліни «Вища математика і статистика» є (а) ознайомлення студентів з елементами теорії кореляційного та регресійного аналізу, (б) аналіз прикладів застосування кореляційно-регресійного аналізу у фармації та медицині, (в) отримання навичок щодо побудови кореляційного поля та емпіричної лінії регресії, (г) оцінка коефіцієнта кореляції та аналіз значущості лінійного кореляційного зв'язку. У межах дисципліни «Інформаційні технології у фармації» студенти знайомляться з можливостями електронного табличного процесора MS Excel щодо статистичного аналізу даних та спеціалізованого програмного забезпечення для статистичної обробки й аналізу даних (на прикладі пакетів STATISTICA, SPSS).

Таблиця 1

Фахово-орієнтовні завдання для проведення кореляційно-регресійного аналізу на прикладі фармакології та фармації

Завдання	Фаховий напрям	Актуальність
Вивчення фармакокінетики та фармакодинаміки лікарських препаратів	ФАРМАКОЛОГІЯ	Розробка персоніфікованих схем фармакологічного лікування
Прогнозування основної та побічних дій лікувальних препаратів, оптимальних дозувань препаратів		Пошук методів збільшення ефективності фармакотерапії та зменшення побічних дій
Визначення лікувальної ефективності препаратів за принципами доказової медицини	ФАРМАКОЛОГІЯ	Організація наукових фармакологічних досліджень
Аналіз рентабельності виробництва лікарських препаратів за необхідною кількістю та номенклатурою	ФАРМАЦІЯ	Розробка схем оптимальних витрат для виробництва препаратів для різних категорій хворих
Аналіз проблеми збереження готової фармацевтичної продукції		Розробка методів якісного та довготривалого збереження готової фармацевтичної продукції
Аналіз проблеми інвестицій у фармацевтичну галузь	ФАРМАЦІЯ	Розробка довготривалих планів розвитку фармацевтичної галузі та фармакологічних досліджень

Обговорення зі студентами медичних ЗВО кореляційно-регресійного аналізу, на наш погляд, важливо почати з аналізу критеріїв необхідності та доцільності проведення аналізу біомедичних даних. Студентам пропонується переглянути й обговорити перелік завдань професійного спрямування, що потребують використання зазначених методів математичної статистики (див. табл. 1).

Інтерпретація результатів регресійного та кореляційного аналізу залежить від того, у якому дослідженні були отримані дані – обсерваційному чи експериментальному. Тому наступним навчальним етапом, за нашою методикою, є встановлення типу дослідження, дані якого аналізуватимуться. Потрібно визначитись, у якому дослідженні були отримані дані – обсерваційному чи експериментальному. Обсерваційне дослідження, (observational study) – це таке дослідження, у якому дослідник збирає дані шляхом простого спостереження подій в їх природному перебігу, не втручаючись в них активно. Прикладом є вивчення інфекційної захворюваності, що керується імунoproфілактикою [17]. Експериментальне дослід-

ження (experimental study) є альтернативою обсерваційному дослідженню та передбачає контрольоване втручання (інтервенцію) з метою виявлення причин. Якщо ми під час обговорення із студентами виявили кореляційний зв'язок змінних в обсерваційному дослідженні, треба звернути увагу студентів на те, що це не означає, що одна змінна впливає на іншу. Наявність кореляції може бути пов'язана з впливом невідомого дослідника (прихованого) фактора. Для вирішення цієї проблеми можна використовувати, наприклад, відомі критерії Бредфорда Гілла: залежність ефекту від дози, аналогія, зворотність, специфічність, послідовність у часі, вираженість ефекту, відтворюваність, узгодженість, правдоподібність.

Навпаки, якщо ми маємо справу з даними експериментального дослідження, тоді, довільно змінюючи одну із змінних, ми можемо дізнатися, що зв'язок, якщо він буде виявлений, є причинно-наслідковим. Алгоритм навчального порівняльного аналізу типу дослідження як фактора подальшого кореляційно-регресійного аналізу наведено на (рис. 1).



Рис. 1. Тип дослідження як фактор кореляційно-регресійного аналізу

Після визначення типу дослідження, у якому були отримані наші дані, переходимо до аналізу даних, а саме: (а) визначенню, чи є дані кількісними чи якісними та (б) якому закону розподілу відповідають (нормальному чи іншому). Після цього дані наносять на графік у вигляді точкової діаграми. Для побудови цього графіка на осях координат відкладають значення відповідних досліджуваних характеристик. Уже за початковим аналізом діаграми розсіювання можна визначити наявність взаємозв'язку, який напрям і характер цієї залежності. Студентам пропонуються такі тестові завдання для аналізу діаграм розсіювання (рис. 2).

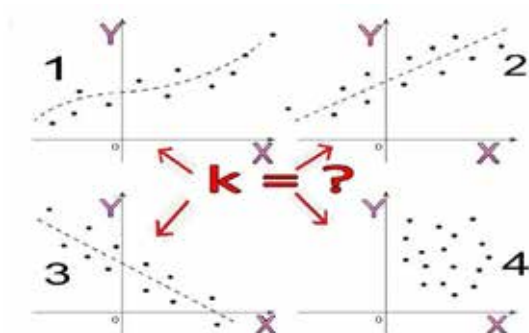


Рис. 2. Дослідження кореляції за допомогою діаграм розсіювання

Примітка: рисунок створений авторами статті з використанням графічних елементів за посиланням: <https://stud.com.ua/htm/img/15/2039/223.png>

Приклад тестових завдань

А. Яка з цих діаграм відповідає сильній позитивній кореляції?

Б. Яка з цих діаграм відповідає відсутності кореляційного зв'язку?

Тип вихідних даних суттєво впливає на вибір методів і критеріїв, які можна застосовувати на наступних етапах аналізу. Для змінних, що належать порядковій шкалі, застосовується коефіцієнт Спірмена, а для змінних, що належать до інтервальної шкали, – коефіцієнт кореляції Пірсона. Відомо, що використання коефіцієнта кореляції Пірсона передбачає виконання таких обов'язкових умов [3]:

- 1) змінні вимірюються в інтервальній шкалі;
- 2) розподіл значень обох змінних є нормальним;
- 3) зв'язок між змінними є лінійним.

На цьому етапі обговорення теми треба звернути увагу студентів, що у випадку порушення однієї з умов для проведення аналізу використовують непараметричний аналог коефіцієнта лінійної кореляції – показник рангової кореляції Спірмена.

Для закріплення навичок умов застосування рангового та лінійного коефіцієнтів кореляції студентам пропонується виконати таке завдання:

Завдання 1

Заповнити схему, використовуючи наданий нижче перелік можливих умов.



Перелік умов: змінні повинні бути кількісними, змінні повинні бути порядковими (ранговими), розподіл значень змінних відповідає закону нормального розподілу, розподіл значень для обох змінних не відповідає закону нормального розподілу, априорі передбачається лінійний зв'язок між змінними, априорі передбачається нелінійний (але монотонний) характер зв'язку між змінними, відсутні аномальні значення змінних, дані для кореляційного аналізу отримані для однорідної групи об'єктів дослідження, метою аналізу є виявлення зв'язку між двома показниками.

Кількісна міра кореляційного зв'язку між ознаками оцінюється за значенням коефіцієнта кореляції, який змінюється в межах від -1 до $+1$. Знак коефіцієнта кореляції вказує на напрям – прямий чи зворотний, абсолютне значення характеризує силу (щільність) кореляційного зв'язку. Для якісної оцінки коефіцієнтів кореляції застосовуються різні шкали, частіше – шкала Чеддока. Залежно від значень коефіцієнта кореляції (за модулем) зв'язок може мати одну з оцінок: $0,1-0,3$ – слабкий; $0,3-0,5$ – помірний; $0,5-0,7$ – значний; $0,7-0,9$ – сильний; $0,9-0,99$ – дуже сильний.

Важливим елементом подальшого обговорення теми зі студентами є встановлення значущості коефіцієнта кореляції. Сильна кореляція може виявитися випадковою за малого обсягу вибірки, а слабка кореляція може виявитися в разі великого обсягу вибірки статистично значущою. Тому необхідною є перевірка значущості кореляційного зв'язку, яка виконується за допомогою t -критерію Стюдента і ґрунтується на порівнянні емпіричних значень (t) з критичними ($t_{кр}$) за певного рівня значущості та кількості ступенів вільності $n - 2$. При цьому висувається й перевіряється гіпотеза (H_0) про рівність

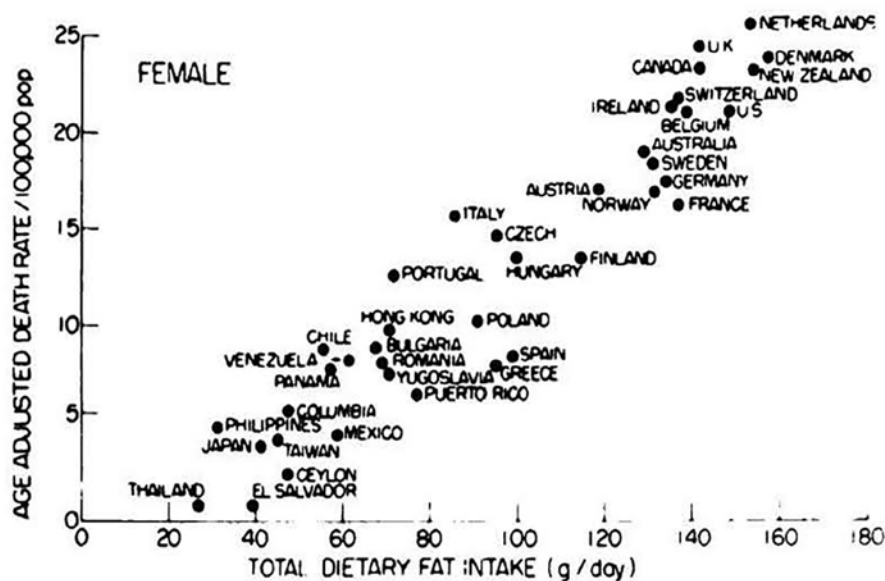
коефіцієнта кореляції нулю на генеральній сукупності. Якщо $[t] > t_{кр}$, то нульова гіпотеза відхиляється, коефіцієнт кореляції є статистично значущим, тобто зв'язок між ознаками не є випадковим.

Важливо звернути увагу студентів на те, що кореляційний аналіз визначає, (а) чи існує взаємозв'язок між змінними (ознаками, явищами) та (б) наскільки сильний цей зв'язок. Але він не пояснює, яка із змінних є причиною (фактором), а яка є наслідком, тобто наявність кореляції не означає наявності причинно-наслідкових зв'язків між змінними. Як приклад, на практичних занят-

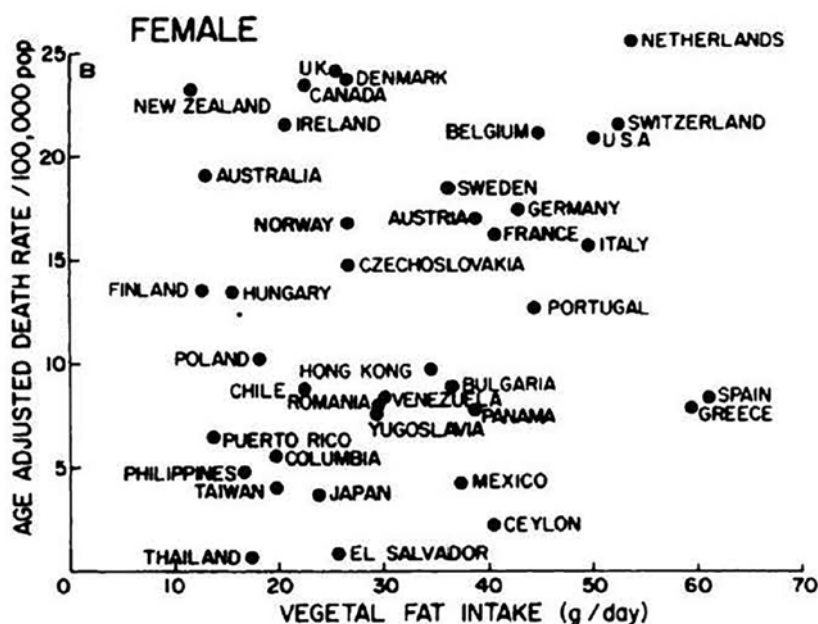
тях студентам пропонується розглянути такий навчальний кейс для роздумів, створений за матеріалами наукових джерел [18; 19]:

Кейс для роздумів:

Відомо, що існує кореляція між вмістом тваринного жиру в раціоні харчування жінок і смертністю від раку молочної залози. За даними деяких обсерваційних досліджень (наприклад, дослідження видатного американського вченого – дієтолога К.К. Carroll, див. рисунок «а», коефіцієнт такої кореляції дорівнює 0,9 за рівня значущості $\alpha = 0,001$ (тобто кореляція значуща) (рис. 3).



a)



б)

Рис. 3. Кореляція між вмістом тваринного жиру у раціоні харчування жінок та смертністю від раку молочної залози (за матеріалами статті К. К. Carroll)

За даними того самого дослідження (див. рисунок «б») *коефіцієнт кореляції між вмістом рослинного жиру в раціоні харчування та смертністю від раку молочної залози у жінок дорівнює 0,15 за рівня значущості $\alpha = 0,1$ (тобто вказана кореляція статистично незначуща).*

Питання: *Чи можна за даними подібних досліджень стверджувати, що тваринний жир сприяє розвитку раку молочної залози у жінок? Чи має така кореляція суто статистичний характер, чи це є проявом причинно-наслідкового зв'язку? Чи можна за даними подібних досліджень стверджувати, що канцерогенну дію створює саме тваринний жир, а не, наприклад, дисбаланс речовин у раціоні харчування?*

Після проходження вказаних навчальних кроків, за умови суттєвого кореляційного зв'язку, доцільно продовжити аналіз регресійним методом. Основне завдання такого етапу полягатиме у визначенні характеру зв'язку між сукупністю даних та побудовою математичної моделі такого зв'язку. Але для продовження аналізу за допомогою регресійного аналізу треба зі студентами спочатку обговорити проблему так званої хибної кореляції (коли наявність кореляції може бути пов'язана з впливом невідомого досліднику так званого прихованого фактора), наявність якої робить перехід до регресійного аналізу недоречним. В обговоренні можливості «хибної» кореляції треба знову звернути увагу студентів на біомедичний (фізіологічний, фармакологічний, біохімічний тощо) зміст даних, між якими виявлений кореляційний зв'язок. І це вже не просто питання статистики, а більше питання розуміння наукової суті зв'язків, що досліджуються.

Продовжуючи обговорення етапів кореляційно-регресійного аналізу, зазначимо, що в межах наших дисциплін студенти опановують однофакторний лінійний регресійний аналіз, який є відносно простим і найкращим методом для отримання базових уявлень про основні принципи статистичного моделювання. Методика застосування однофакторної (парної) лінійної регресії дає змогу визначити наявність впливу однієї факторної ознаки на результативну ознаку, для якої можна побудувати модель зв'язку між цими ознаками у вигляді лінійної функції. Мета лінійної регресії – знайти таку пряму лінію, яка найкраще описує дані. Для визначення найкращої лінії регресії використовується метод найменших квадратів, тобто підбирається така лінія регресії, щоб загальна сума квадратів відхилень значень залежної змінної була найменшою.

Лінію регресії можна застосовувати для прогнозування значень результативної ознаки відповідно

до значення фактора. Наприклад, прогностичне значення має коефіцієнт регресії, що характеризує зміну в середньому однієї величини за зміни іншої на певну одиницю виміру [1]. В умовах експерименту можна довільно змінювати значення незалежної змінної і реєструвати, як змінюється відповідна залежна змінна. Тоді досліджується саме причинно-наслідковий зв'язок.

Таким чином, запропонований нами алгоритм кореляційно-регресійного аналізу дає змогу досліднику, що аналізує свої експериментальні дані, визначити ступінь і знак кореляційного зв'язку, значущість кореляційного зв'язку, наявність чи відсутність хибної кореляції, оцінити величини незалежного впливу різних факторних ознак (предикторів) на результуючу ознаку, оцінити надійність прогностичної цінності регресійної моделі тощо. Усе це створює надійне підґрунтя для професійних висновків усього біомедичного дослідження, елементом якого є кореляційно-регресійний аналіз.

Обговорення результатів. Для підтвердження доцільності дослідження авторами було проведено опитування з приводу актуальності теми дослідження серед фахівців з фармакології та фармації, викладачів профільних кафедр медичного університету. Нижче наведені приклади запитань з анкети опитування. На питання: *«Чи вважаєте Ви актуальним та доцільним для студентів фармацевтичних факультетів вивчення питань кореляційно-регресійного аналізу (наприклад, у складі вибіркової дисципліни з математичної статистики)?»* – понад 90 відсотків респондентів дали позитивну відповідь. На питання: *«У чому Ви, як фахівець з фармації та фармакології, бачите насамперед актуальність вивчення студентами фармацевтичного фаху питань кореляційно-регресійного аналізу?»* – розподіл відповідей був такий:

– 60 відсотків респондентів указали такий фактор актуальності кореляційно-регресійного аналізу: *«Пошук методів збільшення ефективності фармакотерапії та зменшення побічних дій»;*

– по 20 відсотків: *«Розробка методів якісного та довготривалого збереження готової фармацевтичної продукції»* та *«Організація наукових фармакологічних досліджень».*

Окремі респонденти на друге питання додають як фактор актуальності використання кореляційно-регресійного аналізу: *«Розробка системи соціальної відповідальності фармацевтичного бізнесу».* Проведене нами, а також інші опитування не тільки підтверджують доцільність проведення дослідження з методологічних та методичних питань вивчення кореляційно-регресійного аналізу

Таблиця 2

Перелік типових методичних помилок під час використання кореляційно-регресійного аналізу та можливих методів їх корегування й виправлення

Характер помилки 	Метод виправлення 
Відсутність контент-аналізу стосовно доцільності використання кореляційно-регресійного аналізу (повністю або частково) для вирішення завдань всього дослідження	Розробка дизайну дослідження з урахуванням тих завдань, для вирішення яких дійсно потрібний саме кореляційно-регресійний аналіз (а не інші статистичні методи)
Відсутність аналізу типу даних та характеру їх розподілу для визначення коректного кореляційно-регресійного аналізу	Аналіз характеру даних (кількісні чи якісні, чи відповідають дані однорідній групі, лінійний чи нелінійний зв'язок між вибірками тощо)
Відсутність перевірки значущості коефіцієнта кореляції для кінцевого висновку	Оцінювання значущості коефіцієнта кореляції та порівняння з критичним значенням за заданої кількості ступенів вільності та рівня значущості
Відсутність аналізу характеру дослідження для кінцевого висновку про можливість (імовірність) причино-наслідкового зв'язку між вибірками	Урахування характеру дослідження (обсерваційне чи експериментальне) для впевненості про можливість відсутності чи наявності хибної кореляції
Відсутність аналізу щодо необхідності побудови моделі множинної регресії	Побудова моделі множинної регресії для визначення факторних ознак, що суттєво впливають на результуючу ознаку
Відсутність критичного фахового погляду на кінцеві результати кореляційно-регресійного аналізу	Експертне оцінювання результатів кореляційно-регресійного аналізу з погляду предметної (фахової) суті дослідження

студентами фармацевтичних факультетів, але й дають напрями для подальших досліджень (наприклад, навчальних кейсів для студентів). Дослідження, що було нами проведено, особистий досвід викладання вказаних тем біостатистики для студентів різного фахового напрямку медичного університету та багаторічне спілкування з молодими науковцями медичного університету, що проводять свої біомедичні дисертаційні дослідження, допомогло створити перелік типових методичних помилок під час викладання теми кореляційно-регресійного аналізу та сформулювати методи виправлення цих помилок (див. табл. 2).

Висновки:

1. Проведено аналіз методологічного значення кореляційно-регресійного аналізу для біомедичних досліджень (включно з фармакологічними та

фармацевтичними) та медичної освіти. Показано дидактичний потенціал вивчення кореляційно-регресійного аналізу для організації дизайну біомедичних досліджень згідно з концепцією доказової медицини та для формування у студентів медичних ЗВО компетентностей майбутнього дослідника в галузі медицини та фармакології.

2. Сформульовано послідовність навчальних етапів та зміст математичних процедур для вивчення теми кореляційно-регресійного аналізу студентами перших курсів медичних ЗВО.

3. Проведено аналіз методичних помилок під час можливого використання кореляційно-регресійного аналізу біомедичних даних і запропоновані методичні засоби їх корегування та виправлення.

Автори висловлюють вдячність доценту В.Г. Гур'янову за участь у дискусії та обговоренні результатів статті.

Список літератури:

1. Біостатистика : підручник / Грузєва Т. С., Лехан В. М., Огнев В. А. та ін. ; за заг. ред. Грузєвої Т. С. Вінниця : Нова Книга, 2020. 384 с.
2. Ton J. Cleophas, Aeilko H. Zwinderman. Regression Analysis in Medical Research, 2nd Edition, Springer Cham, 2021. P. 471.
3. Посібник з біостатистики. Аналіз результатів медичних досліджень у пакеті EZR (R-statistics) : навч. посіб. / В. Г. Гур'янов та ін. Київ : Вістка, 2018. 208 с.

4. De Muth, J.E. Basic Statistics and Pharmaceutical Statistical Applications, 3rd Edition, Chapman and Hall/CRC, 2014. P. 847.
5. Чалий О. В., Стучинська Н. В., Меленевська А. В. Вища математика : навч. посібник для студентів вищих медичних і фармацевтичних навчальних закладів. Київ : Техніка, 2001. 204 с.
6. Zablotska O., Kyrytchuk I., Shcherba N., & Nikolaieva I. Assessment of correlation relationships between the level of mortality of the population of Zhytomyr region of Ukraine from non-infectious diseases and sanitary-chemical indicators of safety and quality of drinking water. *Medicni Perspektivi*. 2023. Vol. 28, No. 1. P. 161–167. <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2023.1.276204>.
7. Заремба О. В., Манецька О. М., Хамуляк Х. М., Сало В. М. Регресійний аналіз факторів ризику серцево-судинних захворювань і стану коронарних судин у пацієнтів з ішемічною хворобою серця в поєднанні із тривожно-депресивними розладами. *Практикуючий лікар*. 2022. Т. 11, № 4. С. 35–39. URL: <https://plr.com.ua/index.php/journal/article/view/733> (дата звернення: 20.04.2025).
8. Секрет Т. В., Власенко М. В. Кореляційні зв'язки та моделі прогнозування ризику розвитку порушень вуглеводного обміну та серцево-судинних захворювань у пацієнтів з надлишковою масою тіла. *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2024. Т. 28, № 3. С. 420–424. DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2024-28(3)-08.
9. Проценко Г. О., Дубас В. В. Оцінка ефективності та безпеки хворобомодифікуючих антиревматичних препаратів при системному червоному вовчаку. *Український ревматологічний журнал*. 2022. № 2. С. 1–6. DOI: 10.32471/rheumatology.2707-6970.88.16975.
10. Nehoda T., Polova Z. Methodological approaches to the formation of an optimal range of antidepressants for the inpatient treatment of martial law mental disorders. *Health & Education*. 2024. No. 1. P. 113–115. <https://doi.org/10.32782/health-2024.1.15>.
11. Кучер П. В., Юнькова О. О. Моделювання динаміки ринку лікарських засобів на прикладі препарату від варикозу. *Вісник ХДУ Серія Економічні науки*. 2020. № 40. С. 73–81. <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2020-40-13>.
12. Котвіцька А. А., Костюк В. Г. Дослідження впливу соціально-економічних факторів на динаміку розвитку потенціалу фармацевтичного ринку в умовах конкуренції. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. 2017. № 3 (25). С. 329–334. DOI: 10.14739/2409-2932.2017.3.113621.
13. Демченко Н. В., Олійник Ю. С. Формування стратегії управління сучасним фармацевтичним підприємством: маркетингово-орієнтований підхід. *Менеджмент та маркетинг у складі сучасної економіки, науки, освіти, практики : матеріали XI міжнар. наук.-практ. дистанційної конф., м. Харків, 21 берез. 2024 р.* Харків : НФаУ, 2024. С. 218–224. URL: <https://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/32716/1/218-224.pdf> (дата звернення: 20.04.2025).
14. Lu Y, Kim S, Park K. In vitro-in vivo correlation: perspectives on model development. *Int J Pharm*. 2011. Vol. 418 (1). P. 142–148. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2011.01.010.
15. Koleva E., Paneva T., Tzotchev V. Stability shelf life estimation using linear regression models, *Science, Engineering & Education*. 2016. No. 1. P. 106–112. URL: https://see.uctm.edu/node/jsee2016-1/18-E_Koleva_106-112.pdf (дата звернення: 20.04.2025).
16. Gruziova T.S., Stuchynska N.V., & Inshakova H.V. Research on the effectiveness of teaching biostatistics of future physicians. *Wiadomosci lekarskie*. 2020. Vol. 73, issue 10. P. 2227–2232. DOI: 10.36740/WLek202010123.
17. Голованова І. А., Белікова І. В., Ляхова Н. О. Основи медичної статистики : навч. посіб. для аспірантів та клінічних ординаторів. Полтава. 2017, 113 с.
18. Carrol K.K. Experimental evidence of dietary factors and hormone-dependent cancers. *Cancer Res*. 1975. Vol. 35 (11). Pt. 2. P. 3374–83. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1104150/>.
19. Glantz, S. Primer of Biostatistics. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York. 1987. 224 p.

References:

1. Hruziova, T.S., Lekhan, V.M., Ohniev, V.A. et al. (2020). Biostatystyka: pidruchnyk [Biostatistics: textbook] (T. Hruziova, Red.) Vinnytsia: Nova Knyha [in Ukrainian].
2. Cleophas, Ton J., Zwinderman, Aeilko H. (2021). Regression Analysis in Medical Research (2nd Edition). Springer Cham.
3. Hurianov, V.H. et al. (2018). Posibnyk z biostatystyky. Analiz rezultativ medychnykh doslidzhen u paketi EZR (R-statistics): navch. posib. [Biostatistics Guide: Analyzing Medical Research Results in EZR (R-statistics): textbook] Kyiv: Vistka, 208 p. [in Ukrainian].
4. De Muth, J.E. (2014) Basic Statistics and Pharmaceutical Statistical Applications (3rd Edition). Chapman and Hall/CRC.
5. Chalyi, O.V., Stuchynska, N.V., Melenievska, A.V. (2001). Vyshcha matematyka: navch. posibnyk dlia studentiv vyshchykh medychnykh i farmatsevtichnykh navchalnykh zakladiv [Higher mathematics: a textbook for students of higher medical and pharmaceutical educational institutions]. Kyiv: Tekhnika [in Ukrainian].
6. Zablotska, O., Kyrytchuk, I., Shcherba, N., & Nikolaieva, I. (2023). Assessment of correlation relationships between the level of mortality of the population of Zhytomyr region of Ukraine from non-infectious diseases and sanitary-chemical indicators of safety and quality of drinking water. *Medicni perspektivi*, 28 (1), 161–167. <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2023.1.276204>.
7. Zaremba, O.V., Manetska, O.M., Khamuliak, Kh.M., Salo, V.M. (2022). Rehresiyni analiz faktoriv ryzyku sertsevo-sudynnykh zakhvoriuvan i stanu koronarnykh sudyn u patsientiv z ishemichnoiu khvoroboiou sertsia v poiednanni iz tryvozhno-depresyvnymy rozladamy [Regression analysis of risk factors for cardiovascular disease and coronary artery disease in patients with ischemic heart disease combined with anxiety and depressive disorders]. *Praktykuiuchy likar*, 11 (4), 35–39. Retrieved from: <https://plr.com.ua/index.php/journal/article/view/733> [in Ukrainian].

8. Sekret, T.V., Vlasenko, M.V. (2024) Koreliatsiini zviazky ta modeli prohnozuvannia ryzyku rozvytku porushen vuhlevodnoho obminu ta sertsevo-sudynnykh zakhvoriuvan u patsientiv z nadlyshkovoiu masoiu tila [Correlation links in a risk model for carbohydrate metabolism disorders and cardiovascular disease in overweight patients]. *Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho medychnoho universytetu*, 28 (3), 420–424 DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2024-28(3)-08 [in Ukrainian].
9. Protsenko, H.O., Dubas, V.V. (2022) Otsinka efektyvnosti ta bezpeky khvorobomodyfikuiuchykh antyrevmatychnykh preparativ pry sytemnomu chervonomu vovchaku [Evaluation of the efficacy and safety of disease-modifying antirheumatic drugs in systemic lupus erythematosus]. *Ukrainskyi revmatolohichnyi zhurnal*, (2), 1–6. DOI: 10.32471/rheumatology.2707-6970.88.16975 [in Ukrainian].
10. Nehoda, T., Polova, Z. (2024). Methodological approaches to the formation of an optimal range of antidepressants for the inpatient treatment of martial law mental disorders. *Health & Education*, (1), 113–115: <https://doi.org/10.32782/health-2024.1.15>.
11. Kucher, P.V., Yunkova, O.O. (2020). Modeliuvannia dynamiky rynku likarskykh zasobiv na prykladi preparatu vid varykozu [Modeling the dynamics of the pharmaceutical market using the example of a drug for varicose veins]. *Visnyk KhDU Seriya Ekonomichni nauky*, (40), 73–81. <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2020-40-13> [in Ukrainian].
12. Kotvitska, A.A., Kostyuk, V.H. (2017). Doslidzhennia vplyvu sotsialno-ekonomichnykh faktoriv na dynamiku rozvytku potentsialu farmatsevychnoho rynku v umovakh konkurentsii [The study of socio economic factors' influence on the capacity dynamics of the pharmaceutical market in contracting conditions]. *Aktualni pytannia farmatsevychnoi i medychnoi nauky ta praktyky*, (3), 329–334. DOI: 10.14739/2409-2932.2017.3.113621 [in Ukrainian].
13. Demchenko, N.V., Oliynyk, Yu.S. (2024). Formuvannia stratehii upravlinnia suchasnym farmatsevychnym pidpriemstvom: marketynhovo-orientoivanyi pidkhid [Formation of a management strategy for a modern pharmaceutical enterprise: a marketing-oriented approach]. *Menedzhment ta marketynh u skladi suchasnoi ekonomiky, nauky, osvity, praktyky: materialy XI mizhnar. nauk.-prakt. dystantsiinoi konf., m. Kharkiv, 21 berez. 2024 r.* Kharkiv NFaU, 218–224. Retrieved from: <https://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/32716/1/218-224.pdf> [in Ukrainian].
14. Lu, Y., Kim S., Park K. (2011). In vitro-in vivo correlation: perspectives on model development. *Int J Pharm*, 418 (1), 142–148. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2011.01.010.
15. Koleva, E., Paneva, T., Tzotchev, V. (2016). Stability shelf life estimation using linear regression models, *Science, Engineering & Education*, (1), 106–112. https://see.uctm.edu/node/jsee2016-1/18-E_Koleva_106-112.pdf.
16. Gruziova, T.S., Stuchynska, N.V., & Inshakova, H.V. (2020). Research on the effectiveness of teaching biostatistics of future physicians. *Wiadomosci lekarskie*, 73 (10), 2227–2232. DOI: 10.36740/WLek202010123.
17. Holovanova, I.A., Bielikova, I.V., Liakhova, N.O. (2017). Osnovy medychnoi statystyky: navch. posib. dlia aspirantiv ta klinichnykh ordynatoriv [Fundamentals of medical statistics: a textbook for graduate students and clinical residents]. Poltava [in Ukrainian].
18. Carrol, K.K. (1975). Experimental evidence of dietary factors and hormone-dependent cancers. *Cancer Res*, 35 (11), 3374–83. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1104150/>.
19. Glantz, S. (1987). *Primer of Biostatistics* (2nd Edition), New York: McGraw-Hill.