



Теорія і методика професійної освіти

УДК 001.891:37.09

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17111716>

Застосування методу найменших квадратів у середовищі Excel для аналітичного і навчального моделювання

Гетьман Ірина Анатоліївна

к.т.н., доцент, доцент кафедри цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»,

Україна, м. Запоріжжя, Південне шосе, 80, 69008; доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій Донбаська державна машинобудівна академія, Україна, м. Тернопіль (м. Краматорськ), Федьковича, 9, 46001;

<https://orcid.org/0000-0003-1835-4256>

Держевецька Марина Анатоліївна

к.е.н., доцент кафедри цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Україна, м. Запоріжжя, Південне шосе, 80, 69008; <https://orcid.org/0000-0002-9952-4992>

Прийнято: 02.09.2025 | Опубліковано: 13.09.2025

***Анотація:** У статті розглянуто застосування методу найменших квадратів у середовищі Microsoft Excel для аналітичного та навчального моделювання. **Метою** дослідження є оцінювання інструментальних можливостей Excel у реалізації регресійного аналізу, визначення його переваг і обмежень у порівнянні з іншими цифровими платформами, а також розробка методичних рекомендацій для підвищення ефективності використання у навчальному процесі. **Методи** аналізу охоплюють опрацювання наукових джерел з проблематики математичного моделювання, вивчення функціональних*



можливостей Excel (LINEST, TREND, FORECAST, побудова трендліній, модуль Data Analysis Toolpak), а також практичну перевірку ефективності їх використання на емпіричній вибірці. Для апробації методу було побудовано лінійну регресійну модель, оцінено параметри рівняння, коефіцієнт детермінації, залишки та середньоквадратичне відхилення похибок. **Результати** дослідження довели, що Excel забезпечує повний цикл реалізації МНК: від підготовки даних і побудови моделей до аналізу їхньої точності та візуалізації результатів. Встановлено, що Excel може виступати ефективним інструментом для формування прикладної аналітичної грамотності здобувачів освіти, розвитку їхніх навичок критичного мислення та інтеграції знань з математики, інформатики та економіки. **Висновки** дослідження підкреслюють доцільність використання Excel як навчальної платформи для опанування регресійного аналізу методом найменших квадратів. Доступність цього програмного забезпечення, простота реалізації та візуалізаційні можливості визначають його значний потенціал у підготовці студентів економічних, технічних та природничих спеціальностей. Разом із тим виявлені обмеження у перевірці статистичних припущень вказують на перспективність подальших досліджень, спрямованих на порівняння результатів регресійного аналізу в Excel і спеціалізованих середовищах (R, Python, SPSS), а також на створення інтегрованих навчальних кейсів для багатofакторних і нелінійних моделей.

Ключові слова: метод найменших квадратів; регресійний аналіз; статистичне моделювання; апроксимація; економетрія; прогнозування.

The Application of the Least Squares Method in Excel for Analytical and Educational Modeling

Getman Iryna

Ph.D, Associate Professor of Digital Technologies and Project Decision Analysis, «Technical University «METINVEST POLYTECHNIC», METINVESTHOLDING LLC, 80, Pivdenne Hwy, Zaporizhzhia, 69008; Associate Professor of the Department of Computer Information Technologies, Donbas State Machine-Building Academy, Ukraine, 9 Fedkovych Street, Ternopil (Kramatorsk), Ukraine, 41009; <https://orcid.org/0000-0003-1835-4256>

Derzhevetska Maryna

Ph.D, Associate Professor of Digital Technologies and Project Decision Analysis, «Technical University «METINVEST POLYTECHNIC», METINVESTHOLDING LLC, 80, Pivdenne Hwy, Zaporizhzhia, 69008; <https://orcid.org/0000-0002-9952-4992>

Abstract: *The article examines the application of the least squares method in the Microsoft Excel environment for analytical and educational modeling. **The purpose** of the research is to assess the instrumental capabilities of Excel in performing regression analysis, to identify its advantages and limitations in comparison with other digital platforms, and to develop methodological recommendations for improving its effectiveness in the educational process. **The methods** of analysis include a review of scientific literature on mathematical modeling, an exploration of Excel's functional tools (LINEST, TREND, FORECAST, trendline construction, and the Data Analysis Toolpak), as well as a practical evaluation of their effectiveness on an empirical dataset. For the approbation of the method, a linear regression model was constructed, with an assessment of the equation parameters, the coefficient of determination, residuals, and the standard error of estimate. **The results** of the research demonstrated*

*that Excel provides a full cycle of least squares implementation: from data preparation and model construction to the evaluation of their accuracy and visualization of results. It was established that Excel can serve as an effective tool for developing applied analytical literacy among students, enhancing their critical thinking skills, and integrating knowledge of mathematics, informatics, and economics. **The conclusions** emphasize the feasibility of using Excel as an educational platform for mastering regression analysis through the least squares method. The accessibility of this software, the simplicity of implementation, and the visualization capabilities determine its significant potential in training students of economic, technical, and natural sciences specialties. At the same time, the identified limitations in verifying statistical assumptions highlight the prospects for further research aimed at comparing regression analysis results in Excel with those obtained in specialized environments (R, Python, SPSS), as well as at developing integrated educational cases for multifactor and nonlinear models.*

Keywords: *least squares method; regression analysis; statistical modeling; approximation; econometrics; forecasting.*

Постановка проблеми. Із зростанням ролі цифрових технологій та даних у наукових дослідженнях, освіті та практиці особливого значення набувають методи математичного моделювання, що дозволяють встановлювати і кількісно описувати взаємозв'язки між змінними. Серед таких методів ключову роль відіграє метод найменших квадратів (МНК), який забезпечує побудову оптимальної моделі залежності між однією або кількома незалежними змінними та залежною змінною на основі емпіричних даних.

МНК широко застосовується в економіці, соціології, інженерії, біостатистиці та інших галузях, де виникає потреба в аналізі причинно-наслідкових зв'язків. Його привабливість полягає в простоті реалізації, інтерпретації результатів і гнучкості застосування як до лінійних, так і до певних типів нелінійних моделей. Історично метод був запропонований Карлом

Фрідріхом Гауссом на початку XIX століття й відтоді став класичним інструментом у статистиці та економетриці.

Незважаючи на наявність потужного програмного забезпечення для статистичного аналізу (таких як R, Python, SPSS тощо), Microsoft Excel залишається найбільш доступним інструментом для початкового моделювання, особливо в освітньому процесі. Його функціональні можливості – LINEST, TREND, FORECAST, побудова трендліній, застосування інструментів аналізу даних – дозволяють реалізовувати повноцінні етапи регресійного аналізу. Водночас, через відсутність систематизованих методичних рекомендацій, можливості Excel у цій сфері часто недооцінюються або використовуються фрагментарно.

Це створює наукову та методичну проблему, пов'язану з необхідністю глибшого аналізу інструментального потенціалу Excel для реалізації МНК, перевірки точності одержуваних результатів і обґрунтування доцільності його використання як у прикладному аналізі, так і в навчальному процесі.

Таким чином, актуальність даного дослідження полягає у потребі розробки практично орієнтованого підходу до використання Excel як інструменту для регресійного аналізу з використанням МНК. Це дозволить не лише підвищити ефективність навчання методам аналізу даних, але й сформувати у здобувачів освіти навички роботи з аналітичними інструментами в умовах обмежених ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод найменших квадратів (МНК) тривалий час залишається базовим інструментом статистичного аналізу. Значна кількість досліджень присвячена як теоретичним основам МНК, так і його практичному застосуванню в цифрових середовищах. На сучасному етапі особливу увагу приділяють інструментальній реалізації методу у табличних процесорах, зокрема у Microsoft Excel, який завдяки доступності та функціональності активно використовується як у професійній діяльності, так і в освітньому процесі.

Зокрема, у роботах Frost J. [1] та Segal T. [2] докладно розглянуто етапи побудови регресійної моделі в Excel із використанням інструменту Data Analysis Toolpak, функцій LINEST, FORECAST, TREND, а також побудови графічних трендліній та оцінки достовірності моделі за коефіцієнтом детермінації R^2 . Автори наголошують на простоті реалізації методу та ефективності Excel у початковому регресійному аналізі.

Kemmer G. і Keller S. [3] аналізують застосування Excel для нелінійного апроксимування, зокрема за допомогою Solver, і демонструють точність наближення функцій до реальних даних. Робота Glasser [4] розширює тему, демонструючи реалізацію методу Демінга (двостороннє МНК) в Excel, що дозволяє працювати з похибками в обох змінних.

У роботі Yavuz F. [5] проведено критичний аналіз переваг і недоліків Excel як інструменту для регресійного аналізу. Автор підкреслює обмежену можливість перевірки статистичних припущень (нормальності залишків, автокореляції тощо), але визнає високу ефективність цього програмного продукту в навчальних цілях. Інші джерела, зокрема [6; 7; 8], надають прикладні інструкції з реалізації МНК в Excel, з покроковими описами побудови моделей і практичними порадами щодо візуалізації результатів.

У вітчизняній науково-методичній літературі метод найменших квадратів розглядається переважно як частина загальних курсів з математичної статистики, економетрики або прикладної інформатики. Значна увага приділяється теоретичному обґрунтуванню методу, тоді як його реалізація в табличних процесорах, зокрема в Microsoft Excel, подається фрагментарно або в межах окремих практичних прикладів.

У посібнику Ковальова С.Ф. «Прикладна статистика в економіці» [9] наведено класичний підхід до МНК у контексті побудови лінійних та поліноміальних моделей, а також описано основні статистичні характеристики, що дозволяють оцінити якість побудованої моделі. Хоча реалізація в Excel

згадується, вона розглядається лише як допоміжний інструмент без повної автоматизації аналітичного процесу.

Пирожков С.І. у своєму посібнику «Аналіз даних у Microsoft Excel» [10] приділяє окрему увагу функціям LINEST, TREND, FORECAST та описує приклади побудови регресійних моделей. Автор детально зупиняється на практичних аспектах роботи в Excel, що має важливе значення для підготовки студентів економічних та технічних спеціальностей.

У навчальному посібнику Данилюка А.Ю. та Мокіна Б.І. «Інженерна статистика» [11] представлено статистичні методи аналізу даних у прикладному інженерному контексті. Автори згадують застосування табличних систем, включаючи Excel, проте не подають покрокових методик реалізації МНК, обмежуючись теоретичними побудовами.

Окрему увагу слід звернути на праці викладачів кафедр вищої математики та прикладної інформатики українських ЗВО, зокрема публікації у фахових журналах «Вища освіта України», «Інформаційні технології і засоби навчання» та матеріали конференцій із дидактики цифрових технологій, де Excel розглядається як базовий інструмент для навчання елементів аналізу даних [12-15].

У статті Пріщенко О., Черемської Н. та Черногора Т. розглянуто використання методів кореляційного та регресійного аналізу для побудови математичних моделей у прикладних дослідженнях із застосуванням інструментів Excel [16]. Vuzrul S. проаналізував переваги та недоліки використання Excel для регресійного аналізу, зокрема простоту реалізації моделей і обмеження у перевірці статистичних припущень. Автор підкреслює, що Excel є ефективним інструментом для навчальних і прикладних цілей, хоча у складних дослідженнях доцільніше застосовувати спеціалізовані програми [17]. У статті Laverty W. і Kelly I. досліджено вплив порушення статистичних припущень на результати простої лінійної регресії та кореляційного аналізу в середовищі Excel. Автори показують, як відхилення від нормальності чи

наявність автокореляції можуть змінювати достовірність моделей і висновків [18].

Голячук Н. і Талах Т. у своїй праці довели, що інструменти Excel дозволяють ефективно реалізовувати регресійний аналіз та метод найменших квадратів у прикладних і навчальних завданнях, підвищуючи аналітичну грамотність користувачів [19]. У дослідженні Шматкової Д. подано огляд можливостей програмних продуктів Excel, STATISTICA та SPSS у контексті реалізації дидактичної редукції для навчання статистичних методів. Автор акцентує на функціональності Excel як доступного інструменту для побудови регресійних моделей і застосування методу найменших квадратів у освітньому процесі [20]. У статті Миговича А. та Лапача С. проаналізовано типові помилки, що виникають у роботі Microsoft Excel під час статистичних розрахунків. Автори звертають увагу на обмеження використання програми для регресійного аналізу та методу найменших квадратів, підкреслюючи необхідність критичної перевірки результатів у навчальній і прикладній практиці [21].

Проте, аналітичне порівняння точності моделей, побудованих в Excel, з результатами, отриманими за допомогою інших платформ (R, Python), як і структуровані методичні підходи до інтеграції Excel у викладання дисциплін, залишаються практично відсутніми. Це свідчить про наявність невирішеного методичного і науково-організаційного завдання.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз наукових публікацій і методичних джерел свідчить про те, що існує розрив між працями, які акцентують увагу на теоретичних і формальних аспектах методу найменших квадратів (МНК), та дослідженнями, що зосереджуються виключно на технічній реалізації регресійного аналізу в середовищі Excel. У більшості випадків роботи або подають математичне обґрунтування методу без прикладної реалізації, або описують інструменти Excel без врахування статистичних припущень та методологічних принципів моделювання.



Попередні дослідження містять окремі цінні рекомендації щодо застосування функцій LINEST, TREND, побудови трендліній, використання Data Analysis Toolpak тощо. Проте, ці підходи залишаються фрагментарними, не забезпечуючи цілісної методики реалізації МНК, що охоплює підготовку даних, побудову моделі, перевірку якості апроксимації та аналіз залишків. Також обмежено досліджено, наскільки результати, отримані в Excel, можуть бути репрезентативними у наукових або прикладних дослідженнях у порівнянні з іншими програмними середовищами.

Потенційний внесок цієї статті полягає у формуванні інтегрованого підходу до застосування методу найменших квадратів у середовищі Microsoft Excel, який враховує як статистичні вимоги, так і особливості інструментів Excel. У межах цього підходу пропонуються структуровані методичні рекомендації, що поєднують етапи побудови регресійної моделі, верифікації результатів та практичне використання у навчальному процесі. Це дозволить забезпечити більш ефективно впровадження Excel у системи вищої освіти, а також підвищити аналітичну грамотність здобувачів освіти.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою цієї статті є розробка системного підходу до застосування методу найменших квадратів у середовищі Microsoft Excel, який інтегрує статистичні принципи моделювання з сучасними цифровими інструментами обробки даних, з урахуванням освітніх і прикладних завдань аналітики.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання: проаналізувати сучасні публікації, що стосуються реалізації регресійного аналізу методом найменших квадратів, з акцентом на використання програмного середовища Excel, а також дослідження, присвячені методичним підходам до викладання статистичного моделювання; визначити ключові інструменти Excel, які дозволяють ефективно реалізувати МНК-аналіз (зокрема, функції LINEST, TREND, FORECAST, побудову трендліній, інструменти Data Analysis Toolpak), та оцінити їх переваги і обмеження порівняно з іншими програмними платформами; дослідити точність

побудованих моделей у середовищі Excel на прикладі емпіричних даних, а також можливості візуалізації результатів, аналізу залишків та оцінки якості апроксимації; сформулювати методичні рекомендації щодо використання Excel у навчальному процесі як засобу вивчення методів регресійного аналізу, з урахуванням рівня підготовки здобувачів освіти та можливостей освітнього середовища; запропонувати покроковий алгоритм виконання регресійного аналізу в Excel із використанням МНК, який може бути впроваджений у практичну та навчальну діяльність для підвищення аналітичної грамотності.

Реалізація зазначених завдань дозволить подолати розрив між теоретичними знаннями з математичної статистики та практичними навичками роботи з цифровими аналітичними інструментами, а також сприятиме більш широкому використанню Excel у системі професійної підготовки аналітиків, інженерів та економістів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Метод найменших квадратів (МНК) є фундаментальним інструментом регресійного аналізу, що широко застосовується для встановлення кількісної залежності між змінними. Він базується на принципі мінімізації суми квадратів залишків між фактичними й модельними значеннями залежної змінної [9; 11].

У класичному вигляді проста лінійна регресія має вигляд:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$$

де Y – прогнозоване значення, X – незалежна змінна, β_0 і β_1 – параметри моделі. Задача МНК полягає в знаходженні таких значень β_0 і β_1 , що мінімізують функціонал:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2$$

Метод є основоположним у статистиці та економетриці, а також у прикладних галузях, таких як інженерія, біомедицина й освіта [9; 10; 11].

Сьогодні, в умовах цифровізації, особливої актуальності набуває реалізація методу МНК у середовищах обробки табличних даних, зокрема в Microsoft Excel. Саме Excel завдяки своїй доступності та інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу використовується в навчальному процесі та початковому аналітичному моделюванні [1; 5; 6]. Він забезпечує реалізацію як базових, так і більш складних типів регресійних моделей, включаючи поліноміальні й нелінійні апроксимації [3].

Переваги Excel полягають у:

- наявності спеціалізованих функцій: LINEST, TREND, FORECAST.LINEAR;
- можливості побудови трендліній безпосередньо на графіках;
- підтримці пакету Data Analysis Toolpak, який забезпечує повний регресійний звіт із аналітичними характеристиками моделі (R^2 , залишки, ANOVA тощо) [1; 7; 10].

У методичних працях акцентується, що використання Excel сприяє формуванню прикладної аналітичної грамотності здобувачів освіти, особливо у технічних та економічних спеціальностях [13; 14; 15]. Освітні кейси з побудови моделей за допомогою Excel демонструють ефективність поєднання теоретичних основ статистики з практикою цифрової обробки даних [10; 13].

Для апробації методу найменших квадратів було згенеровано вибірку з 100 спостережень, які відображають залежність результатів тестування студентів (змінна Y) від кількості годин підготовки (X). Вхідні дані наведено у вигляді двох стовпців у Microsoft Excel.

Застосовуючи функцію =LINEST(Y ; X ; TRUE; TRUE), отримано модель:

$$Y=4,56X+39,49.$$

Це означає, що кожна додаткова година підготовки асоціюється в середньому з підвищенням результату тестування на 4,56 бали.

Результати оцінювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Аналітичні характеристики побудованої регресійної моделі

Показник	Значення
Кількість спостережень (n)	100
Оцінка коефіцієнта нахилу (β_1)	4,56
Оцінка вільного члена (β_0)	39,49
Коефіцієнт детермінації (R^2)	0,9685
Середнє значення залишків	0,000
Середньоквадратичне відхилення залишків	4,53

Джерело: власна розробка авторів

Коефіцієнт детермінації $R^2=0,9685$ свідчить про високу пояснювальну здатність моделі. Низьке середньоквадратичне відхилення залишків вказує на малу дисперсію похибок прогнозу.

Візуалізація результатів

На рисунку 1 подано:

- графік регресійної прямої з фактичними даними;
- графік залишків, що демонструє їх випадковість та відсутність систематичних відхилень.

систематичних відхилень.

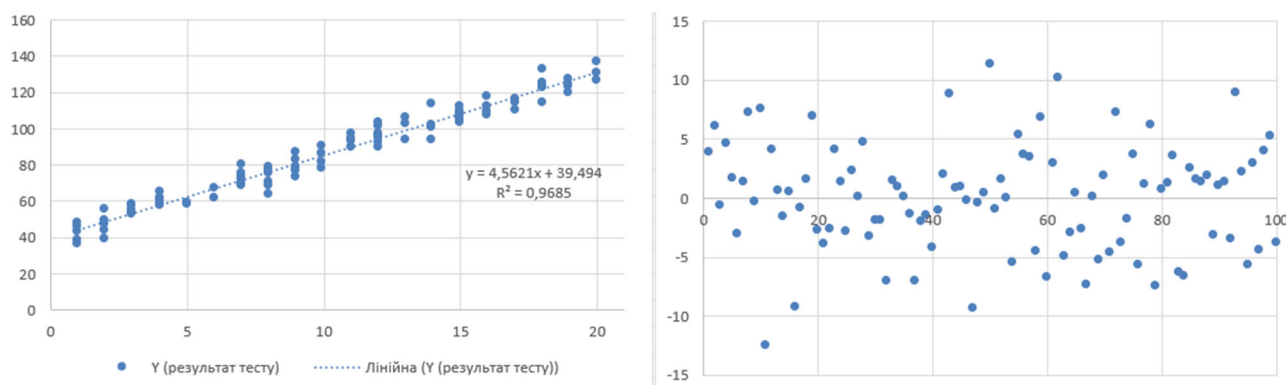


Рисунок 1 – Регресійна модель і графік залишків у Excel

Зліва: результати тестування та трендлінія.

Справа: залишки, які не демонструють автокореляції чи гетероскедастичності.

Реалізація МНК у середовищі Excel є особливо ефективною в умовах навчання. Вона дозволяє:

- пояснювати складні статистичні концепти через наочні приклади;
- забезпечити практичну інтеграцію знань з математики, інформатики та професійної дисципліни;
- формувати критичне ставлення до результатів аналізу та перевірки моделей.

Інструменти Excel, незважаючи на свою доступність, дозволяють реалізувати повний цикл моделювання – від збору даних до побудови аналітичних висновків.

Висновки. Результати проведеного дослідження підтверджують ефективність використання методу найменших квадратів у середовищі Microsoft Excel для побудови регресійних моделей в умовах як навчального, так і прикладного аналітичного середовища.

Метод найменших квадратів, що має глибоке теоретичне підґрунтя, завдяки доступності інструментів Excel (функції LINEST, TREND, FORECAST, модуль Data Analysis Toolpak, побудова трендліній) набуває прикладного значення в підготовці студентів технічних, економічних та природничих спеціальностей. Практична реалізація МНК дозволяє здійснити повний цикл аналізу: від введення емпіричних даних до побудови, оцінки та інтерпретації моделі, а також перевірки її якості через аналіз залишків і коефіцієнтів регресії.

Високе значення коефіцієнта детермінації та низька дисперсія залишків у дослідницькому прикладі свідчать про відповідність обраної моделі реальним даним. Це підтверджує, що Excel здатен забезпечити достовірні результати регресійного аналізу, порівнянні з іншими спеціалізованими платформами, особливо на початкових етапах моделювання.

Розроблений підхід до використання Excel у навчальному процесі сприяє формуванню в студентів практичних навичок роботи з аналітичними даними, розвитку критичного мислення та інтеграції математичних знань у професійну

діяльність. Це особливо актуально для освітніх програм, орієнтованих на аналіз даних, цифрову трансформацію та управління інформацією.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на порівняння точності моделей, побудованих у різних середовищах (R, Python, SPSS), а також на розробку інтегрованих кейсів із використанням багатofакторного та нелінійного аналізу в Excel для цілей професійної освіти.

Список використаних джерел

1. Frost J. How to Perform Regression Analysis using Excel. URL: <https://statisticsbyjim.com/regression/regression-analysis-excel/> (дата звернення: 17.08.2025)
2. Segal T. Linear and Multiple Regression in Excel. *Investopedia*. URL: <https://www.investopedia.com/ask/answers/062215/how-can-i-run-linear-and-multiple-regressions-excel.asp> (дата звернення: 17.08.2025)
3. Kemmer G., Keller S. Nonlinear Least-Squares Data Fitting in Excel Spreadsheets. *BMC Bioinformatics*. URL: <https://www.researchgate.net/publication/41409254> (дата звернення: 19.08.2025)
4. Glasser L. Deming Regression: Least-Squares Analysis with Errors in Both X and Y Data and a Simple Spreadsheet Implementation. URL: <https://www.researchgate.net/publication/384481761> (дата звернення: 19.08.2025)
5. Yavuz F. On The Pros and Cons of Using Excel for Regression Analysis. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*. 2022. Vol. 10, No. 3. URL: <https://agrifoodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/6931> (дата звернення: 20.08.2025)
6. Real Statistics Using Excel: Method of Least Squares. URL: <https://real-statistics.com/regression/least-squares-method/> (дата звернення: 20.08.2025)
7. Microsoft Support. LINEST function. URL: <https://support.microsoft.com/en-us/office/linest-function-84d7d0d9-6e50-4101-977a-fa7abf772b6d> (дата звернення: 20.08.2025)



8. Predictive Modeling in Excel | Create a Linear Regression Model. *Analytics Vidhya*. URL: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/06/predictive-modeling-excel-linear-regression/> (дата звернення: 21.08.2025)
9. Ковальов С.Ф. Прикладна статистика в економіці: навч. посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 248 с.
10. Пирожков С.І. Аналіз даних у Microsoft Excel: навч. посібник. Київ: НАУ, 2021. 216 с.
11. Данилюк А.Ю., Мокін Б.І. Інженерна статистика : навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2020. 304 с.
12. Крук Г.М. Основи аналізу даних з використанням табличного процесора Excel : навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 184 с.
13. Таран В.М. Методика навчання статистичних методів аналізу даних із застосуванням Excel. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2021. №3 (83). С. 45–51.
14. Пилипчук В.М. Практичні аспекти викладання математичної статистики із застосуванням MS Excel. *Вісник ХНУ*. Серія: Математика. Статистика. 2020. №28. С. 112–117.
15. Савчук І.В. Використання табличного процесора Excel для формування компетентностей з аналізу даних. *Вища освіта України*. 2022. №1. С. 78–84.
16. Пріщенко, О., Черемська, Н., Черногор, Т. Побудова математичних моделей за допомогою методів кореляційного і регресійного аналізу. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, (2), 29–36. URL: <http://idnrs.khpi.edu.ua/article/download/249768/248369>
17. Buzrul, S. On the pros and cons of using Excel for regression analysis. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 12(2), 2234–2241. URL: <https://agrifoodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/6931>



18. Laverty, W. H., & Kelly, I. W. Exploring the effects of assumption violations on simple linear regression and correlation using Excel. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 10(4), 123–130. URL: <https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.ajtas.20211004.13>
19. Голячук, Н. В., & Талах, Т. А. Економічна аналітика з використанням функцій прогнозування MS Excel. *Економічний форум*, 1(4), 129–138. URL: https://scholar.archive.org/work/23kkegrnf5edji5ahxrc6uybpi/access/wayback/http://e-forum.lntu.edu.ua/index.php/ekonomichnyy_forum/article/download/260/250
20. Шматков, Д. І. Огляд програмних продуктів для реалізації дидактичної редукції: EXCEL, STATISTICA, SPSS. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*, (66), 29–41. URL: <https://periodicals.karazin.ua/education/article/download/25491/22919>
21. Мигович, А. В., & Лапач, С. М. Деякі помилки в роботі Microsoft Excel. *Інновації молоді в машинобудуванні*, (2), 435–441. URL: http://nrpcmp.ukma.edu.ua/index.php/wissn087/article/view/201866/pdf_167