

Косарук О.М.

кандидат педагогічних наук, доцент

Вінницький національний технічний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-2944>

РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ

Мета статті полягає у систематизації методологічних засад регресійного аналізу як інструменту оцінювання ефективності управлінських процесів на підприємствах малого та середнього бізнесу (МСБ). Використано методи логічного узагальнення, структурного аналізу та класифікації. Систематизовано умови застосовності методу найменших квадратів (МНК) відповідно до допущень MLR.1-MLR.6 та теореми Гаусса-Маркова. Виокремлено специфічні ускладнення регресійного моделювання МСБ: малі вибірки, інформаційна неповнота та ендогенність. Запропоновано класифікацію змінних за чотирма групами та описано процедуру діагностики моделей. Застосування запропонованої методологічної процедури дозволить коректно використовувати регресійний аналіз для оцінювання управлінських процесів МСБ та уникати типових помилок специфікації.

Ключові слова: регресійний аналіз, метод найменших квадратів, малий та середній бізнес, управлінські процеси, ефективність управління.

Постановка проблеми. Малий і середній бізнес (МСБ) становить структурну основу більшості ринкових економік: за оцінками Світового банку, на підприємства цього сектору припадає понад 90 % загальної кількості суб'єктів господарювання та більш як 50 % зайнятості у приватному секторі [1]. Попри це, рівень аналітичного забезпечення процесу прийняття управлінських рішень у межах МСБ залишається недостатнім і не відповідає їх економічній значущості. Емпіричні дослідження підтверджують наявність зазначеної проблеми. Зокрема, за результатами дослідження [2], проведеного на вибірці 502 малих підприємств Фінляндії, встановлено, що 78 % з них зазнають суттєвих труднощів у впровадженні систем управлінського обліку. При цьому виявлені бар'єри зумовлені обмеженістю фінансових і кадрових ресурсів, а також дефіцитом методичного інструментарію, адаптованого до специфіки функціонування підприємств малого масштабу.

Регресійний аналіз є одним із базових інструментів кількісного моделювання в економіці та формально придатний для виявлення зв'язків між управлінськими рішеннями і фінансовими результатами діяльності підприємства. Водночас його застосування у дослідженнях МСБ супроводжується низкою специфічних ускладнень, зокрема обмеженістю обсягів вибірок, відхиленням розподілів фінансових показників від нормального розподілу, високою концентрацією функцій власника та менеджера в межах однієї особи, а також неформалізованим характером значної частини господарських процесів. Зазначені чинники не нівелюють аналітичний потенціал методу, однак зумовлюють необхідність обґрунтованого підходу до специфікації моделей і перевірки їх базових припущень.

Прийнята в Україні у 2024 році Стратегія відновлення, сталого розвитку та цифрової трансформації

МСП до 2027 року визначає посилення аналітичного забезпечення управлінських рішень як один із пріоритетних напрямів розвитку сектору [3]. Це актуалізує науково-практичну потребу у методологічних розробках, спрямованих на визначення умов і способів коректного застосування регресійного аналізу для оцінювання управлінських процесів у МСБ. Зазначена проблематика залишається недостатньо опрацьованою у вітчизняній науковій літературі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх п'яти років спостерігається зростання наукового інтересу до кількісного оцінювання управлінської ефективності МСБ, що зумовлено розширенням доступності даних унаслідок цифровізації, а також переосмисленням обмежень якісних методів.

Юля-Куяла А. та співавтори встановили кореляційний зв'язок між рівнем впровадження управлінського обліку та фінансовою результативністю малих підприємств, водночас зазначивши, що застосування регресійних специфікацій дозволяє точніше ідентифікувати вплив окремих управлінських практик [2]. Теоретичні засади використання МНК обґрунтовано у працях Дж. Вулдріджа, де сформульовано систему припущень MLR.1-MLR.6, дотримання яких забезпечує незміщеність і ефективність оцінок [4]. Кадарова Я., Лахвайдерова Л. та Сукопова Д. на основі панельного аналізу даних 27 країн ЄС виявили статистично значущу позитивну залежність між цифровою зрілістю підприємств і їхньою рентабельністю, наголосивши на необхідності застосування інструментальних змінних для подолання ендогенності [5]. Фаяріка Д. та співавтори за результатами систематичного огляду 108 публікацій показали, що найбільш стійкий вплив на зростання МСБ має якість управлінських рішень, тоді як ефект цифровізації суттєво залежить від інституційного контексту [6].



У вітчизняній науковій літературі відповідну проблематику досліджують Микитюк В. і Флис В. [7], а також Андрієвич В. [8].

Попри зростання кількості емпіричних досліджень, відсутній систематизований виклад методології побудови регресійних моделей для управлінських досліджень МСБ з урахуванням їхньої інформаційної специфіки.

Метою статті є теоретичне обґрунтування та систематизація методологічних засад регресійного аналізу як інструменту кількісного оцінювання ефективності управлінських процесів на підприємствах МСБ з урахуванням специфіки їхнього інформаційного середовища. Досягнення зазначеної мети передбачає вирішення таких завдань: систематизацію умов застосовності МНК у контексті управлінських досліджень МСБ; класифікацію змінних для регресійного дослідження управлінської ефективності; обґрунтування процедури діагностики регресійних моделей з урахуванням специфіки інформаційного середовища малих і середніх підприємств; характеристику альтернативних специфікацій для панельних даних.

Виклад основного матеріалу дослідження. Регресійний аналіз – це систему статистичних методів, що досліджують кількісний зв'язок між залежною (результуючою) змінною та одним або кількома незалежними (пояснювальними) змінними. У межах управлінських досліджень МСБ цей інструментарій забезпечує можливість емпіричної перевірки гіпотез щодо впливу окремих факторів на показники ефективності, зокрема дозволяє встановити характер і силу зв'язку між часткою управлінських витрат і рівнем рентабельності, оцінити вплив цифровізації на продуктивність праці, а також визначити відносну вагомість факторів за ступенем їх часткового впливу на результативні показники.

Узагальнена специфікація множинної лінійної регресійної моделі для i -го спостереження ($i = 1, \dots, n$) за наявності k незалежних змінних має вигляд:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad (1)$$

де y_i – залежна змінна; β_0 – вільний член; β_1, \dots, β_k – коефіцієнти регресії; x_{ij} – значення j -го регресора для i -го спостереження; ε_i – стохастичний залишок, який акумулює вплив неврахованих чинників та випадкових збурень [4, с. 80].

Оцінювання параметрів моделі здійснюється МНК, який передбачає знаходження таких оцінок $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$, що мінімізують суму квадратів залишків. У матричному поданні аналітичний розв'язок має вигляд:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y, \quad (2)$$

де X – матриця регресорів розміром $n \times (k+1)$; y – вектор залежної змінної.

Необхідною умовою існування оцінки є оберненість матриці $(X^T X)$. Порушення цієї умови має місце у випадку досконалої мультиколінеарності між регресорами, що унеможливило отримання унікальних оцінок параметрів моделі.

Статистичні властивості оцінювачів, отриманих МНК, безпосередньо залежать від ступеня відповідності емпіричних даних класичним передумовам лінійної регресійної моделі. У сучасній економітриці ці передумови узагальнено у вигляді системи базових припущень, відомих як умови MLR.1-MLR.6, які забезпечують незміщеність, ефективність та консистентність оцінок параметрів моделі. Зокрема, їх формалізацію та інтерпретацію ґрунтовно представлено у працях Джеффри Вулдрідж, де зазначені умови систематизовано як ключові критерії коректного застосування МНК [4, с. 80–88, 118]. Системне узагальнення зазначених припущень наведено у табл. 1.

Теорема Гаусса-Маркова формулює фундаментальну властивість оцінювачів МНК: за виконання припущень MLR.1-MLR.5 оцінювачі $\hat{\beta}$ є найкращими лінійними незміщеними оцінювачами. Серед усіх лінійних незміщених оцінювачів вони мають найменшу дисперсію [4, с. 96]. Практичне значення цієї теореми полягає в тому, що при дотриманні зазначених умов відсутня доцільність пошуку альтернативних лінійних процедур оцінювання, оскільки МНК-оцінювач уже є оптимальним у межах відповідного класу.

Дисперсія j -го МНК-оцінювача визначається сукупним впливом трьох чинників: дисперсії випадкової похибки (σ^2), загальної варіації відповідного предиктора (SST_j), а також ступеня його лінійної залежності з іншими пояснювальними змінними, який вимірюється через коефіцієнт детермінації R_j^2 . Формалізовано це співвідношення має вигляд [4, с. 88]:

Таблиця 1 – Умови застосовності МНК-оцінювачів у контексті множинної лінійної регресії

№	Умова	Формалізований запис	Методи перевірки
MLR.1	Лінійність моделі за параметрами	$y = \beta^0 + \beta^1 x^1 + \dots + \beta^k x^k + \varepsilon$	Тест Рамсея RESET
MLR.2	Випадковість та однорідність вибірки	Спостереження $\{(x_i, y_i)\}$ є незалежними та однаково розподіленими	Аналіз процедури формування вибірки та дизайну дослідження
MLR.3	Відсутність досконалої мультиколінеарності	Між пояснювальними змінними відсутні точні лінійні залежності	Фактор інфляції дисперсії (VIF); аналіз матриці парних кореляцій
MLR.4	Нульове умовне математичне сподівання похибки	$E(\varepsilon x_1, \dots, x_k) = 0$	Тести на ендогенність, графічний аналіз залишків
MLR.5	Гомоскедастичність залишків	$\text{Var}(\varepsilon x_1, \dots, x_k) = \sigma^2$	Тест Бройша-Пагана; тест Уайта
MLR.6*	Нормальність розподілу похибок (для малих вибірок)	ε має розподіл із параметрами $N(0, \sigma^2)$	Тест Шапіро-Уїлка; Q-Q графік

Примітка: * - MLR.6 необхідна для точного висновку на малих вибірках; за великого n достатньо MLR.1-MLR.5 (асимптотичні властивості МНК).

Джерело: систематизовано автором за [4]

$$\text{Var}(\hat{\beta}_j) = \frac{\sigma^2}{\text{SST}_j \cdot (1 - R^2_j)} \quad (3)$$

З наведеного виразу випливає, що зростання мультиколінеарності, тобто підвищення значення R^2_j , призводить до збільшення дисперсії оцінок параметрів. У результаті це знижує статистичну надійність оцінювання та ускладнює коректну інтерпретацію індивідуального впливу окремих факторів, зокрема через втрату їх статистичної значущості.

Малі та середні підприємства доцільно розглядати як специфічний об'єкт економетричного моделювання, що відрізняється меншим масштабом діяльності та водночас характеризується особливими структурними параметрами інформаційного середовища. Узагальнення наукових джерел дає підстави виокремити три ключові групи методологічних ускладнень.

Перша група пов'язана з обмеженістю обсягу вибірки. У дослідженнях МСП емпірична база часто охоплює лише 30–80 підприємств у динаміці кількох років, що істотно звужує можливості специфікації моделі. При таких умовах застосовується евристичне обмеження щодо кількості пояснювальних змінних (орієнтовно не більше $n/10$), а також підвищується значущість перевірки припущення про нормальність розподілу залишків. Як зазначають Фаяріка, переважна більшість емпіричних досліджень у сфері МСП базується на вибірках обсягом 50–200 підприємств, що підтверджує системний характер зазначеного обмеження [6].

Друга група ускладнень зумовлена інформаційною неповнотою та несистемністю даних. Значна частина малих і середніх підприємств або не здійснює повноцінного управлінського обліку, або веде його нерегулярно та фрагментарно. В українському контексті ця проблема посилюється наявністю неформального сектору економіки, зокрема тіньових операцій, що призводить до викривлення або неповноти офіційної звітності. Як наслідок, дослідник стикається з проблемами пропущених змінних, вимірювальних похибок та обмеженої репрезентативності даних.

Третя група – висока концентрація власника в оперативному управлінні. На більшості малих підприємств власник одночасно виконує управлінські функ-

ції, що формує особливий тип ендогенності. З одного боку, якість управлінських рішень безпосередньо впливає на результати діяльності підприємства; з іншого – підприємства з вищими показниками ефективності мають більше можливостей для залучення кваліфікованих менеджерів або інвестування у цифровізацію. Ігнорування такої двосторонньої причинно-наслідкової залежності призводить до зміщеності та неконсистентності МНК-оцінок, що підкреслюється у сучасних економетричних дослідженнях, зокрема у працях Джеффрі Вулдріджа [4].

Адекватна специфікація регресійної моделі, орієнтованої на аналіз управлінських процесів у секторі МСП, передбачає застосування системного та теоретично обґрунтованого підходу до відбору змінних. Коректний вибір залежної та пояснювальних змінних визначає ідентифікаційну спроможність моделі, її інтерпретаційну валідність і статистичну надійність отриманих результатів. На основі узагальнення сучасних наукових підходів доцільно виокремити типові групи змінних, що використовуються у регресійному аналізі управлінської ефективності малих і середніх підприємств. Відповідна класифікація систематизована у табл. 2.

Серед незалежних змінних особливого методологічного значення набуває індекс цифрової зрілості як інтегральний показник рівня цифрової трансформації підприємства. Згідно з відкритими даними платформи «Дія.Бізнес», станом на початок 2026 року понад 2 000 українських підприємств пройшли відповідне оцінювання, а середнє значення індексу цифрової зрілості становило 2,52 бала за п'ятибальною шкалою [9]. Зазначені емпіричні дані можуть бути використані як основа для операціоналізації відповідної змінної у подальших кількісних дослідженнях.

Побудова коректної регресійної моделі є ітеративним процесом, що передбачає послідовне уточнення специфікації. Нижче наведено узагальнену послідовність етапів, адаптовану до особливостей управлінських досліджень МСБ.

1. Концептуалізація дослідження. На початковому етапі необхідним є формулювання теоретично обґрунтованої гіпотези щодо напрямку та механізму взаємозв'язку між змінними. Регресійний аналіз сам

Таблиця 2 – Класифікація змінних для регресійного дослідження управлінської ефективності МСП

Група змінних	Характеристика
Фінансова результативність (Y)	Показники: рентабельність активів (ROA), рентабельність власного капіталу (ROE), рентабельність продажів, продуктивність праці; тип вимірювання – кількісний (шкала відношень); джерело даних – фінансова звітність підприємства
Організаційні чинники (x_1)	Показники: частка управлінських витрат, кількість ієрархічних рівнів, рівень делегування повноважень; тип вимірювання – кількісний та порядковий; джерела даних – управлінський облік, анкетування
Людський капітал (x_2)	Показники: рівень освіти та професійний досвід менеджерів, частка сертифікованого персоналу; тип вимірювання – порядковий та частково кількісний; джерела даних – HR-документація, соціологічні опитування
Рівень цифровізації (x_3)	Показники: індекс цифрової зрілості, використання ERP/BAS-систем, ступінь автоматизації бізнес-процесів; тип вимірювання – порядковий (індексний); джерела даних – самооцінка підприємства, аудит інформаційних систем
Процесні характеристики (x_4)	Показники: тривалість управлінського циклу, частота перегляду KPI; тип вимірювання – кількісний (шкала відношень); джерела даних – хронометраж, CRM-системи

Джерело: складено автором за [2; 4; 5; 6]

по собі фіксує статистичні залежності, проте не забезпечує встановлення причинно-наслідкових зв'язків за відсутності виконання умов ідентифікації [4, с. 82].

2. Формування вибірки та перевірка однорідності. Підприємства різних секторів (зокрема торгівлі, виробництва та сфери послуг) характеризуються істотно відмінними структурами витрат і рівнями рентабельності. Відтак їх об'єднання в єдину вибірку без урахування галузевих ефектів може спричинити зміщення оцінок. Рекомендований мінімальний обсяг вибірки становить $n \geq 10k$ (де k – кількість предикторів), тоді як для забезпечення достатньої статистичної потужності доцільно дотримуватися співвідношення $n \geq 20$.

3. Попередній кореляційний аналіз. Перед включенням змінних до моделі доцільно здійснити оцінювання попарних коефіцієнтів кореляції (Пірсона або Спірмена у випадку відхилення від нормальності розподілу). За наявності високої кореляції між предикторами ($|r| > 0,8$) виникає ризик мультиколінеарності, що обґрунтовує доцільність виключення однієї зі змінних або формування інтегрального показника.

4. Оцінювання параметрів МНК. Оцінювання вектора параметрів здійснюється відповідно до стандартної процедури МНК. Статистична значущість окремих коефіцієнтів визначається на основі t-статистики [4].

5. Оцінювання якості підгонки моделі. Якість підгонки моделі оцінюється за скоригованим коефіцієнтом детермінації (R^2), який враховує кількість регресорів і забезпечує коректне порівняння специфікацій різної складності, запобігаючи перенаванчання моделі [4, с. 196].

6. Діагностика залишків і перевірка умов МНК. Отримання оцінок параметрів є проміжним етапом аналізу. Без верифікації базових припущень МНК (зокрема гомоскедастичності, відсутності автокореляції та мультиколінеарності, нормальності розподілу залишків) інтерпретація результатів і статистичні висновки можуть бути некоректними. У табл. 3 систематизовано основні діагностичні процедури, реко-

мендовані для досліджень управлінської ефективності МСБ.

Коефіцієнт регресії β_j інтерпретується як оцінка часткового ефекту предиктора x_j на залежну змінну у за умові фіксації значень інших включених до моделі змінних. Зокрема, у моделі рентабельності активів значення коефіцієнта $\beta = -0,40$ при предикторі «частка управлінських витрат» означає, що збільшення цієї частки на один відсотковий пункт асоціюється зі зниженням ROA на 0,40 відсоткового пункту за незмінності інших факторів.

Стандартизовані (бета-) коефіцієнти β^*_j забезпечують можливість порівняння відносного внеску предикторів, вимірюваних у різних шкалах. Кожен із них відображає зміну залежної змінної у стандартних відхиленнях у відповідь на зміну відповідного предиктора на одне стандартне відхилення. Порівняння абсолютних значень $|\beta^*_j|$ дає змогу ідентифікувати ті управлінські фактори, що статистично пов'язані з найбільшою варіацією результативних показників підприємства.

Стандартна лінійна специфікація не завжди є адекватною для емпіричного моделювання у сфері управлінських досліджень МСБ, що зумовлює доцільність застосування альтернативних підходів, здатних краще відобразити складні економічні залежності. Лог-лінійна специфікація є доцільною у випадках, коли розподіл залежної змінної характеризується суттєвою асиметрією (що є типовим для вибірок МСБ різного масштабу), або коли зв'язок між змінними має мультиплікативний характер. У межах такої моделі оцінений коефіцієнт інтерпретується як показник еластичності: збільшення відповідного предиктора на 1% асоціюється зі зміною залежної змінної на β_1 відсотків за інших рівних умов.

Панельні моделі з фіксованими ефектами забезпечують контроль за невимірюваними характеристиками підприємств, які є сталими в часі (зокрема тип власності, галузева належність, регіон функціонування). Це особливо важливо при аналізі незбалансованих

Таблиця 3 – Діагностичні тести для перевірки умов МНК у дослідженнях МСБ

Проблема	Характеристика діагностики та наслідки
Неправильна специфікація моделі	Для виявлення використовується тест Рамсея RESET, нульова гіпотеза якого полягає у коректності специфікації моделі. Її відхилення свідчить про наявність пропущених змінних або неправильну функціональну форму, що зумовлює зміщеність оцінок параметрів β .
Гетероскедастичність	Діагностується за допомогою тестів Бройша-Пагана та Уайта. Нульова гіпотеза передбачає сталість дисперсії залишків ($\text{Var}(\varepsilon_i) = \text{const}$). У разі її відхилення оцінки параметрів залишаються незміщеними, проте стандартні похибки є некоректними, що впливає на достовірність статистичних висновків.
Автокореляція залишків	Перевіряється тестами Дарбіна-Вотсона та Бройша-Годфрі. Нульова гіпотеза передбачає відсутність кореляції між залишками ($\text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, i \neq j$). Її порушення призводить до викривлення стандартних похибок і, відповідно, статистичних критеріїв.
Мультиколінеарність	Оцінюється за допомогою показника VIF, для якого прийнятним вважається рівень менше 10. Даний індикатор не передбачає формальної нульової гіпотези. Високі значення VIF свідчать про сильну лінійну залежність між регресорами, що призводить до нестійкості оцінок β та завищення стандартних похибок.
Ендогенність	Виявляється за допомогою тесту Хаусмана, нульова гіпотеза якого полягає в екзогенності пояснювальних змінних. Її відхилення означає порушення умови незміщеності оцінок методу найменших квадратів.
Нестабільність параметрів	Досліджується тестом Чоу та CUSUM-тестом. Нульова гіпотеза передбачає сталість параметрів моделі в часі. Її відхилення вказує на наявність структурних зрушень, що потребує модифікації моделі, зокрема через введення структурних змінних або сплайнів.

Джерело: складено автором за [4, 10]

панельних даних МСБ. У загальному вигляді така модель може бути подана як:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{1it} + \dots + \varepsilon_{it}, \quad (4)$$

де α_i відображає індивідуальний незмінний ефект i -го підприємства. Порівняно з оцінюванням на крос-секційних даних МНК, застосування FE-моделей дозволяє зменшити зміщеність оцінок, спричинену пропущеними змінними, що не змінюються в часі [4, с. 463–468].

Узагальнений метод моментів, зокрема у специфікації Арелано-Бонда, є більш складним інструментом для оцінювання динамічних панельних моделей, у яких лаговані значення залежної змінної включаються до складу регресорів. Такий підхід дає змогу подолати проблему ендогенності шляхом використання внутрішніх інструментів, сформованих на основі лагованих значень змінних. Застосування GMM-оцінювання є обґрунтованим у дослідженнях, спрямованих на аналіз динаміки результативності підприємств та впливу управлінських рішень у часі [11].

Висновки. Регресійний аналіз є методологічно обґрунтованим інструментом кількісного оцінювання управлінських процесів МСБ, однак його коректне

застосування вимагає суттєво складнішої підготовчої роботи порівняно з дослідженнями великих корпорацій. Це зумовлено специфікою інформаційного середовища малих і середніх підприємств: малими вибірками, нерегулярністю звітних даних та ендогенністю між рівнем управлінської зрілості і фінансовими результатами. Теорема Гаусса-Маркова гарантує оптимальні властивості МНК-оцінювачів лише за умови дотримання допущень MLR.1-MLR.5. У контексті МСБ найбільш вразливими є умова нульового умовного математичного сподіваного похибки та умова гомоскедастичності, порушення яких призводить до хибних висновків щодо значущості управлінських факторів. Запропонована класифікація змінних та процедура діагностики моделей формують методологічну основу для подальших емпіричних досліджень управлінської ефективності МСБ.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою галузево-специфічних регресійних специфікацій для українських МСБ, тестуванням панельних моделей з урахуванням воєнного контексту, а також адаптацією GMM-оцінювання для вирішення проблеми ендогенності між управлінськими інвестиціями та фінансовою результативністю підприємств.

Список використаних джерел:

- World Bank. Small and Medium Enterprises (SMEs) Finance. Washington, D.C.: The World Bank, 2023. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/smefinance>
- Ylä-Kujala A., Kouhia-Kuusisto K., Ikäheimonen T., Laine T., Kärri T. Management accounting adoption in small businesses: interfaces with challenges and performance. *Journal of Accounting & Organizational Change*. 2023. Vol. 19. №. 6. P. 46–69. DOI: <https://doi.org/10.1108/JAOC-07-2022-0100>
- ПРООН Україна. Спільні пропозиції бізнес-об'єднань до проєкту Стратегії відновлення, сталого розвитку та цифрової трансформації МСП до 2027 року. 2024. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/news/spilni-propozytsiyi-biznes-obyednan-do-proyektu-stratehiyi-vidnovlennya-staloho-rozvytku-ta-tyyfrovoyi-transformatsiyi-maloho-ta>
- Wooldridge J. M. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 7th ed. Mason, Ohio: South-Western Cengage Learning, 2020. 789 p.
- Kádárová J., Lachvajderová L., Sukopová D. Impact of digitalization on SME performance of the EU27: Panel data analysis. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. №. 13. Article 10121. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15139973>
- Fajarika D., Trapsilawati F., Sopha B. M. Influential factors of small and medium-sized enterprises growth across developed and developing countries: A systematic literature review. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation*. 2024. Vol. 25. №. 3. DOI: <https://doi.org/10.1177/18479790241258097>
- Микитюк В., Флис В. Чинники, що впливають на ефективність використання матеріальних ресурсів у підприємстві та шляхи її підвищення. *Вісник економіки*. 2024. № 1. С. 218–232.
- Андрієвич В. Методичні підходи до оцінювання ефективності розвитку економічного потенціалу підприємств малого бізнесу та його цифрової трансформації. *Modeling the development of the economic systems*. 2025. №. 3, С. 87–97. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-17-12>
- Дія.Бізнес. Оцінювання цифрової зрілості підприємств. 2026. URL: <https://diia.business>
- Greene W. H. *Econometric Analysis*. 8th ed. New York: Pearson, 2018. 1172 p.
- Gallegos Mardones J. A., Moraga-Flores H., Navarrete-Oyarce J., Araya-Castillo L. Effects of the working capital management on small and medium-sized enterprises: A case study of Chilean companies. *Interciencia*. 2024. Vol. 49. №. 9. P. 544–552.

References:

- World Bank. (2023). *Small and medium enterprises (SMEs) finance*. Available at: <https://www.worldbank.org/en/topic/smefinance>
- Ylä-Kujala, A., Kouhia-Kuusisto, K., Ikäheimonen, T., Laine, T., & Kärri, T. (2023). Management accounting adoption in small businesses: interfaces with challenges and performance. *Journal of Accounting & Organizational Change*, no. 19 (6), pp. 46–69. DOI: <https://doi.org/10.1108/JAOC-07-2022-0100>
- UNDP Ukraine. (2024). Spilni propozyitsiyi biznes-obiednan do proektu Stratehiyi vidnovlennia, staloho rozvytku ta tsyfrovoyi transformatsii MSP do 2027 roku [Joint proposals of business associations for the draft SME recovery, sustainable development and digital transformation strategy until 2027]. Available at: <https://www.undp.org/uk/ukraine/news> (in Ukrainian)
- Wooldridge, J. M. (2020). *Introductory econometrics: a modern approach* (7th ed.). South-Western Cengage Learning.
- Kádárová, J., Lachvajderová, L., & Sukopová, D. (2023). Impact of digitalization on SME performance of the EU27: Panel data analysis. *Sustainability*, no. 15 (13), art. 10121. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15139973>
- Fajarika, D., Trapsilawati, F., & Sopha, B. M. (2024). Influential factors of small and medium-sized enterprises growth across developed and developing countries: A systematic literature review. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, no. 25 (3). DOI: <https://doi.org/10.1177/18479790241258097>

7. Mykytiuk, V., & Flys, V. (2024). Chynnyky, shcho vplyvaiut na efektyvnist vykorystannia materialnykh resursiv u pidpriemstvi ta shliakhy yii pidvyshchennia [Factors influencing the efficiency of material resources use in enterprises and ways to improve it]. *Visnyk ekonomiky – Herald of Economics*, no. (1), pp. 218–232. (in Ukrainian)

8. Andriievych, V. (2025). Metodichni pidkhody do otsiniuvannia efektyvnosti rozvytku ekonomichnoho potentsialu pidpriemstv maloho biznesu ta yoho tsyfrovoy transformatsii [Methodological approaches to assessing the efficiency of economic potential development of small business enterprises and their digital transformation]. *Modeling the Development of the Economic Systems*, no. (3), pp. 87–97. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-17-12> (in Ukrainian)

9. Diia.Biznes. (2026). Otsiniuvannia tsyfrovoy zrilosti pidpriemstv [Digital maturity assessment of enterprises]. Available at: <https://diia.business> (in Ukrainian)

10. Greene, W. H. (2018). *Econometric analysis* (8th ed.). Pearson.

11. Gallegos Mardones, J. A., Moraga-Flores, H., Navarrete-Oyarce, J., & Araya-Castillo, L. (2024). Effects of the working capital management on small and medium-sized enterprises: A case study of Chilean companies. *Interciencia*, no. 49 (9), pp. 544–552.

Kosaruk Olena

Vinnitsia National Technical University

REGRESSION ANALYSIS AS A TOOL FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT PROCESSES IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

The article aims to systematise the theoretical and methodological foundations of regression analysis as an instrument for quantitative assessment of management process efficiency in small and medium-sized enterprises (SMEs). The study employs methods of logical generalisation, scientific abstraction, structural analysis, and classification. The conditions of applicability of the Ordinary Least Squares (OLS) estimator are systematised in accordance with the six classical assumptions MLR.1-MLR.6 and the Gauss-Markov theorem, which guarantees optimal properties of OLS estimators only when assumptions MLR.1-MLR.5 are satisfied. Three groups of structural challenges specific to SME econometric modelling are identified: limited sample sizes that restrict the number of predictors and require normality testing; informational incompleteness arising from non-systematic record-keeping and the prevalence of informal business practices; and endogeneity caused by high concentration of ownership and managerial functions in a single person, which creates a bidirectional causal relationship between management quality and financial performance. A four-group classification of variables is proposed, covering financial performance indicators (ROA, ROE, labour productivity), organisational factors, human capital characteristics, digitalisation level, and process parameters. A step-by-step model-building procedure is described, including conceptualisation, sample formation, preliminary correlation analysis, OLS estimation, goodness-of-fit assessment, and residual diagnostics. A structured diagnostic framework is presented, covering multicollinearity detection (VIF), heteroskedasticity testing (Breusch-Pagan; White), autocorrelation testing (Durbin-Watson; Breusch-Godfrey), endogeneity testing (Hausman test), specification testing (Ramsey RESET), and structural stability testing (Chow test; CUSUM). Alternative model specifications for panel data are characterised, including fixed-effects models and Arellano-Bond GMM estimation. Application of the proposed methodological procedure will enable researchers and practitioners to use regression analysis correctly for assessing SME management processes and to avoid common specification and interpretation errors. Prospects for further research include developing sector-specific regression specifications for Ukrainian SMEs based on open registry data, testing panel models with fixed effects accounting for wartime shocks of 2022-2025, and adapting GMM estimation to address endogeneity between managerial investments and financial performance.

Keywords: regression analysis, ordinary least squares, small and medium-sized enterprises, management processes, management efficiency.

JEL classification: C20