

УДК 330.34;65.011

DOI: 10.36919/2312-7872.2.2024.19

О. В. Скляренко,*кандидат фізико-математичних наук, доцент**ПВНЗ «Європейський університет»**E-mail: olena.skliarenko@e-u.edu.ua***ORCID ID: 0000-0001-6555-1223****П. В. Гук,***аспірант кафедри економіки, фінансів та обліку**ПВНЗ «Європейський університет»**E-mail: phuk@e-u.edu.ua***ORCID ID: 0009-0000-8016-466X**

АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ МОДИФІКАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

***Анотація.** Авторами проаналізовано наукові матеріали і праці, що стосуються побудови економіко-математичних моделей ефективності модифікації підприємства. Досліджено принципи, показники та критерії моделювання. Наведені етапи побудови та параметри економіко-математичної моделі. Виділено основні властивості складних систем, зокрема економічних. Визначено можливу класифікацію математичних моделей складних систем та їхні характеристики в залежності від постановки завдання та мети дослідження. Проведено дослідження характеристик та етапів побудови економіко-математичної моделі і виділено категорії типізації залежно від ознак. На основі зібраних даних вибрано економіко-математичну модель, яка підходить для оцінки економічної доцільності модифікації підприємства. Наведено приклади можливих інвестицій та необхідних для них ресурсів. Розраховано ключові параметри, пов'язані з інвестиціями, необхідними для побудови моделі. На основі отриманих даних визначено основні етапи та аспекти побудови економіко-математичної моделі оцінки економічної доцільності модифікації вибраного підприємства. Зроблено висновки та рекомендації для представленої кейсу моделювання оцінки доцільності модифікації певного підприємства.*

***Ключові слова:** економіко-математична модель, економічна система, інвестиції, модернізація, ефективність, оптимізація.*

Вступ (постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями). У сучасному світі будь-якому підприємству, аби залишатися конкурентоспроможним, необхідно постійно розвиватися та вдосконалювати усі бізнес процеси. Головною перешкодою на цьому шляху, зазвичай, є обмеженість ресурсів, і тому управління ними має відбуватись виважено, обгрунтовано та із врахуванням можливих ризиків. Економіко-математичні моделі дозволяють сформулювати управлінські рішення, які надають змогу максимально ефективно використати наявні ресурси та забезпечити стабільність функціонування. Використання економіко-математичних моделей може допомогти і в плануванні інвестицій в розвиток підприємства, зокрема, обранні оптимального варіанту із декількох можливих. При цьому, враховуються різні чинники і визначається доцільність та можливість здійснення інвестицій, провадиться розрахунок ефективності використання виділених ресурсів та терміни окупності капіталовкладень. Тому розробка економіко-математичних моделей є надзвичайно корисним інструментом для підтримки обгрунтованих управлінських рішень на підприємстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінка доцільності інвестицій в модифікацію виробництва не достатньо повно представлена у наукових роботах, здебільшого досліджуються лише окремі аспекти модернізації виробництва або певні їх сфери, а саме, в роботах українських науковців Булеєва І. П. та Брюховецької Н. Ю. [5] чи Снігової О. Ю. [6] та інших, а також в роботах зарубіжних науковців, наприклад, Берехмана Дж. [7].

Загалом, дослідження економічних систем за допомогою математичних моделей є досить розповсюдженим і багато вчених використовують їх у своїх наукових розробках. Прикладом

таких досліджень є роботи науковців Азарової А. О. та Бершова Д. М. [1], Стеблюк Н. Ф. та Волосової Н. М. [8], Медведева М.Г. та багатьох інших [1, 9, 10].

Теоретичні основи побудови економіко-математичних моделей досить детально описані і в навчально-науковій літературі [2, 3].

Мета статті (постановка завдання). Метою статті є дослідження принципів та етапів побудови економіко-математичної моделі оцінки економічної доцільності модифікації підприємства.

Викладення основного матеріалу. Одним з найбільш ефективних методів дослідження є метод моделювання. Він передбачає набір теоретичних та практичних дій, спрямованих на створення певної моделі, яка є образом реального об'єкту чи процесу та відображає його важливі суттєві властивості і використовується у ході досліджень. Метод моделювання використовує принцип аналогії, тобто замість реального об'єкту в дослідженні використовується його модель. Надалі в статті буде розглядатись саме економіко-математичне моделювання, яке використовується для представлення соціально-економічних проблем через різноманітні математичні засоби.

Економіко-математичне моделювання має наступні завдання:

- аналіз процесів та об'єктів в економіці;
- прогнозування змін в економічних об'єктах та процесах;
- формування обґрунтованих управлінських рішень.

Однак, далеко не у всіх випадках, отримані дані можуть бути використані як готові рішення, а радше краще розглядати їх як консультуючі засоби, які повинні допомогти сформулювати рішення на основі отриманих даних. Тому економіко-математичне моделювання варто сприймати лише як один з важливих компонентів при плануванні та керуванні економічними системами.

При побудові економіко-математичної моделі важливо пам'ятати, що як і з іншими концепціями моделювання, дуже важливим є адекватність моделі, мається на увазі, відповідність об'єктові, який вона описує. Звичайно, це не буде стовідсоткова відповідність, адже в такому випадку втрачається сенс використання моделі, але найважливіші параметри повинні максимально точно відповідати тим характеристикам, які має реальний об'єкт. У випадку, якщо певні економічні параметри будуть виміряні недостатньо точно може трапитись так, що застосування результатів моделювання може не лише не принести користі, а й призвести до неочікуваних негативних наслідків і значно зашкодити економічній системі, до якої були застосовані сформовані рішення.

Економіко-математичні моделі належать до категорії складних систем. Саме тому вони мають притаманні складним системам властивості, які важливо враховувати в процесі моделювання, інакше не можна буде вважати побудовану систему адекватною. Серед властивостей, притаманних такого роду системам можна виділити ті, які матимуть найбільший вплив на побудову саме економіко-математичної моделі, такі як: емерджентність, динамічність економічних процесів, невизначеність, неможливість ізолювати процеси та активна реакція на перепони, що з'являються. Також важливо зазначити, що економіко-математичне моделювання опирається на розуміння таких понять як: модель, процес моделювання, дослідження та наукове пізнання.

Математичне моделювання різноманітних процесів в економіці є доволі складним завданням, що великою мірою пов'язано зі специфікою економічної науки та унікальною природою економічних процесів. Враховуючи це, більшість елементів, що належать до економічної науки можна спробувати охарактеризувати таким поняттям, як «складна система».

Згідно з визначенням, система — це сукупність елементів, що взаємодіють і утворюють деяку цілісність, єдність. Відповідно, для будь якої системи можлива наявність таких властивостей, що не характерні жодному з елементів, які при цьому належать системі. Кількість елементів, зв'язків між ними та співвідношення між середовищем та системою, в свою чергу, визначають складність системи. При цьому, можна виділити два типи систем, які вважаються найскладнішими, а саме цілеспрямовані та самоорганізовані. Цілеспрямовані системи — це системи, розвиток яких пов'язаний із досягненням певних цілей. Самоорганізовані системи мають здатність змінювати структуру та організацію в процесі функціонування.

Окрім кількості елементів на складність системи дуже впливають особливості взаємодії між об'єктами та суб'єктами дослідження, оскільки людина в даному випадку є одночасно і носієм виробничих відносин, і трудовим ресурсом.

Економіко-математичною моделлю, за визначенням академіка В.С. Немчинова, називається сукупність математичних співвідношень (рівнянь, нерівностей), що описують вивчений об'єкт, явище, які об'єднані в єдине ціле.

Враховуючи складність економічних систем, економіко-математичні моделі для них класифікують за різноманітними ознаками.

За цільовим призначенням виділяють теоретико-аналітичні та прикладні моделі. З огляду на характер використання результатів дослідження моделі можуть бути описові чи нормативні. Залежно від причинно-наслідкових зв'язків в системі визначають детерміновані або стохастичні моделі. Форма математичних залежностей відрізняє лінійні та нелінійні моделі, а врахування чинника часу — статичні чи динамічні.

Залежно від математичного апарату, який використовувався при описі моделі вирізняють:

- балансові моделі економіки;
- економіко-статистичні моделі;
- оптимізаційні моделі.

Під час аналізу господарської діяльності балансовий метод використовують для визначення доступного резерву ресурсів та ефективності їх використання. В плануванні балансові моделі застосовують для узгодження потреб в ресурсах, взаємозв'язку між затратами та результатами, забезпечення збалансованості всіх частин господарської діяльності. Однією з головних цілей їх використання є саме досягнення макроекономічної рівноваги.

Оптимізаційні моделі, в свою чергу, є одним з інструментів для дослідження економічних систем. Результати дослідження такої моделі залежать від формалізації критеріїв оптимальності. Під час пошуку оптимального рішення не варто забувати про обмеження в вигляді доступних ресурсів. Тому при формулюванні оптимізаційної моделі потрібно не лише вказувати мету, тобто критерій оптимальності, а й доступні ресурси.

Економіко-статистичні моделі доцільно застосовувати, коли різні величини економічної системи знаходяться в залежності одна від іншої. У випадку, якщо кожному значенню певної величини відповідає значення іншої, таку залежність називають функціональною. Однак, існують випадки коли значенню певної величини може відповідати два та більше значень іншої, у такому випадку доцільно будувати кореляційну таблицю, і, в подальшому, на основі побудованих залежностей можна знайти розв'язок моделі, який підходить для економічної системи.

На основі зібраних даних для побудови економіко-математичної моделі оцінки економічної доцільності модифікації підприємств було вирішено скористатися методичним підходом, запропонованим А.О. Азаровою та Д.М. Бершовим [1].

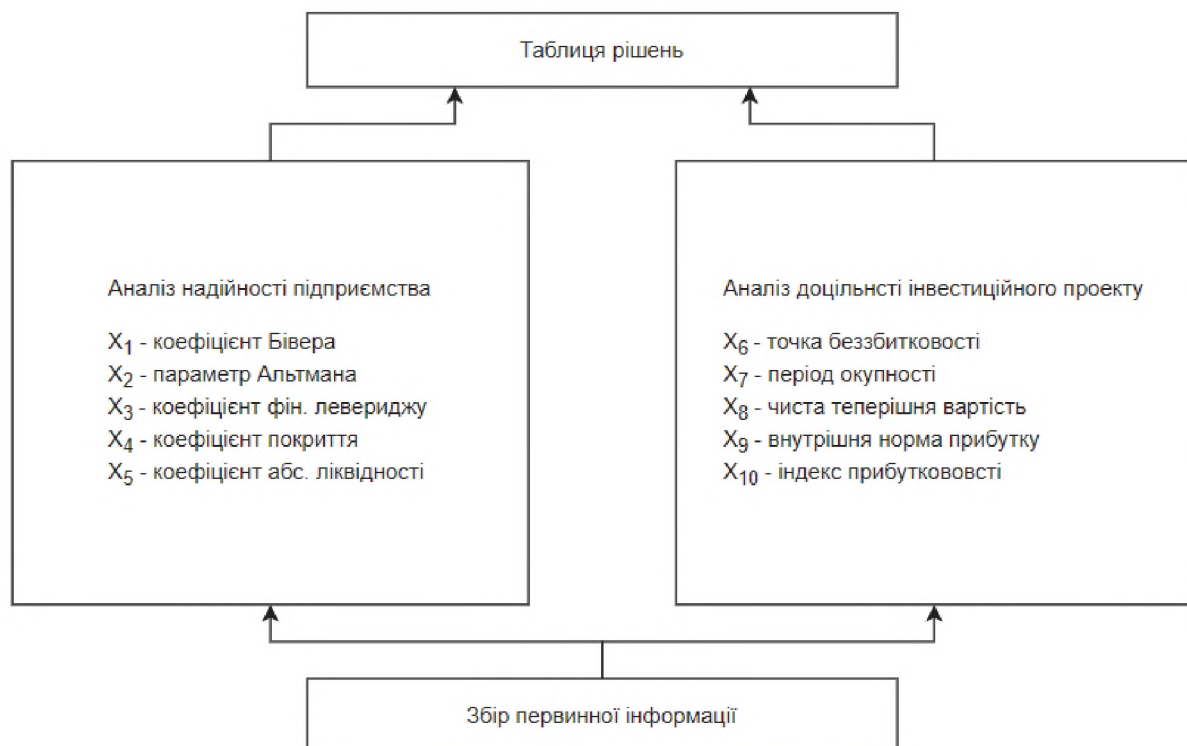


Рис 1. Схема моделювання оцінки ефективності інвестиційного проекту

Згідно із схемою, зображеною на рисунку 1, на першому етапі побудови економіко-математичної моделі, формується інформаційна база на основі фінансової звітності підприємства, необхідна для оцінки доцільності інвестиційних проектів.

На другому етапі відбувається розрахунок показників, необхідних для оцінки доцільності інвестиційного проекту. В даному випадку це дві групи параметрів. Перша, це параметри, які допомагають проаналізувати надійність та стабільність підприємства та відповідно визначити, чи здатне підприємство здійснювати інвестиції взагалі. Ці показники визначаються для підприємства і не залежать від інвестиційного проекту. Інша група параметрів обраховується для кожного інвестиційного проекту і грає ключову роль у формуванні рішень про їх впровадження[4].

На третьому етапі, отримані дані зводяться до таблиці рішень. На основі одержаних даних та їх коефіцієнтів вагомості, отриманих експертним методом, проводиться оцінка інвестиційного проекту. Відповідно до того, який показник вважається важливішим для підприємства, можуть бути прийняті абсолютно різні рішення.

Розглянемо перший етап процесу моделювання. Спочатку отримуємо вагові значення ефективності кожного інвестиційного проекту за допомогою використання Бейєсівської мережі (табл. 1).

Таблиця 1

Визначення оптимального розподілу інвестованих фінансових коштів

Проекти	Вагові коефіцієнти ефективності проектів	Ймовірності, переведені у відсотки	Фінансові кошти (млн. грн.)
П1 — «Проведення амортизації виробництва»	0,28	28%	1.5
П2 — «Модернізація виробничих ліній»	0,38	38%	8.9
П3 — «Автоматизація виробництва за допомогою робототехніки»	0.2	20%	18.1
П4 — «Модернізація процесів управління»	0,14	14%	3.5
Сума	1	100%	32

Згідно з другим етапом розраховуються наступні показники:

- точки беззбитковості;
- термін окупності проектів;
- чиста теперішня вартість;
- внутрішня норма прибутку;
- індекс прибутковості.

Отримані дані були внесені до таблиці 2.

Таблиця 2

Розрахунок доцільності реалізації інвестиційного проекту

Параметр	Проект 1	Проект 2	Проект 3	Проект 4
Точка беззбитковості, шт	52000	54500	62000	52500
Період окупності, років	0,45	1,63	2,39	0.78
Чиста теперішня вартість, тис. грн	14337,22	11279,6	3094,26	15455.64
Внутрішня норма прибутку, %	62	25	16	45
Індекс прибутковості	9,55	1,27	0,17	4,41

Далі переходимо до третього етапу та за допомогою отриманих даних будемо математичну модель оцінки доцільності модифікації підприємства (табл. 3). Лише важливо зазначити, що коефіцієнт Бівера було замінено на коефіцієнт Терещенка, оскільки він краще відповідає умовам діяльності українських підприємств та враховує їхні галузеві особливості.

Таблиця 3

Оцінка доцільності модифікації підприємства

Показник	Назва показника	Граничні обмеження	Вагомість параметра	Проект 1	Проект 2	Проект 3	Проект 4
X1	Коефіцієнт Терещенка	> 2,0	0,1	$2,5 * 0,1 = 0,25$			
X2	Модель Альтмана	< 0	0,1	$-0,49 * 0,1 = -0,049$			
X3	Коефіцієнт фінансового левериджу	>1,0	0,15	$1,21 * 0,15 = 0,1815$			
X4	Коефіцієнт покриття	>1,0	0,05	$1,27 * 0,05 = 0,0635$			
X5	Коефіцієнт ліквідності	0,1–0,2	0,1	$0,14 * 0,1 = 0,014$			
X6	Точка беззбитковості	< Q	0,1	$1 * 0,1 = 0,1$	$1 * 0,1 = 0,1$	$1 * 0,1 = 0,1$	$1 * 0,1 = 0,1$
X7	Період окупності		0,15	$0,45 * 0,15 = 0,0675$	$1,63 * 0,15 = 0,2445$	$2,39 * 0,15 = 0,3585$	$0,78 * 0,15 = 0,117$
X8	Чиста теперішня вартість	> 0	0,15	$1 * 0,15 = 0,15$	$1 * 0,15 = 0,15$	$1 * 0,15 = 0,15$	$1 * 0,15 = 0,15$
X9	Внутрішня норма прибутку	>16	0,15	$1 * 0,15 = 0,15$	$1 * 0,15 = 0,15$	$0 * 0,15 = 0$	$1 * 0,15 = 0,15$
X10	Індекс прибутковості	>1,0	0,05	$1 * 0,05 = 0,05$	$1 * 0,05 = 0,05$	$0 * 0,05 = 0$	$1 * 0,05 = 0,05$
Сума			1,0(100%)	0,9775	1,1545	1,0685	1,027

На основі зведених даних в таблиці можна зробити наступні висновки. По-перше, вибране підприємство є надійним і, відповідно, здатне проводити інвестиційну активність. По-друге, згідно з обрахованими коефіцієнтами для кожного проекту та відповідними ступенями вагомості кожного, можна зробити висновок, що проект номер два, а саме модернізація виробничих ліній, буде найоптимальнішим для вибраного підприємства, адже $S2 = 1,1545 > S3 = 1,0685 > S4 = 1,027 > S1 = 0,9775$.

Висновки. Побудова економіко-математичної моделі є одним з найефективніших способів дослідження економічних систем. Однак, дуже важливим є підбір відповідного типу моделі, адже, в іншому випадку, отримані результати можуть не лише не допомогти, а й зашкодити підприємству. У статті було розглянуто, етапи, властивості та особливості економіко-математичного моделювання. Було досліджено основні типи та етапи побудови моделей з відповідністю до їх призначення. Також було розглянуто основні аспекти побудови економіко-математичних моделей складних система. В результаті було зібрано та організовано дані, які дали змогу побудувати економіко-математичну модель для оцінки економічної доцільності модифікації обраного підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азарова А. О., Бершов Д. М. Оцінка ефективності інвестиційних проєктів. *Фінанси України*. — 2004. — № 2. — С. 52–57.
2. Склярєнко О.В., Терещук Г.М., Колодінська Я.О. Економіко-математичне моделювання: Навч. посібник — К.: Вид-во Європейського університету, 2024. — 200 с.
3. Колодінська О.В., Медведєв М.Г. Дослідження операцій: Навч. посібник — К.: Вид-во Європейського університету, 2006. — 158 с.
4. Гук П.В., Склярєнко О.В. Формування методики оцінки економічної доцільності модифікації підприємств з використанням автоматизованих систем // *Журнал «Економіка і управління»*. — 2023. — №4. — С. 5–14.
5. Булеєв І. П., Брюховецька Н. Ю. Методи розвитку та забезпечення капіталізації промислових підприємств в умовах інституціональних змін. — Київ : Ін-т економіки пром-сті НАН України. — 2016. — 312 с.
6. Снігова О. Ю. Управління структурними змінами в старопромислових регіонах України: монографія. Київ: КНЕУ. — 2020. — 552 с.
7. Берехман Дж. Оцінка транспортних інвестиційних проєктів. Taylor & Francis Group. — 2010. — 22 с.
8. Стеблюк Н. Ф., Волосова Н. М., Побудова економіко-математичної моделі оптимального розподілу інвестицій: сценарний підхід // *Збірник наукових праць / Дніпров. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. — 2020. — № 4 — С. 205–211
9. Колодінська Я.О. Мережеві методи моделювання процесів управління ІТ-проєктами в умовах цифрової економіки // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки. Том 326, № 1* — 2024.
10. Lakhno, V.A., Kasatkin, D.Y., Skliarenko, O.V., Kolodinska, Y.O. Modeling and Optimization of Discrete Evolutionary Systems of Information Security Management in a Random Environment // *Machine Learning and Autonomous Systems. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 269*. Springer, Singapore. — 2022 — P. 9–22.

REFERENCES

1. Azarova A.O., Bershov D.M. Evaluation of the effectiveness of investment projects. *Finansy Ukrainy*, — 2004. — No. 9. — P. 52–57.
2. Skliarenko O.V., Tereshchuk H.M., Kolodinska Ya.O., Economic and mathematical modeling: Study guide, European university. — 2024. — 200 p.
3. Kolodinska O.V., Medvediev M.H., Operations research: Study guide, European university. — 2006. — 158 p.
4. Huk P.V., Sklyarenko O.V.. Formation of the methodology for assessing the economic feasibility of the modification of enterprises using automated systems//*Journal “Economics and Management”*, 2023. — No. 4. — P. 5–14.
5. Buleev I. P., Bryukhovetska N. Y. Methods of development and ensuring capitalization of industrial enterprises in conditions of institutional changes. Kyiv : Institute of Industrial Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine, — 2016. — 312 p.
6. Snigova O. Y. Management of structural changes in old industrial regions of Ukraine: monograph. Kyiv: KNEU, — 2020. — 552 p.
7. Berehman J. Evaluation of transport investment projects. Taylor & Francis Group, — 2010. — 22 p.
8. Stebliuk N. F., Volosova N. M., Construction of an economic-mathematical model of the optimal distribution of investments: a scenario approach //*Zbirnyk naukovykh prats / Dniprov. nats. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana*. — 2020. — № 4 — P. 205–211.
9. Kolodinska Ya.O., Network methods of modeling IT project management processes in the conditions of the digital economy // *Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Series: Economic Sciences*, — 2024. — Volume 326 — No. 1. — P. 289–296.
10. Lakhno, V.A., Kasatkin, D.Y., Skliarenko, O.V., Kolodinska, Y.O. Modeling and Optimization of Discrete Evolutionary Systems of Information Security Management in a Random Environment // *Machine Learning and Autonomous Systems. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 269*. Springer, Singapore. — 2022 — P. 9–22.

Huk P. V., Sklyarenko O. V. ASPECTS OF THE CONSTRUCTION OF AN ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL FOR ASSESSING THE ECONOMIC FEASIBILITY OF ENTERPRISE MODIFICATION

The authors analyzed scientific materials and papers related to the construction of economic and mathematical models of the efficiency of the modification of the enterprise. The principles, indicators, and criteria of modeling were studied. The construction stages and parameters of the economic-mathematical model are given. The main properties of complex systems, particularly economic ones, are highlighted. The possible classification of mathematical models of complex systems and their characteristics depending on the setting of the task and the goal of the research are determined. A study of the characteristics and stages of building an economic-mathematical model was carried out, and typification categories were selected depending on the features. Based on the collected data, an economic-mathematical model was selected, which is suitable for assessing the economic feasibility of the modification of the enterprise. Examples of possible investments and the resources required for them are given. Key parameters related to the investment required to build the model are calculated. Based on the obtained data, the main stages were determined and an economic-mathematical model was built for assessing the economic feasibility of modifying the selected enterprise. Conclusions and recommendations have been made for the presented modeling case of evaluating the feasibility of modification of a certain enterprise.

Keywords: *economic-mathematical model, economic system, investments, modernization, efficiency, optimization.*