

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-87>

УДК 330.4:338.3

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА

APPLICATION OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING FOR FINANCIAL DIAGNOSTICS OF THE ENTERPRISE

Михайлик Ольга Михайлівна

кандидат економічних наук, доцент,
Національний університет харчових технологій
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0526-1130>

Mykhailyk Olha

National University of Food Technologies

На основі узагальнення економіко-математичних методів розглянуто можливість застосування таксономічного аналізу для діагностування фінансового стану підприємства харчової промисловості (ТДВ «Яготинський маслозавод»). За використанням даного підходу проведено аналіз динаміки показників діяльності підприємства та показників, що характеризують фінансовий стан підприємства, визначено вплив даних показників на ефективність управління підприємством. Проведено розрахунки за чотири групи показників, сформовано матрицю спостережень за період з 2016 року по 2020 рік, стандартизовано показники матриці, визначено координати точки-еталону, визначено «відхилення» між окремими спостереженнями та базовою порівняння, розраховано інтегральний (таксономічний) показник діагностування фінансового стану підприємства.

Ключові слова: економіко-математичне моделювання, таксономічний аналіз, таксономічний показник, інтегральний показник, матриця спостережень, вектор-еталон.

The article is devoted for the possibility of applying taxonomic analysis to diagnose the financial condition of the food industry enterprise ("Yagotinsky Maslozavod"), based on the economic and mathematical methods. Using this method, an analysis of the dynamics of the company's activity indicators and indicators characterizing the company's financial condition was carried out, and the influence of these indicators on the efficiency of the company's management was determined. In the article is proposed the method of integral assessment of the financial state of the enterprise, based on the taxonomy method, includes the following steps: 1. Formation of the plurality of observations. 2. Standardization of the indicators. 3. Distribution of indicators for stimulants and dissimulates. 4. Formation vector – standard. 5. Determination of the distance between the objects of observation and vector-standard. 6. Calculation of the integral index. Matrix (size $n \times m$) is used as an information base for creation taxonomic index. This matrix is a combination of a set of statistical indicators and a set of multidimensional objects. To create a matrix of observations were selected the indicators of property status, liquidity and solvency, financial stability and profitability. According to the methodology of taxonomy application, based on the calculations for four groups of indicators, a matrix of observations was formed for the period from 2016 to 2020, the matrix indicators were standardized, the coordinates of the benchmark point were determined, the distance between individual observations and the base comparison was determined, and an integral taxonomic indicator for financial diagnostics of the enterprise is calculated. The proposed model can be used to track the causes of crisis phenomena in the economic activity of food industry enterprises. The decrease of the taxonomic indicator or its certain stabilization when deviating from the ideal value is an impulse for the implementation of measures to increase the efficiency of using the enterprise resources and improve the management mechanism.

Keywords: economic and mathematical modeling, taxonomic analysis, taxonomic index, integral indicator, matrix of observations, vector standard.

Постановка проблеми. Комплексна діагностика господарської діяльності підприємств харчової промисловості є одним із ета-

пів економічного аналізу для обґрунтування економічного забезпечення ефективної стратегії розвитку.

Методологічним інструментарієм сучасного економічного аналізу є економіко-математичне моделювання. Моделювання виступає одним із основних і універсальних методів емпіричного дослідження, є формою наукового пізнання. Побудова економічних моделей дозволяє дослідити явища і процеси та оптимізувати проведені дослідження.

Науковим підґрунтям економіко-математичного моделювання виступають основні положення економіки, діалектики, математики та теорії складних систем і програмування. В сучасному світі економіко-математичні методи і моделі разом з експертно-логічними і інформаційними системами є невід'ємними складовими формування аналітичного інструментарію теоретичної та прикладної економіки.

Існуючі методи оцінки та діагностики фінансового стану підприємства мають свої переваги і недоліки. Інколи, в економічній науці, не достатньо проводити дослідження лише із використанням статистичних методів, оскільки зазначені методи не вирішують проблему впорядкування багатовимірності випадкових величин. Таксономічний аналіз характеризується багатогранністю і складністю досліджуваних процесів і явищ, оскільки враховує проблему впорядкування багатовимірних процесів щодо заданого нормативу, тобто вектора-еталона. Відтак, на основі методу таксономії стає можливим формування узагальнюючої оцінки складного об'єкта або процесу [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Гене́за теорій та концепцій розвитку економіко-математичного моделювання свідчить про важливість та необхідність використання в сучасному економічному аналізі інструментарію економетрики. Значними розробками питань використання економіко-математичних методів та моделей займалися вчені з усього світу. Зародком майбутніх теорій економічного моделювання стали праці французького економіста Франсуа Кене. Розробки парної і множинної регресії, теорії кореляційного аналізу, теорії помилок і вибіркового методів озвучені Р. Гамільтоном, К. Пірсоном, Р. Фрішем та ін. Значний внесок в економетрію здійснили О. Курно, Г. Госсен, В. Джевонс, Ф. Еджуорт, В. Парето. У ХХ ст. з'являються публікації присвячені дослідженням лінійного програмування, формуванню і вирішенню оптимізаційних задач тощо. ХХІ століття характеризується оптимізацією виробничих процесів із застосуванням сіткових моделей та штучного інтелекту.

Вагомий внесок у впровадження методів математичного моделювання в економіці зробили такі українські вчені як: Б. В. Буркинський, В. В. Вітлінський, Р. М. Лепа, А. В. Матвійчук, В. В. Здрок та інші.

Застосування таксономічного методу для обґрунтування економічних явищ, зокрема економічного моделювання та факторного аналізу, знайшли відображення в наукових працях таких учених, як: З. П. Дзуліт, Н. І. Дуляба, А. М. Єріна, О. І. Іляш, С. А. Климчук, О. Кожушко, З. М. Криховецька, А. І. Кришак, Р. Лупак, В. Плюта, І. М. Рєпіна, У. С. Савків, В. В. Сирветник-Царій та інші.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значну кількість наукових праць та проведених досліджень, чимало теоретичних і методологічних аспектів застосування економіко-математичних методів і моделей для діагностики господарської та фінансової діяльності підприємств потребує подальших досліджень.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті полягає у теоретичному та практичному застосуванні методу таксономії, як інструментарію економіко-математичного моделювання для оцінки та діагностування фінансового стану підприємств харчової промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз фінансового стану підприємства здійснюється з урахуванням універсального інструменту, як економіко-математичне моделювання. Процес моделювання може відбуватись у чотири етапи:

1. Аналіз теоретичних суджень та емпіричних даних про виробничо-господарську діяльність підприємства харчової промисловості та формування мети.

2. Пошук та визначення раціональних методів вирішення поставленої задачі.

3. Знаходження оптимального рішення за економіко-математичною моделлю.

4. Аналіз отриманих рішень та результатів за моделлю.

На першому етапі процесу економіко-математичного моделювання важливим завданням є формулювання кінцевої мети побудови статистично значимої моделі, а також критеріїв, за якими буде відбуватись пошук рішення та розв'язування моделі.

Для деяких виробничих систем, особливо підприємств харчової промисловості, необхідно створити план випуску кожного із видів виробничої продукції для максимізації прибутку чи доходу від реалізації продукції (това-

рів, робіт, послуг). Критеріями оптимальності чи обмеженнями моделі можуть бути: максимум отриманого прибутку, максимум реалізованої продукції, мінімум витрат виробництва, максимальне завантаження устаткування та обладнання тощо. Задаються також обмеження в обсягах виробництва, тобто асортиментності продукції.

На другому етапі обирається раціональний економіко-математичний метод, який може бути застосований для вирішення економічної задачі проблеми вибору найкращого варіанту розподілу обмеженої кількості ресурсів.

Економіко-математичні моделі оптимізації випуску продукції підприємств харчової промисловості розроблені для максимізації прибутку від реалізації продукції. Відтак, виробнича програма підприємства може бути оптимізована за критерієм максимізації прибутку від реалізації продукції і представлена у загальному вигляді цільової функції економіко-математичної моделі оптимізації випуску продукції:

$$F = \sum_{i=1}^{q \rightarrow n} \sum_{j=1}^n \Pi_{ij} O_{ij} \rightarrow \max ,$$

де F – цільова функція максимізації прибутку; i – номер підприємства;

n – кількість підприємств; j – вид виробленої продукції (асортиментність);

q – кількість видів продукції; Π_{ij} – прибуток від реалізації одиниці j продукції на i -му підприємстві харчової промисловості; O_{ij} – обсяг виробленої j продукції на i -му підприємстві харчової промисловості.

При пошуку оптимального випуску продукції потрібно враховувати обмеженість ресурсів. Такими ресурсами підприємства зазвичай є: сировина та матеріали, трудові ресурси, потужність використання устаткування та обладнання тощо.

Відомо, що результат фінансово-господарської діяльності підприємств харчової промисловості визначається показниками прибутковості (результативності). Тобто, головною метою фінансової і господарської діяльності підприємства є пошук резервів зміцнення

фінансової стійкості підприємства для ефективного розвитку виробництва та отримання максимального прибутку.

Для визначення системи показників діагностування фінансового стану підприємств харчової промисловості пропонується використати метод таксономії.

Прийнято вважати, що таксономічні методи використовують для аналізу внутрішніх ресурсів підприємства та співставлення об'єктів, що характеризуються великим числом ознак. Так, З. Хелвіг запропонував таксономічний показник рівня розвитку, як один із перших методів дослідження багатомірності [2].

Головною метою використання методу таксономії є отримання інформації про наявність або відсутність однорідності в досліджуваній сукупності об'єктів, про певні локальні згущення або розрідження і навіть «вільні простори» у цій сукупності точок-об'єктів. Таксономічний показник може набувати значення в інтервалі $[0; 1]$ та має при цьому таку інтерпретацію: рівень розвитку окремого об'єкту (процесу) кращий, чим ближче значення узагальнюючого показника до одиниці. З його допомогою можна оцінити досягнутий у деякий період або момент часу «середній» рівень значення ознак, що характеризують явище чи процес [1; 3].

Для проведення розрахунків економіко-математичного моделювання із використанням таксономічного показника пропонуються п'ять послідовних етапів.

Етап 1. Сформувані множини спостережень. Для побудови таксономічного показника формується матриця кількісних інтегрованих індикаторів. Ознакова множина, у вигляді матриці (рядки відповідають показникам, а стовпці – рокам дослідження), і є поєднанням статистичних показників і множини багатовимірних об'єктів, які виступають інформаційною базою для відповідних розрахунків. В якості інформаційної бази даного дослідження використано фінансову звітність підприємства ТДВ «Яготинський маслозавод» [4].

Сформована матриця спостережень (x) має вигляд:

0,45	0,55	11,99	0,13	1,6	2	0,34	2,94	1,98	0,63	1,1	2,51	0,23	0,33	0,55	0,07	129631
0,44	0,56	13,89	0,04	1,52	1,86	0,42	2,38	1,4	0,62	0,77	2,53	0,2	0,32	0,41	0,08	164523
0,42	0,58	12,66	0,06	1,23	1,42	0,37	2,7	1,68	0,51	0,55	2,26	0,26	0,37	0,56	0,1	253732
0,46	0,54	11,88	0,03	1,39	1,57	0,39	2,56	1,57	0,55	0,66	3,24	0,16	0,36	0,35	0,06	184741
0,4	0,6	8,45	0,01	1,14	1,36	0,38	2,63	1,61	0,51	0,46	1,64	0,1	0,19	0,22	0,05	129547

Етап 2. Стандартизувати значення показників. Елементи побудованої матриці, як правило, неоднорідні, описують різні властивості, мають як абсолютні, так і відносні величини, що ускладнює виконання дій, необхідних для обчислення таксономічного показника. Якщо ознаки множини мають різні одиниці вимірювання, тоді для

проведення подальших розрахунків слід здійснити стандартизацію (нормалізацію) показників. При чому, вектор первинних ознак $x_i = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ замінюється вектором нормалізованих значень $z_j = [z_1, z_2, \dots, z_m]$ [3].

На основі проведених розрахунків сформовано матрицю нормалізованих спостережень z_j , яка має вигляд:

1,04	0,97	1,02	2,41	1,16	1,22	0,89	1,11	1,20	1,12	1,55	1,03	1,21	1,05	1,32	0,97	0,75
1,01	0,99	1,18	0,74	1,10	1,13	1,11	0,90	0,85	1,10	1,09	1,04	1,05	1,02	0,98	1,11	0,95
0,97	1,02	1,08	1,11	0,89	0,86	0,97	1,02	1,02	0,90	0,78	0,93	1,37	1,18	1,34	1,39	1,47
1,06	0,95	1,01	0,56	1,01	0,96	1,03	0,97	0,95	0,98	0,93	1,33	0,84	1,15	0,84	0,83	1,07
0,92	1,06	0,72	0,19	0,83	0,83	1,00	1,00	0,98	0,90	0,65	0,67	0,53	0,61	0,53	0,69	0,75

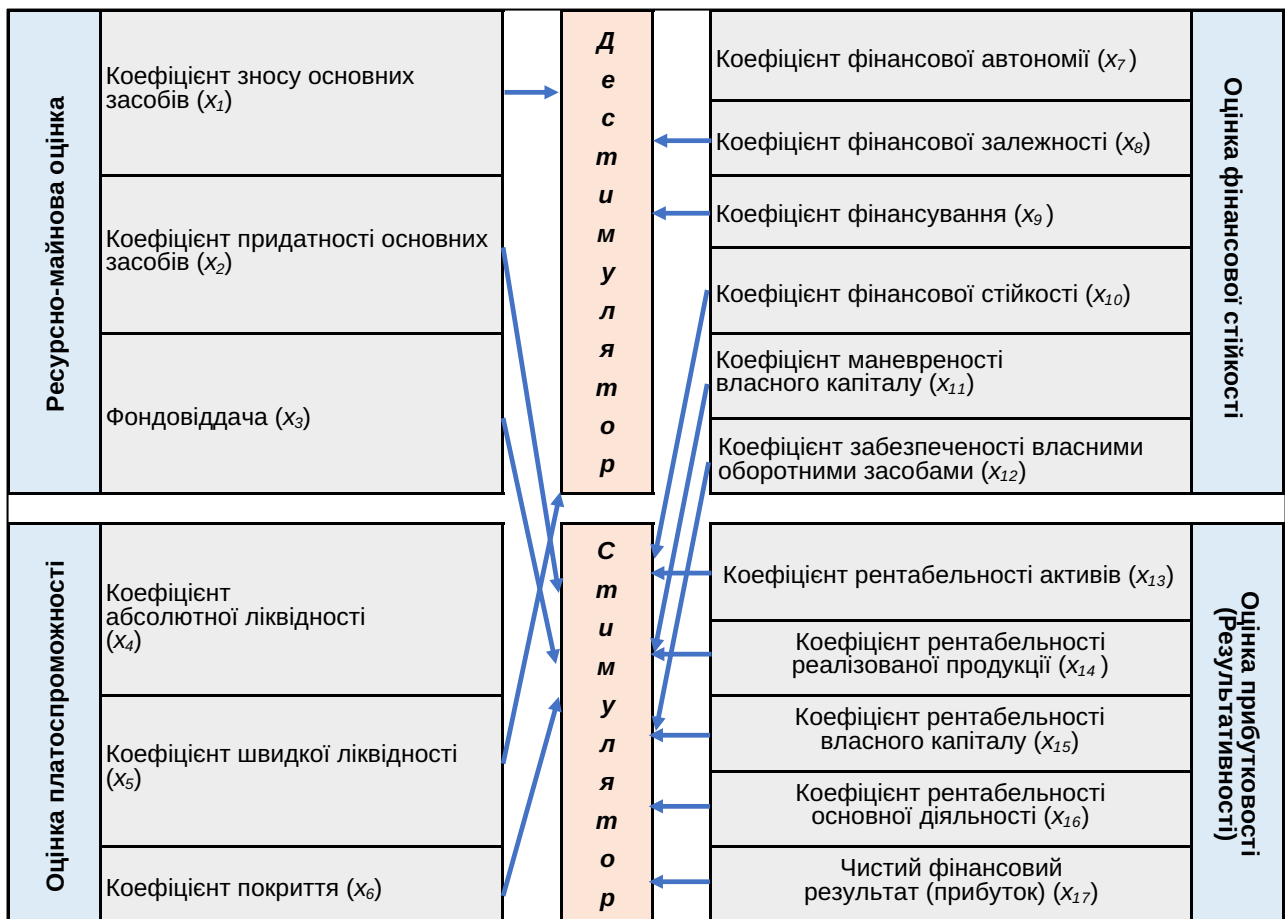


Рис. 1. Система показників для оцінювання фінансового стану підприємства та якісні індикатори для обчислення таксономічного показника

Етап 3. Розподілити показники (індикатори) на стимулятори та дестимулятори.

Такий розподіл є основою для побудови вектора-еталона, елементи якого мають координати та формуються за рахунок значень показників системи [2, с. 22; 5, с. 21]:

$$\begin{cases} X_{oi} = \max X_{ij} (\text{стимулятор}) \\ X_{oi} = \min X_{ij} (\text{дестимулятор}) \end{cases} \quad (1)$$

Враховуючи характер впливу кожного з показників на оцінку фінансового стану підприємства, їх поділено на показники - стимулятори та показники - дестимулятори. Показники, які мають позитивний (стимулюючий) вплив на загальний рівень розвитку підприємства, називають стимуляторами. Показники, що уповільнюють розвиток підприємства, називають дестимуляторами. Диференціювання показників на стимулятори та дестимулятори наведено на рисунку 1.

Етап 4. Визначити вектор-еталон, елементи якого формуються із значень системи показників за формулою (1). Розподіл ознак на стимулятори та дестимулятори є детермінуючим для подальшого визначення за результатами розрахунків «еталона» розвитку досліджуваного об'єкту - точки P_0 у багатовимірному просторі з координатами - $P_0 = (z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0j})$, яка є базою для порівняння.

Використовуючи стандартизовану матрицю Z визначаємо координати точки - еталону, яку беремо за базу порівняння $P_0 = (0,92; 1,06; 1,18; 2,41; 0,83; 1,22; 1,11; 0,9; 0,85; 1,12; 1,55; 1,33; 1,18; 1,34; 1,39; 1,47)$.

Етап 5. Визначити «відхилення» між об'єктами спостережень та вектором-еталоном. Відповідно до попередніх розрахунків та певних перетворень відстань між стандартизованими показниками та точкою P_0 розраховується за формулою [1; 2]:

$$C_{io} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_{0j})^2}, \quad (2)$$

де, C_{io} - відстань між стандартизованими показниками і вектором-еталоном;

z_{ij} - стандартизоване значення j -ого показника в період часу i ;

z_{0j} - стандартизоване значення i -ого показника в еталоні.

Таким чином, геометрична відстань між точками в багатовимірному просторі складе: $C_{i2016} = 0,82$; $C_{i2017} = 0,85$; $C_{i2018} = 1,64$; $C_{i2019} = 2,2$; $C_{i2020} = 2,22$.

Отримана відстань враховується для розрахунку середньої відстані між стандартизованими показниками і вектором-еталоном $C_0 = 1,55$ [1; 2].

Визначення загальної відстані між показниками та еталоном здійснюється за формулою [1; 2]:

$$C_0 = \bar{C}_0 + 2 \times S_0 \quad (4)$$

де, C_0 - загальна відстань; \bar{C}_0 - середня відстань між стандартизованими показниками і вектором-еталоном; S_0 - середньоквадратичне відхилення.

Безпосередньо перед її розрахунком визначається середньоквадратичне відхилення [1; 2]:

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (C_{io} - \bar{C}_0)^2}, \quad (5)$$

де, S_0 - середньоквадратичне відхилення; \bar{C}_0 - середня відстань між стандартизованими показниками і вектором-еталоном;

C_{io} - відстань між стандартизованими показниками і вектором-еталоном.

Загальна відстань між показниками та еталоном розрахована так:

$$C_0 = \bar{C}_0 + 2 \times S_0 = 1,55 + 2 \times 0,61 = 2,77.$$

Етап 6. Визначити значення інтегрального показника таксономії. Розрахунок таксономічного показника здійснюється за формулою: $I = 1 - d_i$, де I - інтегральний (таксономічний) показник; d_i - відхилення відстані між показником й точкою вектора-еталона від значення відстані ознак. Отримані результати розрахунків представлені у таблиці 1.

Зауважимо, що значення коефіцієнта таксономії змінюється в межах від 0 до 1. Зростання показника та його наближення до 1 свідчить про покращення фінансового стану підприємства і навпаки. За результатами розрахунків коефіцієнта таксономії фінансовий стан підприємства погіршується, значення коефіцієнта у 2016 році максимально наближено до 1 ($I_{2016} = 0,7$), тоді як, у 2020 році інтегральний показник $I_{2020} = 0,2$.

$$S_0 = \sqrt{\frac{[(0,82 - 1,55)^2 + (0,85 - 1,55)^2 + (1,64 - 1,55)^2 + (2,2 - 1,55)^2 + (2,22 - 1,55)^2]}{5}} = 0,61$$

Таблиця 1

Елементи розрахунку коефіцієнта таксономії

Роки	Відстань між показником та базою порівняння (C_{i0})	Показник d_i	Інтегральний показник таксономії (I)
2016	0,82	0,3	0,7
2017	0,85	0,31	0,69
2018	1,64	0,59	0,41
2019	2,2	0,79	0,21
2020	2,22	0,8	0,2

Джерело: розраховано автором

Таблиця 2

Шкала значень інтегрального показника оцінки фінансового стану підприємства

Найменування класу	Ретроспективний період					Діапазон інтегрального показника за шкалою Харрінгтона
	2016	2017	2018	2019	2020	
Стійкий фінансовий стан	+	+				[0,64÷1]
Нестійкий фінансовий стан			+			[0,36÷0,64]
Кризовий стан				+	+	[0÷0,36]

Джерело: розроблено автором на основі [3]

Побудована економіко-математична модель є статистично значимою, оскільки результати розрахунків по ній повторюють динаміку показників фінансового стану підприємства.

Для обґрунтування діапазонів розподілів інтегральних показників оцінки фінансового стану досліджуваного підприємства запропоновано використати шкалу Харрінгтона (табл. 2).

Розраховані значення інтегрального показника вказують на стійкий фінансовий стан підприємства протягом 2016–2017 рр., у 2018 році – нестійкий фінансовий стан, у 2019–2020 рр. – підприємство має ознаки кризового стану. На погіршення фінансового стану підприємства у 2020 році вплинуло зниження рентабельності власного капіталу та рентабельності реалізованої продукції.

Таким чином, запропонована модель може бути використана для відстеження причин виникнення кризових явищ у господарській діяльності підприємств харчової промисло-

вості. Зниження коефіцієнта таксономії чи його певна стабілізація при відхиленні від ідеального значення є поштовхом для реалізації заходів щодо підвищення ефективності використання ресурсів підприємств та удосконалення управлінського механізму.

Висновки. На основі узагальнення існуючих методів економіко-математичного моделювання запропоновано альтернативний підхід до визначення інтегрального показника діагностики фінансового стану підприємства на засадах поєднання методів таксономічного аналізу та використання узагальнюючої функції бажаності Харрінгтона. Для визначення показників, що ввійшли у модель використано розрахунки показників, проведені на основі фінансової звітності підприємства харчової промисловості. В залежності від отриманих значень інтегрального показника розроблено градацію оцінки фінансового стану підприємств харчової промисловості від «стійкого» фінансового стану до «критичного».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Михайлик О. М. Альтернативний підхід до визначення інтегрального показника оптимальної структури капіталу будівельного підприємства. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2016. Випуск 4(04). С. 183–188. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/4_2016/38.pdf
2. Ilyash, O., Lupak, R., Dzhadan, I., Kolishenko, R. Assessing structural components of investment and

innovation provision of economic security in the basic types of economic activity. *Journal of Economy Culture and Society*. 2021. Vol. 63. P. 17–37. DOI: <https://doi.org/10.26650/JECS2020-0038>

3. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2001. 170 с.

4. ТДВ «Яготинський маслозавод». Фінансова звітність. URL: <https://milkalliance.com.ua/company/inform/yagotinskij-maslozavod>.

5. Сирветник-Царій В. В., Дуляба Н. І. Таксономічний аналіз як інструмент виявлення можливостей забезпечення розвитку ефективності управління економічним потенціалом підприємств торгівлі споживчої кооперації. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 9. С. 419–423. URL: <http://global-national.in.ua/archive/9-2016/86.pdf>.

REFERENCES:

1. Mykhailuk, O. M. (2016). Alternatyvnyi pidkhid do vyznachennia intehralnoho pokaznyka optymalnoi struktury kapitalu budivelnoho pidpriemstva [Alternative approach to determining the optimal integral indicator of capital structure of building enterprise]. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia – Eastern Europe: Economy, Business and Management*, 4(04), 183–188. Available at: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/4_2016/38.pdf [in Ukrainian].

2. Ilyash, O., Lupak, R., Dzhadan, I., & Kolishenko, R. (2021). Assessing structural components of investment and innovation provision of economic security in the basic types of economic activity. *Journal of Economy Culture and Society*, 63, 17–37. DOI: <https://doi.org/10.26650/JECS2020-0038>

3. Yerina, A. M. (2001). *Statystychne modeliuvannia ta prohnozuvannia* [Statistical modeling and forecasting] : navch. posib. Kyiv : KNEU. 170 p. [in Ukrainian]

4. TDV «Iahotynskyi maslozavod». Finansova zvitnist [Yagotinsky Maslozavod. Financial Statements]. Available at: <https://milkalliance.com.ua/company/inform/yagotinskij-maslozavod> [in Ukrainian]

5. Syrvetnyk-Tsarii, V. V., & Duliaba, N. I. (2016). Taksonomichnyi analiz yak instrument vyiavlennia mozhlyvostei zabezpechennia rozvytku efektyvnosti upravlinnia ekonomichnym potentsialom pidpriemstv torhivli spozhyvchoi kooperatsii [Taxonomic analysis as an instrument of detection opportunities for effective management of economic potential trade enterprise consumer cooperation]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky – World economy and international economic relations*, 9, 419–423. Available at: <http://global-national.in.ua/archive/9-2016/86.pdf> [in Ukrainian].