

Підприємництво, торгівля та біржова діяльність

УДК 65.01:658

Тиркало Юрій Євгенійович

аспірант

Національного університету «Львівська політехніка»

Tyrkalo Yuriy

Postgraduate Student of the

Lviv Polytechnic National University

ORCID: 0000-0003-2535-4238

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ
ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ПІДПРИЄМСТВОМ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ
ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION OF THE
INFORMATION SUPPORT OF THE ENTERPRISE MANAGEMENT
SYSTEM IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

***Анотація.** Метою дослідження є розробка економіко-математичної моделі для встановлення оптимальної кількості інформації, що повинна забезпечити підприємство позитивною інноваційною сприйнятливістю та інноваційною здатністю для прийняття ним ефективного управлінського рішення в умовах сталого розвитку. У роботі використано використано елементи статистичного підходу для відбору інформації щодо об'єкту дослідження та процесів, елементи структурного і проектного підходів, методи економіко-математичного моделювання, порівняльного аналізу, елементи системного підходу для встановлення оптимізаційних критеріїв. В результаті економіко-математичного моделювання розроблено нову оптимізаційну модель, з допомогою якої ідентифіковано та проведено*

аналіз процесів та процедур функціонування за умов сталого розвитку підприємства, з урахуванням проектного підходу та критеріальних співвідношень для функціоналу якості, обмежень на ризики та мультиплікативного і адитивного критеріїв якості. Також встановлено механізм зміни показника ефективності підприємства. За результатами дослідження, з урахуванням оптимізаційного функціоналу якості та обмежень на ризики, розроблено нову економіко-математичну модель і новий підхід для оцінювання оптимальної кількості інформації, відповідного значення ризику та коефіцієнта ефективності, які забезпечують підприємство позитивною інноваційною сприйнятливістю та інноваційною здатністю для прийняття ефективних управлінських рішень в умовах сталого розвитку. Все це доцільно враховувати при діагностиці діяльності і моделюванні розвитку бізнес-структури (підприємства) в умовах невизначеності і ризику.

Ключові слова: підприємство, інформаційне забезпечення, система управління, сталий розвиток, ризики, прибуток.

Summary. The purpose of the research is to develop an economic-mathematical model for establishing the optimal amount of information that should provide the enterprise with positive innovative receptivity and innovative ability for it to make an effective management decision in conditions of sustainable development. In the research process, elements of a statistical approach were used to select information about the research object and processes, elements of structural and project approaches, methods of economic-mathematical modeling, comparative analysis, elements of a system approach to establish optimization criteria. As a result of economic-mathematical modeling, a new optimization model was developed, with the help of which the processes and procedures of functioning under the conditions of sustainable development of the enterprise were identified and analyzed, taking into account the project

approach and criterion ratios for the quality function, risk restrictions and multiplicative and additive quality criteria. A mechanism for changing the company's efficiency indicator has also been established. Based on the results of the research, taking into account the optimization function of quality and risk restrictions, a new economic-mathematical model and a new approach were developed for evaluating the optimal amount of information, the appropriate value of risk and the efficiency ratio, which provide the enterprise with positive innovative receptivity and innovative ability to make effective management decisions in conditions of sustainable development. All this should be taken into account when diagnosing activities and modeling the development of a business structure (enterprise) in conditions of uncertainty and risk.

Key words: *enterprise, information support, management system, sustainable development, risks, profit.*

Постановка проблеми. Як відомо, в умовах невизначеності і ризику [1], аналіз внутрішнього середовища будь-якого підприємства має здійснюватися з урахуванням внутрішніх змінних, а також враховувати вплив на них факторів зовнішнього середовища [2; 3]. Водночас тут необхідно зазначити, що «ринкові відносини, які встановилися на сьогоднішній день в Україні, вимагають від вітчизняних підприємств максимальної ефективності їх виробничо-господарської діяльності, що може бути забезпечено тільки при наявності ефективної системи управління, яка дозволяла б оперативно реагувати на зміни зовнішнього і внутрішнього середовища. У таких умовах особливо зростає роль інформаційного забезпечення системи управління підприємством, оскільки менеджери для прийняття обґрунтованих управлінських рішень повинні бути забезпечені достатньо повною та достовірною інформацією» [4, с. 113].

Отже, проблема полягає в необхідності оптимізації інформаційного

забезпечення системи управління підприємством в контексті сталого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Деякі аспекти цієї проблеми розглянуто у працях таких дослідників, як: В. Д. Зелікман, Є. І. Заяць [4], А. Bochkarev, А. Urasova, D. A. Balandin [5], Q. Duan, K. Chakrabarty, J. Zeng [6], L. Lavazza, H. Sedehi [7], R. Lupak, M. Kunytska-Piash, Y. Berezhivskiy, N. Nakonechna, L. Ivanova, T. Vasylytsiv [8], M. Nikravesh [9], R. Skrynkovskyy [10; 11], W. Wei, H. Yong [12], O. O. Yershova [13] та інші. В наукових роботах, що присвячені інформаційному забезпеченню процесу прийняття управлінських рішень, недостатньо проаналізовано питання оптимізації кількості інформації, що пов'язана з інноваційною сприйнятливістю та інноваційною здатністю для підприємств у контексті прийняття ними ефективних управлінських рішень в умовах сталого розвитку.

Поряд з тим, практика свідчить про наявність теоретичних і практичних проблем, пов'язаних з формуванням і використанням прикладних механізмів оптимізації інформаційного забезпечення системи управління підприємством в контексті сталого розвитку на основі економіко-математичного моделювання. Все це обумовило актуальність і важливість дослідження у цьому напрямі.

Мета статті. Метою статті є розробка економіко-математичної моделі для встановлення оптимальної кількості інформації, що повинна забезпечити підприємство позитивною інноваційною сприйнятливістю та інноваційною здатністю для прийняття ним ефективного управлінського рішення в умовах сталого розвитку.

Для досягнення зазначеної мети необхідно:

– сформулювати оптимізаційний підхід до ідентифікації та моделювання економічних параметрів підприємства з урахуванням функціоналу якості;

- оцінити оптимальну кількість інформації і відповідне значення ризику, які забезпечують сталий розвиток підприємства за умови заданих значень обмежень на ризики та прибуток;
- оцінити оптимальне значення якості продукції підприємства, яке задовольняє критеріальним співвідношенням з урахуванням інформації про оптимізацію запасів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень для підприємства можна описати формулою:

$$K_{ef} = P/C_i, \quad (1)$$

де P – річний прибуток, який забезпечується капітальними вкладеннями C_i .

Коефіцієнт K_{ef} для підприємства доцільно розділити на складові, які тісно пов'язані з різними факторами, зокрема – такими (основними): інформаційною складовою K_{IS} , постачанням нової техніки K_{NT} :

$$K_{NT} = \Delta E_{NT}/C_i, \quad K_{IS} = \Delta E_{IS}/C_i, \quad (2)$$

де ΔE_{NT} , ΔE_{IS} – відповідні складові річного прибутку (економічні ефекти). Відповідні 2-ва ефекти, яким відповідають коефіцієнти K_{NT} та K_{IS} і будуть забезпечувати інноваційну сприйнятливість та інноваційну здатність підприємства.

Ефективність бізнес-процесу прийняття управлінських рішень в умовах сталого розвитку підприємства з урахуванням інноваційної сприйнятливості будемо оцінювати також на основі показника ефективності K_W як відношення ефекту від потоку інформації ΔE_{IS} до частини витрат $\Delta C_i = W$, що забезпечують його досягнення:

$$K_{ISW} \equiv K_W = \Delta E_{IS}/\Delta C_i = \Delta E_{IS}/W. \quad (3)$$

Тут ΔE_{IS} – результат (ефект), пов'язаний з досягненням ефекту в результаті інформатизації; $\Delta E_{IS} = f(\Omega_{inf})$; Ω_{inf} – обсяг інформації, яка може забезпечити інноваційну сприйнятливість та інноваційну здатність

підприємства (інформаційна складова). Витрати на пошук, відбір, обробку, збереження і передачу інформації залежать від кількості інформації Ω_{inf} .

Встановлення оптимального значення кількості інформації Ω_{opt} є одним із завдань дослідження ($\Omega_{inf} \Rightarrow \Omega_{opt}$). Цьому значенню відповідатиме оптимальне значення коефіцієнта ефективності $K_W \Rightarrow K_{opt.} = \Delta E_{IS}(\Omega_{inf})/W$.

Основним співвідношенням для оцінювання економічної ефективності інформаційного забезпечення системи управління підприємством в контексті сталого розвитку та відповідних коефіцієнтів K_{IS} та K_W буде оптимізаційний критерій, який враховує відбір, підготовку та витрати інформації і має вигляд (аналогічний як у праці [14]):

$$Q(J_k, K_{IS}, K_W, FB(J_k)) = \int_{t_0}^{t_k} f(\bar{y}, \bar{u}, \bar{s}, \beta) dt \Rightarrow opt, \quad (4)$$

де J_k – інформаційні та фінансові потоки ($k = 1, 2, \dots, m$; m – загальне число інформаційних та фінансових потоків; $Q(J_k, K_{IS}, K_W, FB(J_k))$ – функціонал якості з урахуванням коефіцієнта чутливості β ; \bar{y} – вектор заданих впливів ($y_j(t)$ – компоненти вектора, $j = 1, 2, \dots, n$); \bar{u} – вектор керувань інформаційними та фінансовими потоками; \bar{s} – вектор невизначених збурень; $[t_0, t_k]$ – інтервал часу, в якому розглядається процес (формування оптимальних значень параметрів, які відповідають потокам J_k ; $f(\bar{y}, \bar{u}, \bar{s}, \beta)$ – функція, яка відображає показник якості); β – коефіцієнт чутливості; $FB(J_k)$ – функція, яка характеризує обернений зв'язок між потоками J_k і оточенням проекту з урахуванням коефіцієнта чутливості β і думок експертів; opt – символ оптимізації; t – час [14].

У першому наближенні розглянемо у комплексі три інноваційні проекти. Перший (основний) проект має інформаційний характер. Йому відповідає потік інформації J_1 та відповідний обсяг інформації Ω_{inf} , яку отримує досліджувана економічна система – наприклад, аграрне

підприємство. Другий інноваційний проект пов'язаний з постачанням нової сучасної техніки (J_2). Третьому інноваційному проекту відповідає процедура керування матеріальними запасами (зокрема – запасами сировини і готової продукції) з урахуванням інформаційних та фінансових потоків (J_{3inf}, J_{3fin})).

Нехай імовірність успішної реалізації інноваційного проекту щодо фінансування інформаційної складової ΔE_{IS} (відповідно до J_1) дорівнює $p(\Delta E_{IS})$. За умови впливу динамічного оточення Z_D на процес інформатизації підприємства імовірність успішної реалізації інноваційно-інформаційного проекту дорівнює $p(\Delta E_{IS}/Z_D)$. Тоді величину впливу динамічного оточення Z_D на інноваційно-інформаційний проект позначимо $d(\Delta E_{IS}/Z_D)$. Величина $d(\Delta E_{IS}/Z_D)$ залежить від імовірностей $p(\Delta E_{IS})$ та $p(\Delta E_{IS}/Z_D)$ і відповідний зв'язок представимо аналогічно як у праці [15]:

$$d(\Delta E_{IS} / Z_D) = 0,5\sqrt{B_{SD} / P_{SD} + P_{SD} / B_{SD} - 2}, \quad (5)$$

де $B_{SD} = p(\Delta E_{IS}/Z_D) \times (1 - p(\Delta E_{IS}))$; $P_{SD} = p(\Delta E_{IS}) \times (1 - p(\Delta E_{IS}/Z_D))$.

Сумарний вплив на всі проекти програми інформатизації представимо аналогічно як у праці [15]:

$$D_Z = D(Z_D) = \sum_i d(\Delta E_i / Z_D). \quad (6)$$

Тут $D(Z_D)$ – величина прибутку, яка характеризує вплив динамічного оточення на програму інформатизації; у першому наближенні $\Delta E_1 = \Delta E_{IS}$, $\Delta E_2 = \Delta E_{NT}$, тобто розглядаємо три інноваційні проекти ($i=1,2,3$).

Розглянемо множину протиризикових витрат M_i ($M_1 = \Delta M_{IS}$, $M_2 = \Delta M_{NT}$) на протидію впливу динамічного оточення. Відповідні протиризикові методи характеризують імовірності змін параметрів проектів, тобто для трьох проектів (інформатизації ($i=1$), впровадження нової техніки ($i=2$), керування запасами ($i=3$)) можна записати $p(\Delta E_{IS} / \Delta M_{IS})$, $p(\Delta E_{NT} / \Delta M_{NT})$, $p(\Delta E_{GT} / \Delta M_{GT})$, за аналогією до $p(\Delta E_{IS}/Z_D)$.

Реалізація витрат M_i ($i=1, 2$) супроводжується зміною величини впливу динамічного оточення Z_D на характеристики інноваційно-інформаційного проекту, які пов'язані з ризиком, і їх позначимо $d(\Delta E_{IS}/M_i)$ і визначимо аналогічно до (5):

$$d(\Delta E_{IS} / M_i) = 0,5\sqrt{B_{Si} / P_{Si} + P_{Si} / B_{Si} - 2}, \quad (7)$$

де $B_{Si} = p(\Delta E_{IS}/M_i) \times (1 - p(\Delta E_{IS}))$; $P_{Si} = p(\Delta E_{IS}) \times (1 - p(\Delta E_{IS}/M_i))$.

Якщо витрати на протидію ризикам $R(M_k)$, то вони приводять до фінансових змін $R(\Delta E_{IS})$. Тобто $R(\Delta E_{IS})$ – фінансові зміни, які характеризують ризик для проекту інформатизації підприємства. Тоді можна записати оптимізаційне співвідношення, яке доповнює співвідношення (4):

$$\sum_i \left[\left(d(\Delta E_i / Z_D) - \sum_k d(\Delta E_i / M_k) \right) \times R(\Delta E_i) + \sum_k R(M_k) \right] \Rightarrow \min. \quad (8)$$

Тут $\Delta E_{IS} = \Delta E_1$; $\Delta E_{NT} = \Delta E_2$; $\Delta E_{GT} = \Delta E_3$ при обмеженнях:

$$R(\Delta E_i) \leq R_G, \quad \sum_i \sum_k R(M_k) \leq R_G, \quad (9)$$

де R_G – граничні кошти, виділені на протидію ризикам.

Для визначення оптимальної кількості інформації $\Omega_{\text{inf}} \Rightarrow \Omega_{\text{opt}}$ і відповідного значення ризику $R_N(\Delta E_{IS})$ використаємо співвідношення (1)–(9) (зокрема – (4), (8)) і отримаємо у першому наближенні деяку функціональну залежність для оптимального значення кількості інформації, яка забезпечує сталий розвиток підприємства за умови заданих значень обмежень на ризики та прибуток (8), (9):

$$\Omega_{\text{opt}} = f(\Delta E_{IS}, \Delta E_{NT}, \Delta E_{GT}). \quad (10)$$

Для реалізації методики уточнення ризику $R_N(\Delta E_{IS})$ на основі статистичного підходу вводимо параметр $\Psi(R(\Delta E_{IS}))$ та відповідний інтегральний критерій аналогічно як у праці [16]:

$$\Psi(R(\Delta E_{IS})) = \sqrt{(\delta_Z)^2 + (S_{ZV})^2 + (\delta_{as})^2 + (\delta_{ex})^2} \Rightarrow \min. \quad (11)$$

Тут враховано множину статистичних показників, а саме: коефіцієнти варіації $\delta_z - 1$ показник, семіваріації $S_{zv} - 2$ показник, варіації асиметрії $\delta_{as} - 3$ показник, варіації ексцесу $\delta_{ex} - 4$ показник.

Із співвідношення (11) з урахуванням обмежень (8), (9) отримаємо функціональну залежність $R_{opt}(\Delta E_{IS}, \Delta E_{NT}, \Delta E_{GT})$.

В запропонованій моделі (1)–(11) (зокрема – (4), (8), (10), (11)) не розглянуто загального обсягу прямих та непрямих витрат, пов'язаних з неотриманням підприємством необхідної та можливої інформації, та не розроблено методику їх встановлення. Їх величина може бути врахована в якості позитивного економічного ефекту від одержання такої кількості інформації, що дозволить зменшити збитки підприємства до мінімуму.

Для оцінювання ефективності запропонованих проектів і удосконалення Ω_{opt} рекомендується використати методологію підвищення рейтингів проектів на основі підходу, який містить рівняння для ентропії [17]:

$$H_t = -\sum_{k=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (12)$$

де H_t – ентропія отримання інформації персоналом в результаті виконання проекту; p_i – ймовірність події, що визначає внесення ентропії в розглянутий процес; n – кількість подій (етапів), які характеризують потоки інформації про хід виконання інноваційного проекту в процесі виробництва продукції [17].

Процес контролю інформації під час виконання проекту з урахуванням інформатизації призводить до співвідношення, аналогічного як у праці [17]:

$$I_t = H_{t-1} - H_t. \quad (13)$$

Тут I_t – квант інформації (питома інформація); t – номер етапу отримання інформації (зовнішньої із ринкового середовища, внутрішньої –

на основі економетричної моделі, в основу якої покладемо співвідношення (4)–(8)).

Для інформації I_t запишемо балансове співвідношення, аналогічно як у праці [17]:

$$\frac{\partial I_t}{\partial \tau} + \text{div}J_I = \sigma_I, \quad (14)$$

де J_I , σ_I – потік та інтенсивність джерела інформації, яке характеризує інвестиційно-інноваційний проект відповідно; $\partial/\partial\tau$ – часткова похідна за часом τ .

Множину параметрів моделі (4)–(14) варто оптимізувати. Відповідна процедура призведе до зменшення ступеня невизначеності середовища прийняття рішень і може призвести до зміни управлінських рішень, що приймаються і використовуються для удосконалення процедури сталого розвитку підприємства. У відповідній методології можна використати низку корисних параметрів: фактичний коефіцієнт витрат сировини, фактори пропозицій від постачальників, інформацію про ціну продукції підприємств-конкурентів, які займаються випуском аналогічної продукції тощо.

Одержання додаткової кількості достовірної інформації призведе до прийняття економічно більш вигідних управлінських рішень, що принесе підприємству додатковий прибуток. Однак, з іншого боку, отримання додаткової кількості інформації для ΔE_{IS} вимагатиме додаткових витрат M_i , і, отже, знову використання додаткової інформації приведе до додаткового економічного ефекту $\Omega(I_t)$. У цьому випадку можемо записати:

$$K_W = \Delta E_{IS}(\Omega_{\text{inf}}, \Delta\Omega, J_t, I_t) / W \Rightarrow K_{\text{opt}}. \quad (15)$$

З допомогою співвідношень (4), (8) розв'яжемо оптимізаційну задачу, в результаті якої отримаємо функціональну залежність для

відповідних змін прибутку $dD(Z_D)$:

$$dD_Z = f(\Omega_{\text{inf}}, J_t, I_t, K_W) d\Omega. \quad (16)$$

Тут $f(\Omega_{\text{inf}}, J_t, I_t, K_W)$ – функціональна залежність, яку отримаємо в результаті апроксимації результату розв’язання оптимізаційної задачі з урахуванням прибутку D_Z , витрат ΔE_{IS} , ΔE_{NT} , ΔE_{GT} та економічного ефекту K_W .

Якщо обмежитись невеликими змінами інформаційного забезпечення та прибутку, то функцію $f(\Omega_{\text{inf}}, J_t, I_t, K_W)$ можна виразити та оцінити з допомогою відповідних значень похідної:

$$f(\Omega_{\text{inf}}, J_t, I_t, K_W) = \frac{dD_Z}{d\Omega}. \quad (17)$$

Додатковий дохід, що пов’язаний з множиною протиризикових витрат M_i не завжди є лінійною функцією від Ω_{inf} (тобто – нелінійною), оскільки одержання кожної наступної додаткової кількості інформації приводить до меншого додаткового прибутку у порівнянні з попереднім значенням. В результаті показник ефективності K_W підприємства монотонно зменшується і наближається до граничного значення.

При цьому, якщо розглянути у комплексі три вище запропоновані інноваційні проекти з урахуванням множини протиризикових витрат, то можна отримати певний максимальний прибуток D_{max} , що буде згідно (15), (16) відповідати оптимальному управлінському рішенням:

$$\lim_{K_W \rightarrow K_{\text{opt}}} \Omega_{\text{inf}} \Rightarrow \Omega_{\text{opt}}, \quad \lim_{K_W \rightarrow K_{\text{opt}}} D_Z \Rightarrow D_{\text{max}}. \quad (18)$$

На основі співвідношень (11)–(18) з урахуванням (4), (8) отримаємо оптимальне значення показника ефективності підприємства в контексті сталого розвитку K_{opt} з урахуванням значення оптимального (максимального за відповідних умов (8), (9)) прибутку D_{max} .

Для оцінювання етапів процедури реалізації системи критеріїв (4),

(8), (18) використаємо модель програмно-проектно-цільового підходу (далі – МППЦП) [18], яку орієнтуємо на інструментарій удосконалення виробничого процесу і наближення параметрів (18) до оптимального значення в умовах підвищеного ризику. В цьому контексті доцільно удосконалити елементи інформаційної технології, в основі якої використання моделі МППЦП для проекту (4), (8), (18) з урахуванням інформаційного балансу.

Для ідентифікації та моделювання якості функціонування підприємства в контексті сталого розвитку на першому етапі сформулюємо аналітичне співвідношення мультиплікативного типу для інформаційного балансу як відношення добутку позитивних і нейтральних інформаційних потоків (далі – ІП) до добутку всіх ІП, включно з сумнівними потоками, які уведемо аналогічно як у праці [19]:

$$\Psi_J = \frac{\sum J_+ J_0}{\sum J_+ J_0 J_-}, \quad (19)$$

де Ψ_J – фактор інформаційного балансу, J_+ – позитивні ІП; J_0 – нейтральні ІП; J_- – сумнівні ІП.

Для ідентифікації та моделювання якості функціонування підприємства в контексті сталого розвитку на другому етапі використаємо рейтинговий підхід і для конкретного етапу оптимізаційного процесу на основі підходів інформатизації [20] запишемо співвідношення у вигляді:

$$R_P = \frac{\Sigma P}{\Sigma P + \Sigma N + \Sigma Q}. \quad (20)$$

Тут R_P – відносний рейтинг позитивної інформації; $\Sigma P = \alpha \sum_{i=1}^{zp} I_{bi}(a_{pi})$;

$\Sigma N = \beta \sum_{i=1}^{zn} I_{bi}(a_{ni})$; $\Sigma Q = \gamma \sum_{i=1}^{zs} I_{bi}(a_{si})$; ΣP , ΣN , ΣQ – міра позитивної,

нейтральної і сумнівної інформації відповідно; a_{pi} , a_{ni} , a_{si} – фактори позитивної, нейтральної і сумнівної інформації; i – індекси ($i = 1, 2, 3, \dots$),

порядкові номери; $I_{bi}(a_{pi})=H_i(a_{pi})-H_{bi}(a_{pi}); I_{bi}(a_{ni})=H_i(a_{ni})-H_{bi}(a_{ni}); I_{bi}(a_{si})=H_i(a_{si})-H_{bi}(a_{si}); H_i(a_{pi}), H_i(a_{ni}), H_i(a_{si})$ – ентропія, міра недостатньої інформації про відповідну систему із множин a_{pi}, a_{ni}, a_{si} ; $H_{bi}(a_{pi}), H_{bi}(a_{ni}), H_{bi}(a_{si})$ – ентропія, міра невизначеності інформації після отримання повідомлення, символ якого bi ; α, β, γ – коефіцієнти вагомості;

$$H_i(a_{pi}) = -\sum_{j=1}^{N_{pi}} P_{pij} \log(P_{pij}); \quad H_i(a_{ni}) = -\sum_{j=1}^{N_{ni}} P_{nij} \log(P_{nij}); \quad H_i(a_{si}) = -\sum_{j=1}^{N_{si}} P_{sij} \log(P_{sij}); \quad P_{pij},$$

P_{nij}, P_{sij} – ймовірності того, що системи із множин a_{pi}, a_{ni}, a_{si} знаходяться в j -му стані відповідно. $I_{bi}(a_{pi}), I_{bi}(a_{ni}), I_{bi}(a_{si})$ – кількість інформації в системах (множинах a_{pi}, a_{ni}, a_{si}).

На відміну від (19) для формування (20) використано адитивний підхід стосовно параметрів моделі. Аналогічно як у праці [21] введемо міру цінності семантичної інформації, корисної для підвищення якості оптимізаційного процесу:

$$C_{bi} = \frac{I_{Ci}}{V_{Di}}; \quad I_{Ci} = \log P_{1i} - \log P_{2i} = \log \left(\frac{P_{1i}}{P_{2i}} \right). \quad (21)$$

Тут P_{1i} – ймовірність досягнення мети до отримання інформації; P_{2i} – ймовірність досягнення мети (отримання і використання спеціальних знань) після отримання навчальної інформації; V_{Di} – загальний обсяг даних; I_{Ci} (тобто $I_{Ci}(a_{pi}), I_{Ci}(a_{ni}), I_{Ci}(a_{si})$) як і $I_{bi}(a_{pi}), I_{bi}(a_{ni}), I_{bi}(a_{si})$ – кількість семантичної інформації в системах параметрів (множинах a_{pi}, a_{ni}, a_{si}). Якщо $P_{1i} < P_{2i}$, то отримана інформація має від'ємний знак і в цьому випадку вона має сенс дезінформації [21]. Відповідно до $I_{Ci}(a_{pi}), I_{Ci}(a_{ni}), I_{Ci}(a_{si})$ встановимо компоненти C_{bi} , тобто $C_{bi}(a_{pi}), C_{bi}(a_{ni}), C_{bi}(a_{si})$ згідно (21) для трьох множин a_{pi}, a_{ni}, a_{si} .

Міра семантичної інформації C_{bi} враховує не лише структуру і зміст самого повідомлення (bi), що розглядається ізольовано, а також запас знань у одержувача (користувача) інформації [21]. Тобто міра семантичної інформації вказує, яку новизну несе одержувачеві повідомлення в

порівнянні з тим, що він уже отримав раніше [21]. Можна стверджувати, що семантична інформація одного і того ж повідомлення є неоднаковою для різних користувачів і залежить від рівня їх знань або, як прийнято говорити, від їх тезаурусу [21]. Тому є сенс усереднювати семантичну інформацію, тобто визначити середнє значення відносного рейтингу позитивної інформації $R_S(C_{bi}, I_{Ci})$.

Аналогічно до (20) уведемо відношення:

$$K_{QC} = \frac{\alpha \sum C_{bi}(a_{pi})}{\alpha \sum C_{bi}(a_{pi}) + \beta \sum C_{bi}(a_{ni}) + \gamma \sum C_{bi}(a_{si})}. \quad (22)$$

Тут K_{QC} має зміст відносної інтегральної цінності семантичної інформації. Параметр K_{QC} трактуємо як коефіцієнт якості семантичної інформації стосовно Ω_{inf} з погляду ціннісного підходу.

Ефективність продукції підприємства позначимо K_P . З K_P пов'язана якість виробничого процесу і відповідну функцію якості J_P продукції підприємства вводимо аналогічно як у співвідношенні (4):

$$J_P = f_P(\bar{y}, \bar{u}, \bar{s}, K_P, \delta) \Rightarrow opt, \quad (23)$$

де δ – коефіцієнт чутливості.

Для оптимізації процедури функціонування підприємств в контексті сталого розвитку необхідно використовувати оптимальну кількість запасів. Тому розглянемо третій проект логістичного забезпечення підприємства запасами. Резервні або «буферні» товарно-матеріальні запаси служать свого роду «аварійним» джерелом постачання в тих випадках, коли попит на даний товар перевищує очікування.

Для оптимізації процедури функціонування підприємств і оцінювання якості продукції економічно обґрунтований розмір необхідних матеріальних запасів у першому наближенні визначаємо за формулою, аналогічною як у праці [22]:

$$RZ1 = EOQ_1 = \sqrt{2S_P C_1 / C_2}, \quad (24)$$

де $ERZI = EOQ_i$ – оптимальний середній розмір партії постачання товарів; S_p – обсяг виробничого споживання запасів у даному часовому періоді; C_1 – середня вартість розміщення одного замовлення; C_2 – вартість утримання одиниці товару в даному періоді.

Закордонний досвід управління підприємствами показує, що значний інтерес для ефективного управління запасами представляє «Модель економічно обґрунтованого розміру замовлення» (англ. *Economic Order Quantity – EOQ model*), сутність якої може бути використана для оптимізації розміру як виробничих запасів, так і запасів готової продукції [22]. Розрахунковий механізм моделі *EOQ* ґрунтується на мінімізації сукупних операційних витрат на закупівлю [22].

Згідно з результатами досліджень [22], аналогічно до (24) деякі співвідношення для обсягу матеріальних запасів необхідних товарів і продукції підприємства мають такий вигляд:

$$RZ2 = MBZ - PZ + OP, \quad (25)$$

$$RZ3 = MBZ - PR + OP, \quad (26)$$

$$RZ4 = EOQ_4 = 2A_v \cdot D_v / (V_v \cdot R_v), \quad (27)$$

$$RZ5 = \sqrt{2C_0 \cdot P_R / X_R} \times (X_R - P_{ST}) / (X_R + P_{ST}), \quad (28)$$

$$RZ6 = EOQ_6 = \sqrt{2C_0 \cdot S_p / (C_i U_Z)}. \quad (29)$$

Тут PZ_i ($i=1, 2, \dots, 6$) – розмір партії замовлення, од.; MBZ – максимальний бажаний запас, од.; PZ – поточний запас, од.; PR – пороговий рівень запасу, од.; OP – очікуваний вжиток за час постачання, од.; A_v – витрати на виробництво; D_v – середній рівень попиту; V_v – питомі витрати на виробництво; R_v – витрати на зберігання; P_R – щорічне споживання запасів, од.; C_0 – річні витрати на замовлення запасів, грош. од.; X_R – річна вартість зберігання одиниці запасу, грош. од.; P_{ST} – витрати страхового запасу на рік; C_i – закупівельна ціна одиниці товару, грн.; S_p – річний обсяг продажів, од.; U_Z – частка витрат зберігання в ціні одиниці

товару.

Серед варіантів моделей розрахунку оптимального рівня запасів особливо виділяється формула Уїлсона (англ. *Wilson Formula*), яку називають формулою оптимального розміру замовлення, або формулою економічного розміру замовлення (англ. *Economic Order Quantity – EOQ model*) (29).

Пропонуємо методику визначення оптимального замовлення з урахуванням коефіцієнта варіації V_S (підхід ABC/XYZ-аналізу) [23]. Цей метод відображає розкид значень досліджуваних параметрів відносно середнього значення (з урахуванням обсягу замовлення, рівня продажів, кількості клієнтів тощо) [23]:

$$V_S = \Delta S / X_S, \quad (30)$$

де ΔS – стандартне квадратичне відхилення; X_S – середнє значення досліджуваних параметрів.

Підхід ABC/XYZ-аналізу розглядаємо як перший етап аналізу організації роботи складського господарства та пов'язаних із ним логістичних процесів (зокрема – закупівельної та збутової логістики), оскільки має на меті упорядкування товарно-матеріальних ресурсів відповідно до визначених параметрів (24)–(29) для підвищення точності планування, організації, контролю, а також для регулювання обсягів та зменшення логістичних витрат. Згідно з методом ABC/XYZ-аналізу інформація щодо товарів (з урахуванням вартості та кількості) ранжується на три групи (A, B, C) [23]: група A (на яку припадає орієнтовно 20% обсягу запасів, що становлять 80% вартості запасів); група B (вона налічує близько 30% обсягу запасів, які становлять близько 10% вартості запасів); група C (найчисельніші запаси – близько 50% обсягу запасів, однак їх вартість є незначною – близько 10% загальної вартості).

Як бачимо з приведенного переліку найбільший вплив на кінцевий

результат мають перші дві групи показників.

На другому етапі оцінювання якості продукції підприємства до перших двох груп А і В застосуємо формулу Уїлсона (англ. *Wilson Formula*) (29) та інші аналогічні формули (24)–(28) з урахуванням оптимізаційних співвідношень (4)–(23). В результаті визначимо найбільш значущі для підприємства групи товарів (для А і В), а потім розрахуємо граничний обсяг запасів з використанням процедури усереднення для двох груп А і В окремо і разом.

Для першої групи А характерні найбільш цінні серед усієї сукупності товари. Відповідно до цього групі А відповідає принцип Парето (англ. *Pareto Principle 80/20*) [24] і ця група вимагає детального планування, а також підвищеного та постійного моніторингу з боку спеціалістів із логістичного управління.

Розглянемо деякі аспекти цьому напрямі стосовно аграрного сектора економіки, оскільки сьогодні агробізнес за умов глобалізації набуває нових напрямів функціонування і розвитку.

Так, в агробізнесі в останній час використовуються нові функціональні наноматеріали, що виявляють економічну ефективність, біосумісність і здатність до біодеградації у вигляді нанодобавок, нанодобрив, наносенсорів, нанопестицидів і гербіцидів тощо [25]. Такі наноматеріали демонструють здатність збільшувати виробництво сільськогосподарських культур, уможливають ефективну та цілеспрямовану доставку агрохімікатів і поживних речовин, підвищують стійкість рослин до різних стресових факторів, діють як наносенсори для виявлення різноманітних забруднюючих речовин, хвороб рослин і забезпечують ефективне живлення рослин [25].

Сталий розвиток і ефективне функціонування аграрного підприємства можуть бути досягнуті шляхом розробки та сталого використання плодів нанобіотехнологій, щоб збалансувати переваги

нанотехнологій у розв'язанні екологічних проблем [26]. У цьому контексті критично оцінюється роль нанобіотехнології у багатьох аспектах сільського господарства, від синтезу наночастинок до контрольованої та цілеспрямованої доставки, поглинання, транслокації, розпізнавання, взаємодії з рослинними клітинами комплексів наночастинок (з урахуванням потенціалів токсичності), коли вони представлені рослинним клітинам.

Для оцінювання продукції підприємства і запасів з урахуванням наноматеріалів та нанобіотехнологій використаємо критерій якості згідно з методикою, яка представлена у праці [27].

Аналогічно як у праці [27] мультиплікативний кваліметричний критерій якості для продукції підприємства у сфері агробізнесу подамо у вигляді:

$$Z_1 = \prod_{i=1}^m k_i = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 \cdot k_9 \Rightarrow \max, \quad (31)$$

де k_i – параметри ($i=1, 2, \dots, 9$), які характеризують план удосконалення технологічного процесу агробізнесу, зокрема: k_1 – управління та контроль даними, які стосуються моніторингу продукції системи; k_2 – методики сприйнятливості; k_3 – методи оцінювання впливу наноматеріалів на якість агропродукції; k_4 – методи забезпечення сталого розвитку і функціонування агропідприємства з урахуванням сталого використання плодів нанобіотехнологій; k_5 – методики інноваційної діяльності у сфері селекції та технології виробництва сільськогосподарської продукції; k_6 – методики впровадження новітніх моделей управління сільськогосподарським підприємством; k_7 – методики удосконалення діяльності у сфері виробництва, збереження та переробки сільськогосподарської продукції; k_8 – методики логістики агробізнесу; k_9 – методики управління ефективністю агробізнесу з урахуванням ключових показників ефективності згідно економіко-математичної моделі

визначення оптимальної кількості інформації, яка повинна забезпечити підприємство позитивною інноваційною сприйнятливістю та інноваційною здатністю для прийняття ним ефективних управлінських рішень в умовах сталого розвитку з урахуванням співвідношень (1)–(31).

Уведемо також критерій якості Z_2 у адитивній формі аналогічно [27] і комбінований критерій Z_K з урахуванням множини параметрів k_j :

$$\begin{aligned} Z_2 = a_1 k_{10} + a_2 k_{11} + a_3 k_{12} + a_4 k_{13} + \\ + a_5 k_{14} + a_6 k_{15} + a_7 k_{16} + a_8 k_{17} + a_9 k_{18}, \end{aligned} \quad Z_K = a_{10} Z_1 + a_{11} Z_2, \quad (32)$$

де a_j ($j=1, 2, \dots, 11$) – коефіцієнти вагомості, які визначаємо експертним методом. Параметри k_j характеризують [27]: k_{10} – методики забезпечення підприємства надійною матеріально-технічним обладнанням; k_{11} – методики збереження та переробки сільськогосподарської продукції; k_{12} – методики агросервісного обслуговування; k_{13} – методики реалізації (маркетингу) сільськогосподарської продукції; k_{14} – методики діяльності щодо поводження з відходами сільськогосподарського виробництва; k_{15} – методики аграрних інновацій; k_{16} – методики впровадження процедури аналізу ризиків; k_{17} – методики, які характеризують сільськогосподарські кластери; k_{18} – методики, які забезпечують умови сталого розвитку з урахуванням ефективного використання запасів.

В першому наближенні вибираємо:

$$a_1 = a_2 = \dots = a_9 = 1/9; \quad a_{10} = a_{11} = 0,5. \quad (33)$$

Співвідношення (1)–(33), доповнені ідеями і положеннями праць [1–42], складають основу нової математичної моделі, результати якої допомагають прогнозувати надійність, якість, ефективність економіко-математичної моделі агропромислового підприємства та оцінювати його ресурс.

Для аналізу якості виробничого (технологічного) процесу виготовлення продукції вводимо функцію компромісу M :

$$M = \alpha_m \cdot \Psi(R(\Delta E_{IS})) + \beta_m \cdot K_W + \gamma_m \cdot J_P \Rightarrow opt. \quad (34)$$

Тут α_m , β_m , γ_m – коефіцієнти вагомості, які оцінюємо експертно.

В основі інформаційної технології виробничого процесу модель для зменшення ризику $R(\Delta E_{IS})$ і підвищення якості J_P та ефективності K_W інформації, отриманої споживачами. Оскільки $R_{opt}(\Delta E_{IS})$ та K_{opt} визначено з допомогою (11), (18), то з урахуванням (19)–(33) і оптимізаційного співвідношення (34) отримаємо уточнене оптимальне значення J_{opt} якості продукції аграрного підприємства, яке задовільняє критеріальним співвідношенням (31), (32) ($J_P \Rightarrow J_{opt}$).

Висновки. За результатами проведеного дослідження:

1. Розроблено економіко-математичну оптимізаційну модель для ідентифікації та аналізу процесів функціонування за умов сталого розвитку підприємства з урахуванням проектного підходу та критеріальних співвідношень для функціоналу якості, обмежень на ризики та мультиплікативного і адитивного критеріїв якості. Розглянуто три проекти, пов'язані з інформаційним забезпеченням (інформаційними потоками), впровадженням нової техніки та логістичним забезпеченням агротехнічного підприємства запасами.

2. З урахуванням оптимізаційного функціоналу якості та обмежень на ризики розроблено підхід для оцінювання оптимальної кількості інформації Ω_{opt} і відповідного значення ризику $R_{opt}(\Delta E_{IS})$, які забезпечують сталий розвиток підприємства за умови заданих значень обмежень на ризики та прибуток.

3. З урахуванням оптимізаційного моделювання логістичних витрат щодо ідентифікації та впорядкування запасів, а також мультиплікативного та адитивного критеріїв якості проведено оцінювання оптимального значення J_{opt} якості продукції підприємства, якому відповідає позитивна інноваційна сприйнятливість та інноваційна здатність для прийняття

ефективних управлінських рішень за умов сталого розвитку.

Подальші дослідження доцільно проводити в напрямі удосконалення діагностики діяльності і моделювання розвитку бізнес-структури (підприємства) в умовах невизначеності і ризику.

Література

1. Popova N., Kataiev A., Nevertii A., Kryvoruchko O., Skrynkovsky R. Marketing Aspects of Innovative Development of Business Organizations in the Sphere of Production, Trade, Transport, and Logistics in VUCA Conditions // *Studies of Applied Economics*. 2021. № 38(4). doi: <https://doi.org/10.25115/eea.v38i4.3962>
2. Кузьмін О. Є. *Сучасний менеджмент*. Львів: «Центр Європи», 1995. 176 с.
3. Mescon M. H., Albert M., Khedouri F. *Management*. New York: Harper & Row, 1988. 777 p.
4. Зелікман В. Д., Заяць Є. І. Економіко-математична модель оптимізації інформаційного забезпечення системи управління підприємством // *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2004. № 3. С. 113–121.
5. Bochkarev A., Urasova A., Balandin D. A. Methodological aspects of information support in the enterprise management system // *IV International Scientific and Practical Conference*. 2021. doi: <https://doi.org/10.1145/3487757.3490853>
6. Duan Q., Chakrabarty K., Zeng J. Production Workflow Optimization // *Data-Driven Optimization and Knowledge Discovery for an Enterprise Information System*. 2015. P. 29–59. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-18738-9_3
7. Lavazza L., Sedehi H. Damas: An Integrated Business Modelling Information System to Support Management Enterprise Decisions //

- Enterprise Information Systems*. 2000. P. 155–162. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-015-9518-6_16
8. Lupak R., Kynytska-Iliash M., Berezivskiy Y., Nakonechna N., Ivanova L., Vasylytsiv T. Information and analytical support system of enterprise competitiveness management // *Accounting*. 2021. № 7(7). P. 1785–1798. doi: <https://doi.org/10.5267/j.ac.2021.4.018>
 9. Nikravesh M. Intelligent decision support and information systems in enterprise: evolutionary-based optimization // *2005 IEEE International Conference on Granular Computing*. 2005. doi: <https://doi.org/10.1109/grc.2005.1547360>
 10. Skrynkovskyy R. M. An IT Audit as a Tool for Strategic Enterprise Management // *The Problems of Economy*. 2018. № 1. P. 231–236.
 11. Skrynkovskyy R. M. Diagnosing the Maturity Level of IT Processes at the Enterprise // *Business Inform*. 2018. № 4. С. 377–383.
 12. Wei W., Yong H. Application of Decision Support System in Business Enterprise Management // *2010 International Forum on Information Technology and Applications*. 2010. doi: <https://doi.org/10.1109/ifita.2010.44>
 13. Yershova O. O. Information support for enterprise business process development management // *Management*. 2018. № 27(1). P. 100–110. doi: <https://doi.org/10.30857/2415-3206.2018.1.9>
 14. Skrynkovskyy R. M., Yuzevych L. V., Ogirko O. I., Pawlowski G. Big Data Approach Application for Steel Pipelines in the Conditions of Corrosion Fatigue // *Journal of Engineering Sciences*. 2018. Vol. 5(2). P. E27–E32. doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2018.5\(2\).e6](https://doi.org/10.21272/jes.2018.5(2).e6)
 15. Тесля Ю. М., Кубявка Л. Б. Концепція побудови та функції системи протиризикового управління проектами у програмах інформатизації // *Управління розвитком складних систем*. 2014. Вип. 19. С. 93–97.
 16. Yuzevych V., Klyuvak O., Skrynkovskyy R. Diagnostics of the system of

- interaction between the government and business in terms of public e-procurement // *Economic Annals-XXI*. 2016. Vol. 160(7–8). P. 39–44. doi: <https://doi.org/10.21003/ea.v160-08>
17. Bejan A. *Advanced Engineering Thermodynamics*. Fourth Edition Published by John Wiley & Sons, Inc. 2016. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119245964>
 18. Ворвинець Б. М. Програмно-цільовий підхід до розв'язання проблем на регіональному ринку праці // *Економічний форум*. 2015. № 1. С. 50–59.
 19. Корнєєв В. Проблема формування інформаційного комфорту сприймача в структурній побудові твору // *Стиль і текст*. 2006. Вип. 7. С. 247–253.
 20. Томашевський О. М., Цегелик Г. Г., Вітер М. Б., Дудук В. І. *Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів*. Київ: «Видавництво «Центр учбової літератури», 2012. 296 с.
 21. Мізюк Б. М. Інформаційна природа управління // *Економіка та держава*. 2012. № 2. С. 8–12.
 22. Селєзньова Н. О., Казакова І. С. Використання формули Вілсона для визначення економічного розміру замовлення на промислових підприємствах // *Вісник Запорізького національного університету*. 2012. Вип. 16, № 4. С. 100–105.
 23. Kaczorowska Z., Staniec I., Szczygieł N. Klasyfikacja ABC/XYZ w zarządzaniu gospodarką materiałową w przedsiębiorstwie produkcyjnym // *Zeszyty Naukowe. Organizacja I Zarządzanie*. 2019. № 73(1228). P. 43–54. doi: <https://doi.org/10.34658/oiz.2019.73.43-54>
 24. Craft R. C., Leake C. The Pareto principle in organizational decision making // *Management Decision*. 2002. № 40(8). P. 729–733. doi: <https://doi.org/10.1108/00251740210437699>
 25. Spanos A., Athanasiou K., Ioannou A., Fotopoulos V., Krasia-Christoforou

- T. Functionalized Magnetic Nanomaterials in Agricultural Applications // *Nanomaterials*. 2021. № 11(11). 3106. doi: <https://doi.org/10.3390/nano11113106>
26. Chugh G., Siddique K. H. M., Solaiman Z. M. Nanobiotechnology for Agriculture: Smart Technology for Combating Nutrient Deficiencies with Nanotoxicity Challenges // *Sustainability*. 2021. № 13(4). 1781. doi: <https://doi.org/10.3390/su13041781>
27. Yuzevych V., Pavlenchyk N., Zaiats O., Heorhiadi N., Lakiza V. Qualimetric Analysis of Pipelines with Corrosion Surfaces in the Monitoring System of Oil and Gas Enterprises // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2020. № 9(1). P. 1145–1150. doi: <https://doi.org/10.35940/ijrte.a1341.059120>
28. Sumets A., Serbov M., Skrynkovskyy R., Faldyna V., Satusheva K. Analysis of influencing factors on the development of agricultural enterprises based on e-commerce technologies // *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. № 6(4). P. 211–231. doi: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.11>
29. Sumets A., Kniaz S., Heorhiadi N., Skrynkovskyy R., Matsuk V. Methodological toolkit for assessing the level of stability of agricultural enterprises // *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2022. № 8(1). P. 235–255. doi: <https://doi.org/10.51599/are.2022.08.01.12>
30. Skrynkovskyy R. M., Sopilnyk L. I., Tsyuh S. I. Improving the Enterprise Development Model: New Solutions Based on the Principles of Management, Marketing and Economic Diagnosis // *Business Inform.* 2020. № 4. P. 191–199. doi: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-4-191-199>
31. Melnyk O., Todoshchuk A., Adamiv M. The role of socio-economic diagnostics in an enterprise management system // *Baltic Journal of*

- Economic Studies*. 2018. № 4(3). P. 165–171. doi: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-3-165-171>
32. Skrynkovskyy R., Tyrkalo Y. Entrepreneurial Risks: Nature, Types, Assessment Methods and Ways to Reduce Them // *Path of Science*. 2021. Vol. 7(12), P. 2015–2023. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.77-11>
33. Мельник О. Г. *Системи діагностики діяльності машинобудівних підприємств: полікритеріальна діагностика та інструментарій*: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 344 с.
34. Кривов'язюк І. В. *Функціонування та розвиток підприємств в умовах кризи: системно-аналітичний підхід*: монографія. Луцьк: ЛНТУ, 2012. 392 с.
35. Павловські Г. *Розвиток системи управлінської діагностики підприємства*: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Львівський університет бізнесу та права. 2017. Львів. 20 с.
36. Щебель А. І. *Управління потенціалом підприємства в системі координат організаційного розвитку*: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Львівський університет бізнесу та права. 2020. Львів. 20 с.
37. Skrynkovskyy R., Kataiev A., Zaiats O., Andrushchenko H., Popova N. Competitiveness of The Company on The Market: Analytical Method of Assessment and The Phenomenon of The Impact of Corruption in Ukraine // *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. 2021. № 14(Special Issue). P. 79–86. doi: <https://doi.org/10.22094/joie.2020.677836>
38. Tyrkalo Y. Monitoring Risk Management in the System of Values of Sustainable Development of a Construction Company // *Path of Science*. 2022. Vol. 8(5). P. 5008–5018. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.81-12>
39. Tyrkalo Y. Application of Riskology Approaches for the Three-Continuum Model of Business Risk Management in the Value System of Sustainable

- Development // *Path of Science*. 2022. Vol. 8(6). P. 1009–1018. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.82-3>
40. Tyrkalo Y. Regulation in Business Risk Management Based on the Provisions of the Concept of Sustainable Development for a Building Enterprise // *Path of Science*. 2022. Vol. 8(7). P. 1001–1010. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.83-1>
41. Погорелов Ю. С. Моделювання розвитку підприємства // *Актуальні проблеми економіки*. 2009. № 10. С. 51–59.
42. Skrynkovskyy R., Hladun V., Kramar M. Information Technologies in the Organization of Accounting at the Enterprise // *Path of Science*. 2019. Vol. 5(2). P. 3001–3010. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.43-3>

References

1. Popova N., Kataiev A., Nevertii A., Kryvoruchko O., Skrynkovskyy R. Marketing Aspects of Innovative Development of Business Organizations in the Sphere of Production, Trade, Transport, and Logistics in VUCA Conditions // *Studies of Applied Economics*. 2021. № 38(4). doi: <https://doi.org/10.25115/eea.v38i4.3962>
2. Кузьмін О. Є. *Сучасний менеджмент*. Львів: «Центр Європи», 1995. 176 с.
3. Mescon M. H., Albert M., Khedouri F. *Management*. New York: Harper & Row, 1988. 777 p.
4. Zelikman V. D., Zaiats Ye. I. Ekonomiko-matematychna model optymizatsii informatsiinoho zabezpechennia systemy upravlinnia pidpriemstvom // *Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2004. № 3. S. 113–121 (Ukrainian).
5. Bochkarev A., Urasova A., Balandin D. A. Methodological aspects of information support in the enterprise management system // *IV International Scientific and Practical Conference*. 2021. doi:

<https://doi.org/10.1145/3487757.3490853>

6. Duan Q., Chakrabarty K., Zeng J. Production Workflow Optimization // *Data-Driven Optimization and Knowledge Discovery for an Enterprise Information System*. 2015. P. 29–59. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-18738-9_3
7. Lavazza L., Sedehi H. Damas: An Integrated Business Modelling Information System to Support Management Enterprise Decisions // *Enterprise Information Systems*. 2000. P. 155–162. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-015-9518-6_16
8. Lupak R., Kynytska-Iliash M., Berezivskyi Y., Nakonechna N., Ivanova L., Vasylytsiv T. Information and analytical support system of enterprise competitiveness management // *Accounting*. 2021. № 7(7). P. 1785–1798. doi: <https://doi.org/10.5267/j.ac.2021.4.018>
9. Nikraves M. Intelligent decision support and information systems in enterprise: evolutionary-based optimization // *2005 IEEE International Conference on Granular Computing*. 2005. doi: <https://doi.org/10.1109/grc.2005.1547360>
10. Skrynkovskyy R. M. An IT Audit as a Tool for Strategic Enterprise Management // *The Problems of Economy*. 2018. № 1. P. 231–236.
11. Skrynkovskyy R. M. Diagnosing the Maturity Level of IT Processes at the Enterprise // *Business Inform*. 2018. № 4. C. 377–383.
12. Wei W., Yong H. Application of Decision Support System in Business Enterprise Management // *2010 International Forum on Information Technology and Applications*. 2010. doi: <https://doi.org/10.1109/ifita.2010.44>
13. Yershova O. O. Information support for enterprise business process development management // *Management*. 2018. № 27(1). P. 100–110. doi: <https://doi.org/10.30857/2415-3206.2018.1.9>
14. Skrynkovskyy R. M., Yuzevych L. V., Ogirko O. I., Pawlowski G. Big

- Data Approach Application for Steel Pipelines in the Conditions of Corrosion Fatigue // *Journal of Engineering Sciences*. 2018. Vol. 5(2). P. E27–E32. doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2018.5\(2\).e6](https://doi.org/10.21272/jes.2018.5(2).e6)
15. Teslia Y. M., Kubiavka L. B. Kontsepsiia pobudovy ta funktsii systemy protyryzykovoho upravlinnia proektamy u prohramakh informatyzatsii // *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*. 2014. Vyp. 19. S. 93–97 (Ukrainian).
 16. Yuzevych V., Klyuvak O., Skrynkovskyy R. Diagnostics of the system of interaction between the government and business in terms of public e-procurement // *Economic Annals-XXI*. 2016. Vol. 160(7–8). P. 39–44. doi: <https://doi.org/10.21003/ea.v160-08>
 17. Bejan A. *Advanced Engineering Thermodynamics*. Fourth Edition Published by John Wiley & Sons, Inc. 2016. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119245964>
 18. Vorvynets B. M. Prohramno-tsilovyi pidkhid do rozviazannia problem na rehionalnomu rynku pratsi // *Ekonomichnyi forum*. 2015. № 1. S. 50–59 (Ukrainian).
 19. Kornieiev V. Problema formuvannia informatsiinoho komfortu spryimacha v strukturnii pobudovi tvoruu // *Styl i tekst*. 2006. Vyp. 7. S. 247–253 (Ukrainian).
 20. Tomashevskyy O. M., Tsehelyk H. H., Viter M. B., Duduk V. I. *Informatsiini tekhnolohii ta modeliuvannia biznes-protsesiv*. Kyiv: «Vydavnytstvo «Tsentru uchbovoi literatury», 2012. 296 s. (Ukrainian).
 21. Miziuk B. M. Informatsiina pryroda upravlinnia // *Ekonomika ta derzhava*. 2012. № 2. S. 8–12 (Ukrainian).
 22. Seleznova N. O., Kazakova I. S. Vykorystannia formuly Vilsona dlia vyznachennia ekonomichnoho rozmiru zamovlennia na promyslovykh pidpriemstvakh // *Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu*. 2012. Vyp. 16, № 4. S. 100–105 (Ukrainian).

23. Kaczorowska Z., Staniec I., Szczygieł N. Klasyfikacja ABC/XYZ w zarządzaniu gospodarką materiałową w przedsiębiorstwie produkcyjnym // *Zeszyty Naukowe. Organizacja I Zarządzanie*. 2019. № 73(1228). P. 43–54. doi: <https://doi.org/10.34658/oiz.2019.73.43-54>
24. Craft R. C., Leake C. The Pareto principle in organizational decision making // *Management Decision*. 2002. № 40(8). P. 729–733. doi: <https://doi.org/10.1108/00251740210437699>
25. Spanos A., Athanasiou K., Ioannou A., Fotopoulos V., Krasia-Christoforou T. Functionalized Magnetic Nanomaterials in Agricultural Applications // *Nanomaterials*. 2021. № 11(11). 3106. doi: <https://doi.org/10.3390/nano11113106>
26. Chugh G., Siddique K. H. M., Solaiman Z. M. Nanobiotechnology for Agriculture: Smart Technology for Combating Nutrient Deficiencies with Nanotoxicity Challenges // *Sustainability*. 2021. № 13(4). 1781. doi: <https://doi.org/10.3390/su13041781>
27. Yuzevych V., Pavlenchuk N., Zaiats O., Heorhiadi N., Lakiza V. Qualimetric Analysis of Pipelines with Corrosion Surfaces in the Monitoring System of Oil and Gas Enterprises // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2020. № 9(1). P. 1145–1150. doi: <https://doi.org/10.35940/ijrte.a1341.059120>
28. Sumets A., Serbov M., Skrynkovskyy R., Faldyna V., Satusheva K. Analysis of influencing factors on the development of agricultural enterprises based on e-commerce technologies // *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. № 6(4). P. 211–231. doi: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.11>
29. Sumets A., Kniaz S., Heorhiadi N., Skrynkovskyy R., Matsuk V. Methodological toolkit for assessing the level of stability of agricultural enterprises // *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2022. № 8(1). P. 235–255. doi: <https://doi.org/10.51599/are.2022.08.01.11>

<https://doi.org/10.51599/are.2022.08.01.12>

30. Skrynkovskyy R. M., Sopilnyk L. I., Tsyuh S. I. Improving the Enterprise Development Model: New Solutions Based on the Principles of Management, Marketing and Economic Diagnosis // *Business Inform.* 2020. № 4. P. 191–199. doi: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-4-191-199>
31. Melnyk O., Todoshchuk A., Adamiv M. The role of socio-economic diagnostics in an enterprise management system // *Baltic Journal of Economic Studies.* 2018. № 4(3). P. 165–171. doi: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-3-165-171>
32. Skrynkovskyy R., Tyrkalo Y. Entrepreneurial Risks: Nature, Types, Assessment Methods and Ways to Reduce Them // *Path of Science.* 2021. Vol. 7(12), P. 2015–2023. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.77-11>
33. Melnyk O. H. *Systemy diahnostyky diialnosti mashynobudivnykh pidpriemstv: polikryterialna diahnostyka ta instrumentarii*: monohrafiia. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2010. 344 s. (Ukrainian).
34. Kryvoviaziuk I. V. *Funktsionuvannia ta rozvytok pidpriemstv v umovakh kryzy: systemno-analitychnyi pidkhid*: monohrafiia. Lutsk: LNTU, 2012. 392 s. (Ukrainian).
35. Pawlowski G. *Rozvytok systemy upravlinskoj diahnostyky pidpriemstva*: avtoref. dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / Lvivskiy universytet biznesu ta prava. 2017. Lviv. 20 s. (Ukrainian).
36. Shebel A. I. *Upravlinnia potentsialom pidpriemstva v systemi koordynat orhanizatsiinoho rozvytku*: avtoref. dys. ... kand. ekon. nauk: 08.00.04 / Lvivskiy universytet biznesu ta prava. 2020. Lviv. 20 s. (Ukrainian).
37. Skrynkovskyy R., Kataiev A., Zaiats O., Andrushchenko H., Popova N. Competitiveness of The Company on The Market: Analytical Method of Assessment and The Phenomenon of The Impact of Corruption in Ukraine

- // *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. 2021. № 14(Special Issue). P. 79–86. doi: <https://doi.org/10.22094/joie.2020.677836>
38. Tyrkalo Y. Monitoring Risk Management in the System of Values of Sustainable Development of a Construction Company // *Path of Science*. 2022. Vol. 8(5). P. 5008–5018. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.81-12>
39. Tyrkalo Y. Application of Riskology Approaches for the Three-Continuum Model of Business Risk Management in the Value System of Sustainable Development // *Path of Science*. 2022. Vol. 8(6). P. 1009–1018. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.82-3>
40. Tyrkalo Y. Regulation in Business Risk Management Based on the Provisions of the Concept of Sustainable Development for a Building Enterprise // *Path of Science*. 2022. Vol. 8(7). P. 1001–1010. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.83-1>
41. Pohorelov Y. S. Modeliuvannia rozvytku pidpriemstva // *Aktualni problemy ekonomiky*. 2009. № 10. S. 51–59 (Ukrainian).
42. Skrynkovskyy R., Hladun V., Kramar M. Information Technologies in the Organization of Accounting at the Enterprise // *Path of Science*. 2019. Vol. 5(2). P. 3001–3010. doi: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.43-3>