

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Запропоновано математичну модель для моніторингу та контролю бізнес-процесів, що дозволяє підвищити ефективність аналізу та управління підприємствами малого і середнього бізнесу. Дворівнева модель включає базовий рівень, який враховує п'ять ключових показників (складність, процесність, контрольованість, ресурсоємність та урегульованість), та розширений рівень, що містить фінансові, технічні та часові показники.*

***Ключові слова:** математична модель, моніторинг бізнес-процесів, контроль ефективності, дворівнева оцінка, ключові показники, нормалізація, вагові коефіцієнти, малий і середній бізнес.*

### *Annotation*

*The article proposes a mathematical model for monitoring and controlling business processes, which allows to increase the efficiency of analysis and management of small and medium-sized enterprises. The two-level model includes a basic level, which takes into account five key indicators (complexity, process, controllability, resource intensity and regulation), and an extended level, which includes financial, technical and time indicators.*

***Keywords:** mathematical model, business process monitoring, performance control, two-level assessment, key indicators, normalization, weighting coefficients, small and medium-sized business.*

### **Вступ**

Сучасні підприємства, особливо малі та середні, потребують ефективних механізмів моніторингу та контролю своїх бізнес-процесів для досягнення стратегічних цілей та забезпечення конкурентоспроможності. Складність управління такими процесами обумовлена необхідністю врахування численних параметрів, що характеризують різні аспекти діяльності — від фінансових і технічних до часових показників. Однак існуючі методи оцінки не завжди здатні врахувати усі важливі фактори, що впливає на об'єктивність результатів та обмежує можливості підприємств у їхній оптимізації [1].

Для розв'язання цієї проблеми необхідно використовувати новий підхід, що враховує складність і специфіку бізнес-процесів на двох рівнях: локальному, який включає основні показники, та розширеному, що аналізує бізнес-процеси за ключовими групами параметрів. Така модель дозволяє забезпечити гнучкість оцінки та налаштувати її під потреби конкретного підприємства [2].

Метою роботи є розробка дворівневої математичної моделі моніторингу та контролю бізнес-процесів для малих і середніх підприємств, яка дозволить оцінювати ефективність процесів на основі взаємозв'язків між ключовими показниками та їхнім впливом на загальний результат діяльності підприємства.

### **Результати дослідження**

Аналіз існуючих методів оцінки бізнес-процесів виявив ряд обмежень, які знижують їхню здатність повноцінно відображати ефективність бізнес-процесів. Значна частина методів не враховує специфіку малого та середнього бізнесу, яка включає обмежені ресурси, необхідність швидкої адаптації до змінних ринкових умов та постійне прагнення оптимізувати витрати. Більшість з існуючих методик використовують статичні параметри, що не дозволяє відстежувати динаміку процесів в режимі реального часу та виявляти критичні фактори, які впливають на продуктивність та якість виконання завдань. Крім того, багато моделей оцінки не враховують важливість фінансових, технічних та часових аспектів як окремих груп показників, що ускладнює аналіз їхнього впливу на загальну ефективність проекту [1].

Перший рівень моделі складається з показників описаних у формулах (1-5) і призначений для локальної оцінки бізнес-процесів для малого бізнесу [2].

Показник складності ( $K_{скл}$ ) – це відношення кількості рівнів декомпозиції моделі процесів до загальної суми виділених процесів, визначає, наскільки складною є ієрархічна структура бізнес-процесів:

$$K_{скл} = \frac{\sum K_{рів}}{\sum K_{екз}}, \quad (1)$$

де  $K_{рів}$  – кількість рівнів системи бізнес-процесів,  $K_{екз}$  - кількість екземплярів бізнес-процесів.

Показник процесності ( $K_{пр}$ ) – відношення кількості «розривів» (відсутність причинно-наслідкового зв'язку між субпроцесами процесу, що розглядається) в бізнес-процесах до суми класів бізнес-процесу, характеризує цілісність процесу, який може бути визначений як проблемний, або як процесний:

$$K_{пр} = \frac{\sum K_{проз}}{\sum K_{пкп}}, \quad (2)$$

де  $K_{розр}$  – кількість «розривів» процесів в екземплярах процесів,  $K_{кп}$  – кількість класів бізнес процесів.

Показник контрольованості ( $K_{відп}$ ) – відношення кількості власників процесу до кількості класів бізнес-процесу, характеризує ефективність управління власниками бізнес-процесами, які їм належать.

$$K_{відп} = \frac{K_{вбп}}{\sum K_{кбп}}, \quad (3)$$

де  $K_{вб}$  – число власників бізнес-процесів,  $K_{кбп}$  – кількість класів бізнес процесів.

Ресурсоємність ( $P$ ) – відношення кількості використаних ресурсів до «виходів», результатів бізнес-процесу, демонструє ефективність використання ресурсів при реалізації конкретного бізнес-процесу.

$$P = \frac{K_{рес}}{\sum K_{над.рес}}, \quad (4)$$

де  $K_{рес}$  – кількість використовуваних ресурсів для виконання процесу,  $K_{над.рес}$  – кількість надлишкових ресурсів під час бізнес-процесів.

Урегульованість ( $K_{рег}$ ) – відношення кількості регламентної документації до кількості класів бізнес процесів, визначає рівень регламентації поточних процесів.

$$K_{рег} = \frac{\sum Прег}{\sum Пкп}, \quad (5)$$

де  $K_{норм. док}$  – кількість нормативних документів,  $K_{кбп}$  – кількість класів бізнес процесів.

Для глибшого рівню моніторингу та контролю бізнес-процесів важливо врахувати не тільки загальні показники ефективності, а і використовувати показники за різними аспектами діяльності підприємства [3]. Тому потрібно створити глибшу модель оцінки ефективності бізнес-процесів у якій перший рівень залишиться без змін і використовуватиме п'ять ключових показників для оцінки окремих аспектів бізнес-процесів, які описані формулами (1-5), а другий рівень додатково враховуватиме такі параметри:

- фінансові, технічні та часові показники як окремі групи з вагами для кожної групи;
- нормалізацію значень для порівнянності різних показників;
- взаємозв'язки між показниками.

Фінансові показники можуть бути представлені у вигляді суми загальних витрат на бізнес процеси:

$$B_{бп} = B_{сир.} + B_{оп} + B_{аморт.} + B_{ен} + B_з, \quad (6)$$

де  $B_{сир.}$  – витрати на закупівлю сировини,  $B_{оп}$  – витрати на оплату праці персоналу,  $B_{аморт.}$  – витрати на амортизацію обладнання,  $B_{ен}$  – витрати на тепло та енергоносії,  $B_з$  – витрати на зв'язок та інші комунікаційні послуги.

Технічні показники оцінюють технічну складність і трудові ресурси:

$$T_{бп} = T_{кф} + T_{чп}, \quad (7)$$

де  $T_{кф}$  – кількість функцій, що виконуються на робочих місцях,  $T_{чп}$  – чисельність персоналу, залученого до виконання бізнес-процесу.

Часові показники визначають час виконання бізнес-процесу та інші часові параметри:

$$Ч_{бп} = Ч_{середній} + Ч_{простою}, \quad (8)$$

де  $Ч_{середній}$  – середній час виконання процесу,  $Ч_{простою}$  – час простоїв під час виконання процесу.

Для забезпечення порівнюваності між показниками кожен показник нормалізується до значень у зоні  $[0...1]$ . У такому разі  $N_{B_{6п}}$  (нормалізований показник витрат на бізнес-процеси),  $N_{T_{6п}}$  (нормалізований показник технічної складності),  $N_{Ч_{6п}}$  (нормалізований показник час виконання процесу) обраховуватимуться за такими формулами:

$$N_{B_{6п}} = \frac{B_{6п} - \min(B_{6п})}{\max(B_{6п}) - \min(B_{6п})}, \quad (9)$$

$$N_{T_{6п}} = \frac{T_{6п} - \min(T_{6п})}{\max(T_{6п}) - \min(T_{6п})}, \quad (10)$$

$$N_{Ч_{6п}} = \frac{Ч_{6п} - \min(Ч_{6п})}{\max(Ч_{6п}) - \min(Ч_{6п})}. \quad (11)$$

У розробці математичної моделі моніторингу та контролю бізнес-процесів важливу роль відіграє визначення ваг для кожного з показників, що використовуються в оцінці ефективності проекту. Саме ваги забезпечують гнучкість проекту, оскільки вони відображають відносну значимість кожного з аспектів, що оцінюються в процесі аналізу.

Ваги показників є величинами, що задовольняють умові:

$$\sum_{i=1}^8 w_i = 1, \quad (12)$$

де  $w_i$  – це вага  $i$ -го показника, що відображає його важливість у загальному оцінюванні успішності проекту.

Ваги можуть приймати значення в діапазоні від 0 до 1, що дозволяє налаштовувати модель відповідно до специфіки конкретного проекту або галузі.

Деякі показники можуть мати вищу пріоритетність залежно від специфіки проекту. Наприклад, для технічних проектів важливими можуть бути фінансові та ресурсні показники, тоді як у соціальних ініціативах можуть бути пріоритетними показники, що характеризують тривалість проекту.

Для вивчення взаємозв'язків між показниками можна застосовувати кореляційний аналіз, який показує, наскільки два показники змінюються разом. Кореляція може бути позитивною (коли обидва показники збільшуються або зменшуються разом), негативною (один показник збільшується, інший зменшується), або ж не вказувати на значний взаємозв'язок (близька до 0).

Формула коефіцієнта кореляції Пірсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (13)$$

де:  $x_i$  і  $y_i$  – значення двох показників для кожного елемента даних,  $\bar{x}$  і  $\bar{y}$  – середні значення показників  $x$  і  $y$ ,  $r_{xy}$  – коефіцієнт кореляції між показниками  $x$  і  $y$ .

Коефіцієнти  $\alpha$  та  $\beta$  використовуються для балансування впливу двох рівнів оцінки на загальний показник. Їхні значення можна налаштовувати залежно від специфіки аналізу:

– Якщо  $\alpha > \beta$ , це означає, що базовий рівень оцінки є важливішим для конкретного аналізу, і модель більше фокусується на таких показниках, як складність, процесність тощо. Такий підхід доцільний, якщо підприємство тільки починає оптимізувати свої бізнес процеси та хоче спочатку зосередитись на їхній структурі.

– Якщо  $\alpha < \beta$ , то більша увага приділяється розширеному рівню оцінки, зокрема фінансовим, технічним та часовим аспектам. Це доцільно для підприємств, які вже мають належно структуровані процеси та бажають вдосконалювати ефективність з огляду на витрати, технології та час.

– Значення  $\alpha$  та  $\beta$  можуть бути рівними ( $\alpha = \beta$ ), якщо обидва рівні оцінки мають однакове значення для підприємства і забезпечують збалансований підхід до аналізу ефективності.

Коефіцієнти  $\alpha$  та  $\beta$  в формулі повинні бути нормалізовані так, щоб їх сума дорівнювала 1. Це забезпечує збалансований розподіл ваг між базовим та розширеним рівнями оцінки ефективності.

Таким чином, дворівнева математична модель коефіцієнту ефективності бізнес процесів (КЕБП) матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{КЕБП} = & \alpha \cdot (w_1 \cdot K_{\text{скл}} + w_2 \cdot K_{\text{пр}} + w_3 \cdot K_{\text{відп}} + w_4 \cdot K_{\text{р}} + w_5 \cdot K_{\text{рег}}) + \\ & + \beta \cdot \left( w_6 \cdot \frac{1}{N_{B_6}} + w_7 \cdot \frac{1}{N_{T_6}} + w_8 \cdot \frac{1}{N_{Ч_6}} \right) \end{aligned} \quad (14)$$

де  $\alpha$  та  $\beta$  – нормалізовані вагові коефіцієнти, які відображають значимість базового та розширеного рівнів;  $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5$  вагові коефіцієнти для показників базового рівня, що враховують їхню відносну важливість;  $K_{\text{скл}}, K_{\text{пр}}, K_{\text{відп}}, K_{\text{р}}, K_{\text{рег}}$  – показники складності, процесності, контрольованості,

ресурсоємності та урегульованості;  $w_6, w_7, w_8$  – вагові коефіцієнти для нормалізованих показників розширеного рівня;  $N_{Bbn}, N_{Tnbn}, N_{чbn}$  – нормалізовані показники витрат на бізнес-процеси, технічної складності та часу виконання процесу.

### Висновки

Встановлено, що запропонований підхід дозволяє підвищити точність та об'єктивність оцінювання ефективності бізнес-процесів, враховуючи особливості малих і середніх підприємств. Розроблена дворівнева математична модель забезпечує можливість аналізу процесів на локальному рівні за основними показниками, такими як складність, процесність, контрольованість, ресурсоємність та урегульованість, а також на розширеному рівні, включаючи фінансові, технічні та часові аспекти. Запропонована модель сприяє поліпшенню якості управління бізнес-процесами та надає підприємствам інструменти для своєчасного виявлення проблемних зон та підвищення загальної ефективності діяльності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Якименко-Терещенко, Наталія Василівна, Сиром'ятникова, Оксана Валеріївна. Основи бізнес-аналізу. Київ, 2020.
2. Тігарєва, В. А., Станкевич, І. В. Аналіз існуючих підходів та методів оцінювання бізнес-процесів підприємств та організацій. Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса, Україна.
3. Концептуальні засади класифікації бізнес-процесів, як основи формування бізнес-системи організації [Електронний ресурс]. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1558>.

**Коваль Катерина Віталіївна** – студентка групи 2КН-23м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: koval.katerina5555@gmail.com.

**Шептяков Ігор Олександрович** – аспірант, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Іванчук Ярослав Володимирович** – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivanchuck@ukr.net.

**Kateryna Koval V.** – Department of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: koval.katerina5555@gmail.com.

**Sheptiakov Ihor O.** – graduate student, Department of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Ivanchuk Yaroslav V.** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivanchuck@ukr.net.