

УДК УДК330.341.1:658

І.С. Грозний, Г.О. Тарасова

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДО ЗАДАЧ БЕНЧМАРКІНГУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

У статті доведена можливість застосування методу аналізу ієрархій до задачі бенчмаркінгу виробничих процесів промислового підприємства за рахунок побудованої ієрархічної моделі бенчмаркінгу виробничих процесів машинобудівного підприємства, що дозволяє визначити ступінь ефективності виконання виробничого процесу на промисловому підприємстві.

In the article discusses the possibility of using the analytic hierarchy process to the task of benchmarking of production processes of industrial enterprises at the expense of constructing a hierarchical model benchmarking, which is used to determine the effectiveness of the production process in an industrial company.

Ключові слова: бенчмаркінг, виробничі процеси, промислове підприємство, аналіз ієрархій, парні вимірювання, експертні оцінки, ефективність.

Key words: benchmarking, production processes, industrial company, analysis of hierarchies, pairwise measurements, expert estimates, the efficiency.

У сучасних економічних умовах здатність до укріплення стійкості своїх конкурентних позицій мають ті підприємства, які спроможні адаптуватися до нестабільності зовнішнього середовища з одночасною оптимізацією всіх своїх внутрішніх можливостей. Багатовекторний характер цієї проблеми зумовив появу нових форм, методів та інструментарію для покращення конкурентної позиції. Одним із таких інструментів, який базується на виявленні та використанні знань і досвіду інших підприємств, є технологія бенчмаркінгу.

Використання бенчмаркінгу в практиці вітчизняних підприємств досить обмежене. Однією з основних причин слабого використання цього методу управління є відсутність методичної бази для його проведення, хоча сутність і технологію бенчмаркінгу висвітлено в працях: Андерсена Б. [1], Арєнкова І., Багієва Г. [2], Лейдига Г. [3], Охінати Я. [4] та ін.

На думку Б. Андерсена, бенчмаркінг — це пошук кращих у галузі методів, які призводять до найвищих досягнень [1].

Бенчмаркінг — це метод стратегічного управління з використанням передових досягнень кращих підприємств, підрозділів власної компанії, окремих фахівців для підвищення ефективності роботи, виробництва, вдосконалення бізнес-процесів, тобто метод, заснований на аналізі конкретних результатів та їх використанні у власній діяльності [5; 6].

На сьогодні існує багато різних визначень поняття «бенчмаркінг». Наведемо лише деякі з них.

Бенчмаркінг є однією з форм природної цікавості людської істоти, з якими вона вивчає можливості співпраці та дружби [6].

Згідно з К. Дервітсіотісом, бенчмаркінг — систематичне вивчення й порівняння ключових виробничих показників компанії з аналогічними показниками своїх конкурентів і лідерів у цій галузі [7].

В. Градобоев під бенчмаркінгом пропонує розуміти спосіб порівняння продукту чи процесу з іншими схожими продуктами або процесами щодо певних стандартів [8].

Бенчмаркінг як процес пошуку кращої практики використовує способи зіставлення об'єктів не тільки з кількісної сторони, він передбачає вивчення якісної складової досліджуваних об'єктів. Крім того, кінцевою метою бенчмаркінгу є визначення сфер для поліпшення засобів підвищення продуктивності.

Об'єкт бенчмаркінгу — це показник діяльності підприємства, за яким проводять порівняння і якісний рівень якого необхідно поліпшити за допомогою управлінських заходів.

Як об'єкт порівняння може виступати реальний об'єкт і гіпотетичний, у який синтезовано кращі риси багатьох реальних об'єктів.

Але при цьому, як зазначає Ю.М. Соловйова, результати бенчмаркінгу виявляються в сильній залежності від репрезентативності вибору об'єкта [9].

Більшість з існуючих трактувань поняття бенчмаркінгу виходять із розгляду даного інструмента як одного з напрямів маркетингового дослідження. У статті розглянуто бенчмаркінг як універсальний механізм порівняльної оцінки. У зв'язку з цим пропонуємо таке визначення: бенчмаркінг — метод підвищення ефективності діяльності підприємства, який базується на порівнянні показників підприємства з еталонними показниками з метою ідентифікації ефективних бізнес-процесів підприємства.

При цьому бенчмаркінг слід застосовувати не тільки для пошуку та реалізації на підприємстві найкращого досвіду підприємств-конкурентів, а й для визначення тих виробничих процесів, які можуть бути переданими в аутсорсинг. Неефективними процесами підприємства вважаються такі складові його виробництва, відмова від виконання яких не є можливою, але ефективність їхньої реалізації нижча, ніж у аналогічних виконавців даних процесів.

Для ефективного відбору у статті рекомендовано використовувати метод аналізу ієрархій (МАІ). Метод аналізу ієрархій був винайдений та обґрунтований американським системним аналітиком Т. Сааті [10]. Він базується на ієрархічному представленні елементів складної проблеми та використовує оцінки в шкалі відношень (шкалі Сааті).

Елементи задачі в МАІ порівнюються попарно відносно їх дії (ваги, інтенсивності). Парні порівняння реалізуються в термінах домінування одного елемента над іншим. Отримані твердження задаються в цілих числах з урахуванням дев'ятибальної шкали з табл. 1. Значення елементів цих матриць визначаються в результаті опитування експертів, причому матриця попарних порівнянь є обернено симетричною. Для експерта значно простіше здійснити ряд попарних порівнянь нащадків між собою, аніж спробувати відразу ж присвоїти їм певні значення «ваг».

Припустимо, що ієрархічна система, яка досліджується за допомогою МАІ, містить n об'єктів, які порівнюються за m ознаками. Тоді в якості початкових даних ієрархічної задачі виступають:

- матриця вимірності $m \times m$ попарних порівнянь критеріїв аналізу ефективності безвідносно до об'єктів, які будуть за ними порівнюватися;
- m матриць вимірності $n \times n$ попарних порівнянь n об'єктів за кожним з m критеріїв.

Таблиця 1

Шкала Сааті (шкала відносної важливості методу аналізу ієрархій) [10]

Бал	Визначення	Примітка
1	Рівна важливість	Рівний вклад двох елементів у загальну оцінку
3	Помірна перевага	Легка перевага одного елемента над іншим
5	Суттєва перевага	Відчутна перевага одного елемента над іншим
7	Значна перевага	Практично значна перевага одного елемента над іншим
9	Дуже велика перевага	Очевидна перевага – домінування одного елемента над іншим
2,4,6,8	Проміжні значення	Застосовуються в перехідних випадках
1/k	Значення симетричних елементів	k=0, 1, ..., 9

Для оцінки пріоритетів критеріїв (об'єктів) для кожної з таких матриць обчислюють величини:

головний власний вектор:

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \quad (1)$$

де a_{ij} — елемент матриці попарних порівнянь, Π — математичний символ добутку; вектор пріоритетів:

$$P_i = \frac{V_i}{\sum_{j=1}^n V_j}. \quad (2)$$

Для оцінки узгодженості висновків для кожної з матриць обчислюють величини: вектор власних чисел матриці:

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot V_j}{V_i}; \quad (3)$$

максимальне власне число матриці:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_j}{n}; \quad (4)$$

індекс узгодженості:

$$IY = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}; \quad (5)$$

відношення узгодженості:

$$BY = \frac{IY}{BI}, \quad (6)$$

де значення випадкового індексу BI визначаються з таблиці 2.

Таблиця 2

Значення випадкового індексу (розробка авторів)

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VI	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Основним завданням MAI є розрахунок глобальних пріоритетів альтернатив, тобто пріоритетів альтернатив відносно всієї ієрархії. У результаті отримують відсотковий розподіл пріоритетів між усіма n об'єктами, що порівнюються за сукупністю з m критеріїв.

Ієрархічний синтез використовується для зважування власних векторів матриць парних порівнянь альтернатив вагами критеріїв (елементів), що наявні в ієрархії, а також для обчислення загальних пріоритетів альтернатив. Після розв'язання задачі ієрархічного синтезу оцінюється узгодженість отриманих результатів шляхом обчислення узагальненого відношення узгодженості для всієї ієрархії. Якщо таке значення не перевищує 0,1, то узгодженість вважають ідеальною, при значенні в інтервалі від 0,1 до 0,5 – прийнятною, а відповідну ієрархічну модель – адекватною. При перевищенні значення порогу експертам радять переглянути свої оцінки, які врешті-решт призводять до неузгоджених висновків.

Побудуємо ієрархічну модель бенчмаркінгу виробничих процесів.

Розглянемо 10 процесів машинобудівного підприємства, які будуть оцінюватися на предмет проведення їх бенчмаркінгу: високоточна обробка деталей; чистова обробка корпусних деталей; фінішна обробка високоточних деталей; виготовлення високоякісних гідроциліндричних із широким діапазоном діаметрів та довжин циліндричних деталей; форматування великогабаритних заготовок; обробка деталей довжиною до 25 м; рушнічні свердління отворів діаметром від 10 до 32 мм та глибиною до 3000 мм у корпусних деталях та валових довгомірах; обробка внутрішніх зубів 2000 зі збільшеним ходом штосселя 650 мм; обробка зубів черв'ячними фрезами класу AA; виготовлення зубчастих коліс 4 ступеня точності.

За умови різних методик оцінки якості перебігу процесів, а також відсутності єдиних підходів до розрахунку ефективності процесів, необхідних для ведення виробничої діяльності, пропонуємо виміряти ефективність процесів машинобудівного підприємства за цілою сукупністю показників, що її характеризують, зважаючи на специфіку галузі: частка активної частини основних виробничих фондів у загальній їх вартості; частка більш продуктивного виробничого обладнання в загальному парку; частка прогресивного обладнання в загальному парку; коефіцієнт, що характеризує віковий склад обладнання; частка модернізованого обладнання; коефіцієнт, що характеризує частку продукції, яку виготовлено прогресивними методами; коефіцієнт, що характеризує структуру трудоемності; коефіцієнт використання матеріалів; коефіцієнт технологічної оснащеності; коефіцієнт оновлення обладнання; коефіцієнт механізації та автоматизації виробничих процесів; коефіцієнт механізації та автоматизації праці.

Складемо матрицю попарних порівнянь зазначених показників, використовуючи експертні оцінки показників ефективності згідно зі шкалою Сааті з табл. 3.

За кожним із 12 показників порівняємо між собою попарно 10 виробничих процесів машинобудівного підприємства. У результаті маємо матриці попарних порівнянь об'єктів.

Таблиця 3

Матриця попарних порівнянь показників у МАІ (розробка авторів)

Показники ефективності виробничих процесів	Частка активної частини основних виробничих фондів у загальній їх вартості	Частка більш продуктивного виробничого обладнання в загальному парку	Частка прогресивного обладнання в загальному парку	Коефіцієнт, що характеризує віковий склад обладнання	Частка модернізованого обладнання	Коефіцієнт, що характеризує частку продукції, яку виготовлено прогресивними методами	Коефіцієнт, що характеризує структуру трудоемності	Коефіцієнт використання матеріалів	Коефіцієнт технологічної оснащеності	Коефіцієнт оновлення обладнання	Коефіцієнт механізації та автоматизації виробничих процесів	Коефіцієнт механізації та автоматизації праці
Частка активної частини основних виробничих фондів у загальній їх вартості	1	6	1	6	5	2	7	1/3	1/4	1/3	1/4	1/5
Частка більш продуктивного виробничого обладнання в загальному парку	1/6	1	1/7	1/3	1/4	1/6	1	1/7	1/8	1/8	1/7	1/8
Частка прогресивного обладнання в загальному парку	1	7	1	7	4	3	8	1/2	1/3	1/3	1/4	1/4
Коефіцієнт, що характеризує віковий склад обладнання	1/6	3	1/7	1	1/3	1/4	4	1/6	1/7	1/5	1/6	1/7
Частка модернізованого обладнання	1/5	4	1/4	3	1	1/3	5	1/5	1/5	1/4	1/5	1/6
Коефіцієнт, що характеризує частку продукції, яку виготовлено прогресивними методами	1/2	6	1/3	4	3	1	8	1/5	1/4	1/4	1/5	1/5
Коефіцієнт, що характеризує структуру трудоемності	1/7	1	1/8	1/4	1/5	1/8	1	1/8	1/9	1/8	1/9	1/9
Коефіцієнт використання матеріалів	3	7	2	6	5	5	8	1	1/2	1/2	1/3	1/3
Коефіцієнт технологічної оснащеності	4	8	3	7	5	4	9	2	1	1	1/2	1/2
Коефіцієнт оновлення обладнання	3	8	3	5	4	4	8	2	1	1	1/3	1/2
Коефіцієнт механізації та автоматизації виробничих процесів	5	8	4	7	6	5	9	3	2	2	1	2
Коефіцієнт механізації та автоматизації праці	4	7	4	6	5	5	9	3	2	3	1/2	1

Слід зауважити, що експертні оцінки за шкалою Сааті можуть бути сформовані не одним експертом, а експертною групою. Агрегування тверджень експертів можливе з використанням середнього геометричного. При цьому елементи a_{ij} матриці попарних порівнянь показників обчислюються за формулою:

$$a_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n a_{ij}^{(k)}} , \quad (7)$$

де $a_{ij}^{(k)}$ – елементи матриці парних порівнянь k -го експерта, n – кількість експертів, що беруть участь в оцінюванні.

Формулу (7) використовують у разі однакової кваліфікації експертів або у випадку, коли кваліфікацію експертів визначити неможливо. Якщо в експертному опитуванні беруть участь фахівці різної кваліфікації, то формула (7) матиме такий вигляд:

$$a_{ij} = \prod_{k=1}^n \left[a_{ij}^{(k)} \right]^{d_k}, \quad (8)$$

де d_k – ваговий коефіцієнт k -го експерта, $d_k > 0$, $\sum_{k=1}^n d_k = 1$.

Розрахуємо ефективність за МАІ. Числові дані експертних оцінок, представлених у табл. 3, дають можливість розрахувати значення компонент власного вектора, вектора пріоритетів та вектора власних чисел для показників ефективності виробничих процесів.

У табл. 4 представлені обчислення вказаних компонент для матриці попарних порівнянь ознак за формулами (1)–(3).

Обчислимо показники узгодженості за формулами (4)–(6). Максимальне власне число матриці $\lambda = 13.23$.

Значення $VI = 1.48$ з табл. 2. Індекс узгодженості $IU = 0.112$; відношення узгодженості $VU = 0.075$.

Застосуємо формули (1)–(6) для матриць попарних порівнянь процесів за кожним із показників. З табл. 2 визначаємо, що $VI = 1.4$

Експертні оцінки за шкалою Сааті є основою для проведення розрахунку ефективності кожного з десяти виробничих процесів.

Таблиця 4

Розрахунок пріоритетів ознак (розробка авторів)

Показники ефективності виробничих процесів	Частка активної частини основних виробничих фондів у загальній їх вартості													Vi	Pi	λ	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					
1																	
Частка більш продуктивного виробничого обладнання в загальному парку	1/6	1	1/7	1/3	1/4	1/6	1	1/7	1/8	1/8	1/7	1/8	0,220	0,012	13,340		
Частка прогресивного обладнання в загальному парку	1	7	1	7	4	3	8	1/2	1/3	1/3	1/4	1/4	1,262	0,070	13,049		
Коефіцієнт, що характеризує віковий склад обладнання	1/6	3	1/7	1	1/3	1/4	4	1/6	1/7	1/5	1/6	1/7	0,344	0,019	13,666		

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Коефіцієнт, що характеризує частку продукції, яку виготовлено прогресивними методами	1/2	6	1/3	4	3	1	8	1/5	1/4	1/4	1/5	1/5	0,776	0,043	13,476
Коефіцієнт, що характеризує структуру трудоемності	1/7	1	1/8	1/4	1/5	1/8	1	1/8	1/9	1/8	1/9	1/9	0,191	0,011	13,462
Коефіцієнт використання матеріалів	3	7	2	6	5	5	8	1	1/2	1/2	1/3	1/3	1,829	0,102	13,100
Коефіцієнт технологічної оснащеності	4	8	3	7	5	4	9	2	1	1	1/2	1/2	2,503	0,139	12,652
Коефіцієнт оновлення обладнання	3	8	3	5	4	4	8	2	1	1	1/3	1/2	2,233	0,124	12,784
Коефіцієнт механізації та автоматизації виробничих процесів	5	8	4	7	6	5	9	3	2	2	1	2	3,730	0,208	13,036
Коефіцієнт механізації та автоматизації праці	4	7	4	6	5	5	9	3	2	3	1/2	1	3,245	0,181	13,427

Проведемо синтез локальних пріоритетів, перемноживши матрицю, складену з попередньо визначених векторів пріоритетів, та вектор пріоритетів із табл. 4.

0,080	0,035	0,077	0,112	0,303	0,164	0,265	0,013	0,204	0,189	0,270	0,060
0,141	0,057	0,072	0,090	0,185	0,043	0,018	0,256	0,043	0,031	0,179	0,042
0,150	0,092	0,017	0,139	0,030	0,033	0,027	0,106	0,032	0,012	0,033	0,015
0,295	0,237	0,048	0,040	0,134	0,015	0,093	0,283	0,012	0,018	0,127	0,031
0,170	0,026	0,271	0,068	0,018	0,051	0,043	0,019	0,065	0,046	0,013	0,197
0,029	0,183	0,012	0,220	0,089	0,092	0,013	0,052	0,080	0,095	0,085	0,127
0,045	0,199	0,105	0,264	0,043	0,092	0,254	0,030	0,116	0,063	0,056	0,299
0,012	0,024	0,183	0,019	0,061	0,013	0,062	0,104	0,018	0,169	0,075	0,081
0,015	0,014	0,029	0,014	0,012	0,243	0,111	0,040	0,240	0,111	0,019	0,013
0,062	0,133	0,187	0,035	0,124	0,256	0,115	0,099	0,191	0,266	0,142	0,134

$$\begin{array}{c}
 \text{X} \\
 \begin{array}{|c|}
 \hline 0,062 \\
 \hline 0,012 \\
 \hline 0,070 \\
 \hline 0,019 \\
 \hline 0,029 \\
 \hline 0,043 \\
 \hline 0,011 \\
 \hline 0,102 \\
 \hline 0,139 \\
 \hline 0,124 \\
 \hline 0,208 \\
 \hline 0,181 \\
 \hline
 \end{array}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{|c|}
 \hline 0,152 \\
 \hline 0,104 \\
 \hline 0,043 \\
 \hline 0,096 \\
 \hline 0,089 \\
 \hline 0,085 \\
 \hline 0,118 \\
 \hline 0,082 \\
 \hline 0,073 \\
 \hline 0,159 \\
 \hline
 \end{array}$$

Розподілимо процеси на три категорії:

1) процеси, які залишаються під керівництвом підприємства і не потребують корегування;

2) процеси, які залишаються під керівництвом підприємства, але потребують проведення бенчмаркінгу;

3) процеси, які мають бути передані іншим компаніям на умовах аутсорсингу.

Встановимо такі порогові значення для віднесення процесів до певної категорії управління: процеси, які мають більше 10 % переваги, залишаються під керівництвом підприємства і не потребують корегування; процеси, які мають від 5 % до 10 % переваги, залишаються під керівництвом підприємства, але потребують проведення бенчмаркінгу; процеси, які мають менше 5 % переваги, передаються іншим компаніям на умовах аутсорсингу.

Таким чином, до першої категорії процесів слід віднести такі: виготовлення зубчастих коліс 4 ступеня точності (15.9 % переваги); високоточна обробка деталей (15.2 % переваги); рушничні свердління отворів діаметром від 10 до 32 мм та глибиною до 3000 мм в корпусних деталях та валових довгомірах (11.8 % переваги); чистова обробка корпусних деталей (10.4 % переваги).

Для наступних процесів слід застосувати бенчмаркінг: виготовлення високоякісних гідрочиліндричних із широким діапазоном діаметрів та довжин чиліндричних деталей (9.6 % переваги); форматування великогабаритних заготовок (8.9 % переваги); обробка деталей довжиною до 25 м (8.5 % переваги); обробка внутрішніх зубів 2000 зі збільшеним ходом штоселя 650 мм (8.2 % переваги); обробка зубів черв'ячними фрезами класу AA (7.3 % переваги).

Процес фінішної обробки високоточних деталей, який має лише 4.3 % переваги, слід передати на аутсорсинг.

Останнім кроком МАІ є аналіз узгодженості отриманих висновків.

Для цього визначимо індекс узгодженості другого рівня, обчисливши скалярний добуток вектора індексів узгодженості і вектора пріоритетів із табл. 4.

Далі знаходимо узагальнений індекс узгодженості $IY=0,112+0,194=0,306$; узагальнений випадковий індекс $VI=1,48+0,49=2,97$ і остаточне узагальнене відношення узгодженості $VY=0,306:2,97=0,103$.

0,054		0,062		
0,118		0,012		
0,090		0,070		
0,002		0,019		
0,238		0,029		
0,169	X	0,043	=	0,1942
0,294		0,011		
0,143		0,102		
0,513		0,139		
0,148		0,124		
0,183		0,208		
0,129		0,181		

Значення $VU \approx 0.1$, що свідчить про адекватність побудованої ієрархічної моделі і об'єктивність отриманих висновків щодо розподілу пріоритетів ефективності виробничих процесів.

1. *Андерсен Б.* Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Б. Андерсен; [пер. с англ. С.В. Ариничева]. — Москва: РИА «Стандарты и качество», 2003. — 272 с.; 2. *Аренков И.А.* Бенчмаркинг и маркетинговые решения [Электронный ресурс] / И.А. Аренков, Е.Г. Багиев. — Режим доступа: <http://www.marketing.spb.ru/read/m12/index.htm>; 3. *Leidig G.* Benchmarking — Lernen von den Besten, Leistung und Qualitautsteigern // Informationen Betriebswirtschaft. — Hsrg.: Bundesverb and Druck E.V. — Wiesbaden, 1995; 4. *Охіната Я.* Бенчмаркінг: японський досвід // Зарубіжні маркетингові дослідження. — 2005. — № 4. — С. 22–25; 5. Бенчмаркинг — менеджмент или шпионаж? [Электронный ресурс]. — 2007. — Режим доступа: http://www.md-marketing.ru/articles/html/article_10220.html; 6. Бенчмаркинг в сфере услуг [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.0zd.ru/marketing_reklama_i_torgovlya/benchmarking_v_sfere_uslug.html; 7. *Dervitsiotis K.N.* Benchmarking and business paradigm shifts // Total Quality Management. — 2000. — № 11. — P. 41–46; 8. *Градобоев В.* Бенчмаркинг как источник конкурентных преимуществ // Новые тенденции в мировой экономике: сб. науч. работ; [под ред. Е.А. Касаткиной, К.В. Градобоева]. — Москва: МАКС Пресс, 2006. — С. 123–128; 9. *Strassmann P.A.* Aligment of IT and Business: Key to Realizing Business Value / P. Strassmann, D. Bienkowski // ABT Corp. WhitePaper. — 1999. — August; 10. *Saaty T.L.* A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures // J. Of Mathematical Psychology. — 1977. — № 15. — P. 234–281.