

**А. О. Азарова, О. В. Антонюк,**  
Вінницький національний технічний університет

## ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ХОПФІЛДА

**АНОТАЦІЯ.** У статті представлено методологічний підхід до оцінювання рівня використання стратегічного потенціалу підприємства на осно-

Metadata, citation and s

National Technical University

воювання рівня використання стратегічного потенціалу — один з етапів лонів мережі Хопфілда, що є найбільш схожим до того, який характеризує діяльність підприємства.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** стратегічний потенціал підприємства, нейронна мережа Хопфілда.

**SUMMARY.** The methodological approach to evaluating the level of strategic potential using on the basis of the mathematical apparatus of neural networks Hopfield is presented in the article. It allows to consider time-variable sets of quantitative and qualitative parameters, and to identify with minimal money and time costs the appropriate level of strategic potential using, which is one of the network Hopfield standards that is the most similar to characterizing the activities of the company.

**KEY WORDS:** strategic potential of enterprise, neural networks Hopfield.

Процес оцінювання рівня використання стратегічного потенціалу підприємства (СПП) належить до категорії складних задач унаслідок того, що виникає потреба в декомпозиційному відображенні множини кількісних та якісних вхідних параметрів на множину вихідних рішень. Для розв'язання таких задач автори пропонують розбивати складну головну ціль — визначення рівня використання СПП — на послідовність простіших підцілей таким чином, що вирішення будь-якої цілі нижчого рівня дозволяє фіксувати певні параметри у наступній цілі більш високого рівня так, щоб вона в результаті стала повністю визначеною. Ідентифікація головної цілі стає можливою тоді, коли розв'язки всіх підцілей нижчих рівнів є детермінованими.

Специфічність процедури прийняття рішення щодо ідентифікації рівня використання СПП полягає в реалізації деякого функціонала відображення  $F$  множини первинних вхідних параметрів  $x^*_p$ ,  $p=1, P$  на множину вихідних рішень  $Y=(y_s)$ ,  $s=1, S$ . Отже,

оцінювання рівня використання СПП полягає у виборі адекватного рішення з множини рішень  $Y=(y_s)$ . Процедuru відображення  $X^* \xrightarrow{F} Y$  автори пропонують реалізувати за допомогою відповідної математичної моделі.

Для побудови математичної моделі спочатку слід обґрунтувати множину оцінювальних параметрів  $x_{ij}$ ,  $i = 1, n$ ,  $j \in M$  для ідентифікації  $n$  функцій  $f_i$ , які є домінуючими для визначення рівня використання СПП. Ця множина охоплює широкий спектр параметрів, що впливають, і має задовольняти умовам повноти, дієвості та мінімальності.

За критерієм **повноти** необхідно обрати таку кількість параметрів, щоб вона в повному обсязі охоплювала усі аспекти діяльності підприємства. Відбір найважливіших із цих параметрів становить дуже складну проблему, що підтверджується безліччю різних думок науковців з цього приводу. Так, при описі факторів впливу на рівень використання стратегічного потенціалу підприємства автори пропонують використовувати комплексний підхід, що поєднує переваги ресурсного й структурного та дозволяє найбільш широко і повно оцінювати рівень використання стратегічного потенціалу підприємства. Так, до коефіцієнтів, що характеризують фінансові можливості, належать такі коефіцієнти: незалежності, фінансової стабільності, фінансової стійкості, маневреності власних засобів, забезпечення власними оборотними засобами, розрахункової платоспроможності, критичної ліквідності, співвідношення дебіторської та кредиторської заборгованостей, мобільності активів, оборотності активів, оборотності дебіторської заборгованості, оборотності кредиторської заборгованості, оборотності матеріальних запасів, оборотності власного капіталу, рентабельності власного капіталу. До показників, що описують трудові можливості, належать коефіцієнти: обороту з приймання персоналу, обороту з вибуття, плинності кадрів, постійності складу персоналу підприємства, продуктивність праці, прибутковості персоналу тощо. У свою чергу виробничі фактори впливу характеризується такими показниками: частка нової продукції в загальному її випуску, частка продукції вищої категорії якості, рівень сезонності виробництва, рівень диверсифікації виробництва та ін. До маркетингових факторів впливу можна включити: рентабельність продажу, частку повернутої продукції, відсоток нових замовлень у загальному обсязі. Аналізуючи вартісні фактори розраховують показник витрат на гривню продукції та рівень виробничого браку. Про ефективність використання основних засобів свідчать такі коефіцієнти: коефіцієнт оновлення

основних засобів, коефіцієнт вибуття основних засобів, коефіцієнт зносу основних засобів, коефіцієнт придатності основних засобів, рентабельність фондів та рентабельність капіталу. Рівень організаційної культури може визначатися рівнем професійної підготовки, показником іміджу керівника, рівнем репутації підприємства на ринку. Останню групу показників можна об'єднувати до блоку впливу зовнішнього середовища, а саме: рівень суперництва серед конкуруючих продавців, рівень загрози потенційного входу, рівень конкуренції товарів-замінників, рівень впливу постачальників, рівень впливу споживачів. Отже, об'єднаємо усі показники до восьми блоків, які і будуть визначати рівень використання СПП: ефективність виробництва і реалізації, маркетингова діяльність, кадрова політика, вартісний блок, фінансовий стан, використання основних засобів, організаційна культура, зовнішнє середовище.

За критерієм *дієвості* у сформованій за критерієм повноти множині необхідно виділити параметри з максимальним ступенем результативності. Усі перераховані раніше напрямки аналізу використовуються для комплексної оцінки фінансово-господарського стану підприємства.

За критерієм *мінімальності* множина основних напрямків аналізу діяльності підприємства, що сформована з урахуванням попередніх двох критеріїв, має бути мінімізованою. Так, слід зазначити, що до групи показників, які характеризують рух робочої сили, часто включають як коефіцієнт обороту з приймання персоналу, так і коефіцієнт обороту з вибуття. Але ці коефіцієнти є щільно корельованими. Тому зрозуміло, що цілком достатньо використовувати один із цих коефіцієнтів. Взаємооберненими також є показники фінансової незалежності та фінансової залежності. Щодо групи показників використання основних засобів, автором виділено коефіцієнти аналізу їх руху, технічного стану та ефективності використання. Для узагальнюючої характеристики ефективності використання основних засобів у науковій літературі виділяють два показника: рентабельність фондів та рентабельність капіталу, вкладеного в основні засоби. Автори статті пропонують використовувати показник рентабельності фондів, який частіше застосовується на вітчизняних підприємствах для аналізу ефективності використання основних засобів і є більш доцільним при визначенні змін у їх якісному складі.

Отже, обґрунтувавши множину оцінювальних параметрів, побудуємо таку математичну модель оцінювання рівня використання СПП:

$$X^* \xrightarrow{F} Y, X^* = (x_p), p = \overline{1, P}, Y = (y_s), \\ s = \overline{1, 5}, X = f(X^*), X = (x_{ij}), i = \overline{1, n}, j \in M.$$

$$F = F(f_1, \dots, f_8),$$

$$f_1 = f(x_{11}, \dots, x_{14}), f_2 = f(x_{21}, \dots, x_{23}), f_3 = f(x_{31}, \dots, x_{35}), f_4 = f(x_{41}, x_{42}), \\ f_5 = f(x_{51}, \dots, x_{515}), f_6 = f(x_{61}, \dots, x_{65}), f_7 = f(x_{71}, \dots, x_{73}), f_8 = f(x_{81}, \dots, x_{85}).$$

Функціонал відображення  $F$  визначається на базі таких функцій:  $f_1$  — ефективності виробництва і реалізації;  $f_2$  — маркетингової діяльності;  $f_3$  — кадрової політики;  $f_4$  — витратної;  $f_5$  — фінансового стану підприємства;  $f_6$  — використання основних засобів;  $f_7$  — організаційної культури підприємства,  $f_8$  — зовнішнього середовища. Ці функції  $f_i$ , ( $i = 1, 8$ ) ідентифікуються на основі 42 кількісних та якісних оцінювальних параметрів  $x_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j \in M$ ,  $n=8$ . У свою чергу оцінювальні параметри обчислюються на основі 65 первинних вхідних параметрів —  $x_p^*$ ,  $p = \overline{1, 65}$ , інформаційною базою для яких слугує відповідна звітність підприємства.

За критеріями повноти та дієвості сформуємо таку множину вихідних рішень  $Y = (y_s)$ ,  $s = \overline{1, 5}$ :  $y_1$  — високий рівень використання СПП;  $y_2$  — рівень використання СПП вище середнього;  $y_3$  — середній рівень використання СПП;  $y_4$  — рівень використання СПП нижче середнього;  $y_5$  — низький рівень використання СПП.

Авторами статті запропоновано підхід до оцінювання рівня використання СПП на базі математичного апарату нейронних мереж, які дозволяють не розглядати усі комбінації параметрів при прийнятті результуючого рішення, що суттєво підвищує швидкість оброблення інформації, та враховувати різноякісні їх типи, що дозволяє динамічно змінювати множину оцінювальних показників згідно умов швидкоплинних внутрішнього та зовнішнього середовищ.

Для визначення результуючого рішення  $y_s$ ,  $s = \overline{1, 5}$ , автори пропонують нейронну мережу Хопфілда, яка реалізує властивості асоціативної пам'яті щодо відповідності наборів значень оцінювальних параметрів елементам множини результуючих рішень.

Асоціативна пам'ять може бути визначена як система для запису, зберігання, пошуку, оброблення та зчитування інформації.

У такій системі дані про об'єкт ініціалізуються згідно заданого їх фрагменту, який використовується як зразковий (пошуковий). При цьому зразковими фрагментами слугують такі набори значень функцій належності вхідних оцінювальних параметрів, що найадекватніше описують кожний вихідний параметр — конкретний рівень використання СПП.

Автори пропонують таке формулювання задачі, розв'язуваної даною мережею за допомогою асоціативної пам'яті. На базі експертних даних авторами було складено набори двійкових сигналів, які вважаються зразковими — еталонними, і є векторами тризначних кодів значень результуючих функцій, що описують рівні використання стратегічного потенціалу підприємства. Мережа повинна вміти для будь-якого сигналу (нееталонного вектора значень), поданого на її вхід, знайти («пригадати» за частковою інформацією) той зразок, що відповідає конкретному рівню використання СПП або «дати висновок» про те, що вхідний сигнал не відповідає жодному із зразкових (еталонних) наборів значень.

У загальному випадку, будь-який сигнал має бути описаний вектором кодів значень функцій належностей узагальнюючих функцій, що описують різні аспекти використання СПП, як  $z_1, z_2, \dots, z_L$ , де  $L$  — число нейронів у мережі і величина вхідних і вихідних векторів. Кожний елемент коду  $z_i$  описує значення складної функції  $f_i$  і дорівнює  $+1$  або  $-1$ . Позначимо вектор, що описує  $q$ -ий зразок, через  $Z_q$ , а його компоненти, відповідно, —  $z_{iq}, q=0, \dots, Q-1$ , де  $Q$  — число зразків. Якщо мережа розпізнає (або «пригадує») якийсь зразок (еталон) при пред'явленні їй даних, що описують рівень використання стратегічного потенціалу конкретного підприємства, її виходи  $U$  будуть містити саме його, тобто  $U = Z_q$ , де  $U$  — вектор вихідних значень мережі:  $u_1, u_2, \dots, u_L$ . У протилежному випадку, вихідний вектор не співпаде з жодним зразковим [1].

Розглянемо загальну структуру мережі Хопфілда на рис. 1 [1].

Дана мережа складається з одного шару нейронів. Число нейронів визначає число входів та виходів мережі. Вихід кожного нейрону з'єднаний із входами усіх інших нейронів. Вхідні вектори подаються через окремі входи нейронів.

Алгоритм функціонування специфічної нейронної мережі Хопфілда є таким [1, 2]:

1. На стадії ініціалізації мережі Хопфілда, що розробляється, вагові коефіцієнти синапсів встановлюються таким чином:

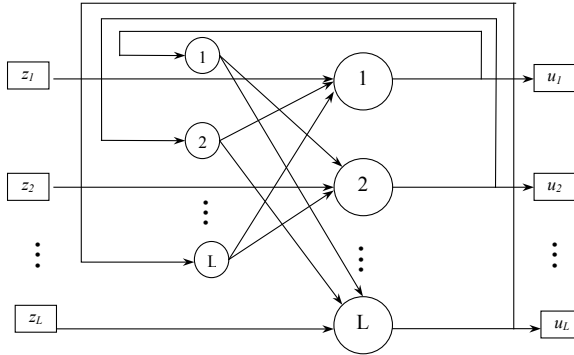


Рис. 1. Загальна структура нейронної мережі Хопфілда для визначення рівня використання стратегічного потенціалу підприємства

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{\sum_{q=1}^Q z_i^q z_j^q}{Q}, & l \neq j \\ 0, & l = j \end{cases},$$

де  $l$  та  $j$  — індекси, відповідно, пресинаптичного і постсинаптичного нейронів;

$z_l^q, z_j^q$  —  $l$ -ий та  $j$ -ий елементи вектора  $q$ -ого зразка.

На входи подається невідомий мережі сигнал — незразковий вектор  $P$  закодованих значень  $p_1, p_2, \dots, p_L$  функцій  $f_i, i = \overline{1, 8}$ , що описують рівень використання стратегічного потенціалу підприємства (фірми). Його поширення безпосередньо встановлює значення виходів:  $u_l(0) = z_l, l = \overline{0, L-1}$ . Нуль у дужках справа від  $u_l$  означає нульову ітерацію в циклі роботи мережі.

2. Розраховується новий стан нейронів так:

$$S(t+1) = \sum_{l=1}^L w_{jl} u_l(t), \quad j = \overline{0, L-1},$$

де  $t$  — номер ітерації;

а також нові значення виходів:  $u_j(t+1) = f|S_j(t+1)|$ , де  $f$  — передатна порогова функція.

Перевіримо, чи змінилися вихідні значення виходів за останню ітерацію. Якщо так, то переходимо до кроку 2, інакше (якщо виходи стабілізувалися) — кінець алгоритму. При цьому вихідний вектор являє собою зразок, що найкраще відповідає вхідним даним.

Отже, автори пропонують визначити рівень використання СПП за допомогою кодів —  $z_l$  значень функцій  $f_i, i = \overline{1, n}$  на базі нейронної мережі Хопфілда. Для цього розроблена відповідна структурна модель процесу оцінювання рівня використання СПП, основний блок у якій розглядається як нейронна мережа Хопфілда (рис. 2) [3]. Розроблена структурна модель процесу оцінювання рівня використання СПП (рис. 2) складається з 3 рівнів.



Рис. 2. Структурна модель оцінювання рівня використання СПП на базі нейронної мережі Хопфілда

На першому рівні здійснюється ідентифікація множини оцінювальних параметрів  $x_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , ( $n=8$ ),  $j \in M$  на базі первинних вхідних параметрів  $x_1^* \dots x_{65}^*$ .

Оцінювальні параметри  $x_{ij} \in$  базою для визначення результуючих функцій  $f_i$ ,  $i = \overline{1, 8}$ . Такі перетворення здійснюються на другому рівні структурної моделі.

На третьому рівні запропонована мережа Хопфілда дозволяє співставити образ вхідного вектора  $Z = (z_l)$ ,  $l = \overline{1, L}$ ,  $L = 24$ , що описує коди значень функцій  $f_i$ ,  $i = \overline{1, 8}$  із найближчим еталонним вектором  $U=(u_i)$ .

Кожен еталонний вектор  $U$  однозначно характеризує конкретний рівень використання СПП —  $y_s$ ,  $s = \overline{1, 5}$ , що є виходом системи.

Розглянемо детальніше третій рівень оцінки. Для мережі Хопфілда в якості нейронів, розглядають нейрони з пороговою функцією активації. Їх входи набувають значень «1» та «-1».

Спочатку, слід визначити рівень вхідної функції  $f_i$  для оцінювання рівня використання СПП. Далі, за допомогою мережі Хопфілда, автори пропонують здійснити кодування рівня функції  $f_i$ . Формат коду будемо описувати трьома цифрами, оскільки кожна із функцій  $f_1 — f_8$  характеризується п'ятьма рівнями оцінки.

Отже, закодуємо їх таким чином: низький рівень функції  $f_i — (-1, -1, -1)$ ; рівень функції  $f_i$  нижче середнього —  $(-1, -1, 1)$ ; середній рівень функції  $f_i — (-1, 1, -1)$ ; рівень функції  $f_i$  вище середнього —  $(-1, 1, 1)$ ; високий рівень функції  $f_i — (1, 1, 1)$ .

На третьому рівні, після кодування, мережа Хопфілда співставляє вхідний вектор, який характеризує рівень використання стратегічного потенціалу досліджуваного підприємства, з 5 еталонними зразками, наведеними в табл. 1. Ці еталони складено на базі даних, що надані експертами, і висвітлено у табл. 2.

Таблиця 1

ЕТАЛОННІ ЗРАЗКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНІВ  $Y_s$  ( $s = \overline{1, 5}$ )

$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$y_s$
-1-1-1	-1-1-1	-1-1-1	111	-1-1-1	-1-1-1	-1-1-1	111	$y_5$
-1-11	-1-11	-1-11	-111	-1-11	-1-11	-1-11	-111	$y_4$
-11-1	-11-1	-11-1	-11-1	-11-1	-11-1	-11-1	-11-1	$y_3$
-111	-111	-111	-1-11	-111	-111	-111	-1-11	$y_2$
111	111	111	-1-1-1	111	111	111	-1-1-1	$y_1$



Отже, у табл. 1 кожен із п'яти рівнів використання стратегічного потенціалу  $y_s$  описаний відповідним закодованим набором значень  $z_l$ ,  $l=1, L$ ,  $L=24$  функції  $f_i$ , які були обрані як найбільш інформативні з матриці знань (табл. 2). Таким чином, мережа ідентифікує той еталон, що є найбільш типовим, а кожний еталон ідентифікує певний рівень використання СПП —  $y_s$ ,  $s=1,5$ .

Таблиця 2

**МАТРИЦЯ ЗНАНЬ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ВИКОРИСТАННЯ СПП НА БАЗІ ФУНКЦІЙ  $f_i(x_{ij})$**

Лінгвістичні значення функцій $f_i(x_{ij})$ , $i = \overline{1, n}$ , $j \in M$								Рівень використання СПП
$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$y_s$
Н	Н	Н	В	Н	Н	Н	В	$y_5 = Н$
Н	Н	НС	В	Н	Н	Н	В	
Н	Н	Н	В	Н	НС	Н	В	
Н	Н	Н	В	Н	Н	НС	В	
Н	Н	НС	В	Н	Н	НС	В	
Н	Н	Н	В	Н	НС	НС	В	
НС	НС	НС	ВС	НС	НС	НС	ВС	$y_4 = НС$
НС	НС	С	ВС	НС	НС	НС	ВС	
НС	НС	НС	ВС	НС	С	НС	ВС	
НС	НС	НС	ВС	НС	НС	С	ВС	
НС	НС	С	ВС	НС	НС	С	ВС	
НС	НС	НС	ВС	НС	С	С	ВС	
С	С	С	С	С	С	С	С	$y_3 = С$
С	С	ВС	С	С	С	С	С	
С	С	С	С	С	ВС	С	С	
С	С	С	С	С	С	ВС	С	
С	С	ВС	С	С	С	ВС	С	
С	С	С	С	С	ВС	ВС	С	
ВС	ВС	ВС	НС	ВС	ВС	ВС	НС	$y_2 = ВС$
ВС	ВС	В	НС	ВС	ВС	ВС	НС	
ВС	ВС	ВС	НС	ВС	В	ВС	НС	
ВС	ВС	ВС	НС	ВС	ВС	В	НС	
ВС	ВС	В	НС	ВС	ВС	В	НС	
ВС	ВС	ВС	НС	ВС	В	В	НС	

Лінгвістичні значення функцій $f_i(x_{ij})$ , $i = \overline{1, n}$ , $j \in M$								Рівень використання СПП
$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$y_s$
В	В	В	Н	В	В	В	Н	$y_1 = B$
В	В	BC	Н	В	В	В	Н	
В	В	В	Н	В	BC	В	Н	
В	В	В	Н	В	В	BC	Н	
В	В	BC	Н	В	В	BC	Н	
В	В	В	Н	В	BC	BC	Н	

Мережа Хопфілда реалізована за допомогою математичного пакету програм MatLab 7.0, що дає можливість швидко і точно прийняти рішення щодо визначення рівня використання стратегічного потенціалу підприємства.

Отже, авторами запропоновано методологічний підхід щодо оцінювання рівня використання стратегічного потенціалу підприємства на базі математичного апарату нейронної мережі Хопфілда, яка дозволяє з мінімальними витратами врахувати широке коло як кількісних, так і якісних чинників впливу, що забезпечує комплексність та динамічність оцінювання використання СПП за умов швидкоплинних внутрішнього та зовнішнього середовищ функціонування суб'єктів господарювання; одержала подальшого розвитку модель оцінювання рівня стратегічного потенціалу підприємства, що враховує поліфункціональний вплив чинників та дає можливість декомпозиції такого процесу, що суттєво його спрощує.

### **Література**

1. *Круглов В. В.* Нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2002. — 382 с.
2. *Куссиль Э. М.* Ассоциативные нейроподобные структуры / Э. М. Куссиль. — К.: Наук. думка, 1992. — 144 с.
3. *Антонюк О. В.* Оцінка стратегічного потенціалу підприємства з використанням нейронної мережі Хопфілда / О. В. Антонюк // Вісник Хмельницького національного університету. — 2010. — № 6. — С. 115—121.

Стаття надійшла до редакції 16.10.2011 р.