

Л.М. Таранюк, Л.Г. Мельник

Система оцінювання вартості реінжинірингових заходів з використанням нейромережних технологій на підприємстві

У статті досліджена система оцінки вартості реінжинірингових заходів з використанням нейромережних технологій, яка включає дослідження змісту та алгоритму нейромережних технологій при оцінці вартості реінжинірингу, математичний опис методів неперервного входу та виходу бізнес-процесів в системі.

Ключові слова: бізнес, вартість, нейромережні технології, оцінювання, підприємство, реінжиніринг.

Вступ: окреслення проблеми

В умовах кризових явищ, які можна спостерігати зараз в економіці України, дуже багато підприємств відчуває нестачу фінансових коштів, зниження портфелю замовлень, проблеми з виплатами заробітної плати, високим рівнем інфляції в економіці, нестабільністю банківської системи. Такі внутрішні та зовнішні чинники також ведуть до зниження інноваційної активності, зниження конкурентоспроможності продукції як наслідок. Але треба зауважити, що саме в даних кризових обставинах багатьом підприємствам необхідно розглянути питання щодо корінного перепроектування бізнес-процесів в логістичної, виробничої, фінансової, маркетингової, соціальної сферах, яке може сприяти підвищенню економічного потенціалу, мобілізації всіх ресурсів на виробництві, оптимізації витратної ланки тощо.

Постановка проблеми дослідження у загальному вигляді та її взаємозв'язок із важливими науково-практичними завданнями

В контексті методологічної постановки роботи передусім необхідно дати визначення нейромережних технологій, які розкривають сутності ознаки досліджуваного предмету, його зміст.

Характерною рисою нейронних мереж при реінжинірингу є їх здатність змінювати свою поведінку в залежності від змін зовнішнього середовища, враховуючи приховані закономірності з потоку даних бізнес-процесів при цьому необхідно тільки підібрати достатнє число прикладів прямого та оберненого інжинірингу, реструктуризації бізнесу, рефакторингу, переорієнтації, перепроектування бізнес-процесів, які описують поведінку модельованої системи в минулому. Також треба зауважити, що при оцінці вартості впровадження реінжинірингу необхідно звертатися до методології нейромережних технологій коли класичні оптимізаційні методи не можуть ефективно допомогти при їх впровадженні, а це актуально тоді коли підприємець стикається с

Таранюк Леонід Миколайович, кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки Сумського державного університету; Мельник Леонід Григорович, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки Сумського державного університету, директор Науково-дослідного Інституту економіки розвитку МОН України і НАН України у складі Сумського державного університету.

© Л.М. Таранюк, Л.Г. Мельник, 2009

багатофакторною невизначеністю і великим рівнем ризику при плануванні заходів при здійсненні реінжинірингу [3].

***Аналіз досліджень та публікацій,
в яких започатковано вирішення досліджуваної проблеми***

Питанням дослідження реінжинірингу бізнес-процесів приділяється чимало уваги, а саме фундаментальні основи теорії реінжинірингу бізнес-процесів були закладені роботами М. Хаммера, Дж. Чампі, Д. Роса, Т. Давенпорта, М. Робсона, Ф. Уллаха, В. Шера та ін. У вітчизняній теорії циклічного розвитку організації і РБП можна відзначити, зокрема, роботи Б.З. Мільнера, Е.М. Короткова, Я.А.Фоміна, Е.Г. Ойхмана, Е.В. Попова, Н.М. Абдікєєв, Т.П. Данько й ін. Щодо дослідження фундаментальних положень нейромережних технологій, то слід відмітити таких авторів як Кузнецова Н.А., Воїщева О.В., Ротштейна А.П., Сявакко М.С., Рибицької О.М.

Треба зауважити що у багатьох публікаціях, які присвячені реінжинірингу мало хто з авторів звертає увагу саме на оцінку вартості реінжинірингових заходів. В наслідок того, що багато інформації присвячено методичним підходам, понятійному апарату, класифікаційним ознакам реінжинірингу бракує саме інформації, яка присвячена оцінці вартості проведення данного процесу. Даний факт обумовлює необхідність вирішення досліджуваної проблеми, так як у керівництва підприємства можуть виникнути великі труднощі на етапі реалізації реінжинірингу у наслідок браку власних чи запозичених фінансових коштів. Тому перед тим як проводити реінжинірингові заходи треба ретельно проаналізувати кошториси витрат на перепроєктування бізнес-процесів з урахуванням використання неklasичних оптимізаційних підходів.

Постановка завдання

Метою даної статті є розгляд застосування нейромережних технологій при оцінці вартості реінжинірингових заходів на підприємстві.

Основні задачі, які поставлені автором статті: ознайомитися з сутністю нейромережних технологій; дослідити алгоритми застосування нейромережних технологій при оцінці вартості; аналіз моделі апроксимації нелінійних об'єктів згідно з лінгвістичними висловлюваннями при оцінці вартості реінжинірингових заходів; розгляд математичного опису нейромережних технологій, які включають неперервний вхід на вихід бізнес-процесів в системі.

Викладення основного матеріалу дослідження

Своєчасна оцінка вартості різноманітних бізнес-операцій на підприємстві є запорукою правильного прийняття управлінського рішення. Нажаль не завжди можна використовувати класичні оптимізаційні підходи до оцінки вартості елементів економічного потенціалу підприємства, таких як дохідний, витратний, порівняльний. Так як може буди впроваджено в процес оцінки багатоваріантна невизначеність і тоді на допомогу можуть приходити саме нестандартні методи оцінки, такі як використання нейромережних технологій.

Теоретична база нейромережних технологій – це галузь штучного інтелекту. Її популярність пояснюється насамперед схожістю з роботою біологічних нейронних систем, зокрема головного мозку людини. Переваги нейромережних технологій зокрема полягають в тому, що вони не вимагають підвищених вимог до точності вхідних даних, як на етапі навчання так і при їх застосуванні [2]. Можна виділити такі переваги

нейромережних технологій в контексті оцінки вартості реінжинірингу бізнес-процесів на підприємстві:

- здатність навчатися на конкретній множині прикладів і таким чином пристосовуватися до поточної ситуації, до прикладів можуть належати бенчмаркінгові дослідження підприємств лідерів, порівняння з підприємствами, які вже втілюють концепції РБП на практиці, SPACE-процедури;

- вміння стабільно розпізнавати, прогнозувати нові економічні ситуації з високим рівнем точності в умовах зовнішніх перешкод, наприклад появи неповних чи суперечливих значень в потоках інформації (неправдива чи застаріла економічна інформація).

Розглянемо алгоритм застосування нейромережних технологій при оцінці вартості РБП.

Першим етапом є чітке формулювання проблеми, тобто того, що користувач – аналітик збирається отримати від нейромережної технології на виході. Це може бути деякий вектор, що характеризує систему чи процес [1]. В рамках проведення реінжинірингу контрольним показником будуть виступати як вартість процесу (вартість перепроектування бізнес-процесу, рівень капітальних витрат на реінжинірингові заходи, рівень операційних витрат після реінжинірингу), так і результатні показники (норма прибутковості від вкладеного капіталу в РБП, збільшення капіталізації підприємства, рівень рекапіталізації) [5]

На другому етапі визначаються і підготовлюються вхідні дані для реалізації нейромережної технології. Для цього відбирається вся необхідна інформація, яка адекватно і повно описує процес. На цьому етапі рекомендується задіяти кваліфікованих спеціалістів, що добре знають предметну ділянку, для якої розробляється програмний засіб [1]. В рамках оцінки вартості реінжинірингу це може бути підготовка до проведення проекту (відбір виконавців, кваліфікаційні характеристики виконавців, визначення базових правил виконання робіт) і розробка зразка майбутньої організації (визначення стратегічних цілей, які можуть вплинути на вартість, визначення проблемних питань організації) [5].

Ввід даних в систему, підготовка даних, створення файлів для тренування і тестування можна вважати самостійним *третьим етапом*. Основна мета роботи на цьому етапі – це формування необхідного набору ситуацій, з якими доводиться працювати аналітику, а потім розподіл вхідних даних у відповідності з цими ситуаціями [1]. В контексті оцінки вартості реінжинірингу це може бути розробка нового бізнесу (визначення вимог до нових процесів, моделювання роботи нових бізнес-процесів, вартість побудови інформаційної моделі бізнес-процесів, витрати на тестування інформаційної системи) [5].

Вибір типу нейромережної технології і методу її навчання можна виділити в *окремий етап*. Мережа може бути побудована за допомогою NetMaker в інтерактивному режимі при допомозі підказок або ж створити файли Brain Maker за допомогою текстового редактора. Для прогнозування рядів динаміки, якими описуються фінансові витрати на здійснення реінжинірингу рекомендується використовувати генетичний алгоритм Genetik Algorithms, а для розв'язання задач розпізнавання образів і класифікації – мережними технологіями Hopfield і Kohonen. Щодо оцінки вартості реінжинірингу даний етап передбачає оцінку вартості впровадження нового бізнесу

(витрати на впровадження перепроєктованих процесів, інтеграція та тестування розроблених процесів, витрати на впровадження інформаційної системи) [1]

Після розгляду алгоритм застосування нейромережних технологій при оцінці вартості РБП, слід розглянути моделі апроксимації нелінійних об'єктів згідно з лінгвістичними висловлюваннями. Розглянемо математичний опис даної моделі.

Розглядається об'єкт з одним входом (наприклад, це може бути оцінка вартості реінжинірингових заходів) і n входами (чисельність задіяних фахівців, кваліфікаційні ознаки персоналу, кількість бізнес-операцій, які підлягають перепроєктуванню, коефіцієнт неточності інформації, рівень задоволення потреб споживачів після проведення реінжинірингу, рівень операційних витрат після перепроєктуванню бізнеса, коефіцієнт зовнішньої похибки (форс-мажор), коефіцієнт капіталізації підприємства, ринкова ціна цінних паперів, коефіцієнт інформаційного забезпечення та ін.). Він може бути визначений аналітично через функцію:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

де y – вихідна, а x_1, x_2, \dots, x_n – вхідні змінні.

Змінні x_1, x_2, \dots, x_n і y можуть бути як кількісними, так і якісними.

Для кількісних змінних вважатимемо відомими області їх зміни:

$$u_i = [\underline{x}_i, \bar{x}_i], \quad i = \overline{1, n}, \quad Y = [\underline{y}, \bar{y}], \quad (2)$$

де \underline{x}_i (\bar{x}_i) і \underline{y} (\bar{y}) відповідно нижнє (верхнє) значення вхідних та вихідної змінної.

Для якісних змінних $x_1 \div x_n$ задамося множиною всіх можливих значень:

$$u_i = (v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^{q_i}), \quad i = \overline{1, n}, \\ Y = (y^1, y^2, \dots, y^{q_m}), \quad (3)$$

де v_i^1 ($v_i^{q_i}$) і y^1 (y^{q_m}) – бальні оцінки, що відповідають найменшому (найбільшому) значенню вхідних та вихідної змінних.

Для оцінки лінгвістичних змінних x_i , $i = \overline{1, n}$, використовуватимемо якісні терми з наступних терм-множин:

$$A_i = (a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{l_i}) \text{ – терм-множина змінної } x_i, \quad i = \overline{1, n};$$

$$D = (d_1, d_2, \dots, d_m) \text{ – терм-множина змінної } y;$$

де a_i^p – p -й лінгвістичний терм змінної x_i , $p = \overline{1, l_i}$, $i = \overline{1, n}$,

d_j – j -й лінгвістичний терм змінної y , а m – число входів змінної y .

Назви окремих термів $a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{l_i}$ можуть для різноманітних лінгвістичних змінних x_i , $i = \overline{1, n}$ відрізнятися одна від одної.

Лінгвістичні терми $a_i^p \in A_i$, $d_i \in D$, $p = \overline{1, l_i}$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ розглядатимемо як нечіткі множини, які задані на універсальних множинах u_i і Y , що визначені співвідношеннями (2-3).

Повернемося знову до співвідношення (1). Тут передбачається, що вихід y може бути:

а) неперервним, тобто $y \in [\underline{y}, \bar{y}]$;

б) дискретним, тобто $y \in \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$,

де $\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ – класи можливих значень вхідної змінної y .

Дискретизація неперервного виходу може відбуватися за правилом:

$$[\underline{y}, \bar{y}] = \underbrace{[\underline{y}, y_1]}_{d_1} \cup \underbrace{[y_1, y_2]}_{d_2} \cup \dots \cup \underbrace{[y_{m-1}, \bar{y}]}_{d_m}. \quad (4)$$

Тому для збору експертної інформації про об'єкти обох видів використовується нечітка матриця знань.

Таблиця 1 – Нечітка матриця знань

Номер правила	Вхідні змінні				Вихід (y)
	x_1	x_2	$\dots x_i \dots$	x_n	
$j1$	a_1^{j1}	a_2^{j1}	$\dots a_i^{j1} \dots$	a_n^{j1}	d_j
$j2$	a_1^{j2}	a_2^{j2}	$\dots a_i^{j2} \dots$	a_n^{j2}	
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	
Jk_j	$a_1^{jk_j}$	$a_2^{jk_j}$	$\dots a_i^{jk_j} \dots$	$a_n^{jk_j}$	

Цій матриці відповідає система висловлювань:

якщо $[(x_1 = a_1^{j1}) \text{ і } (x_2 = a_2^{j1}) \text{ і } \dots (x_n = a_n^{j1})]$ (з вагою w_{j1})

або $[(x_1 = a_1^{j2}) \text{ і } (x_2 = a_2^{j2}) \text{ і } \dots (x_n = a_n^{j2})]$ (з вагою w_{j2})...

або $[(x_1 = a_1^{jk_1}) \text{ і } (x_2 = a_2^{jk_2}) \text{ і } \dots \text{ і } (x_n = a_n^{jk_n})]$ (з вагою w_{jk_j}),
тоді

$$y = d_j \forall j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

де a_i^{jp} – нечіткий терм для оцінки змінної x_i в рядку з номером jp , $p = \overline{1, k_j}$, k_j – кількість рядків-кон'юнкцій, що відповідають рішенню d_j , $j = \overline{1, m}$, w_{jp} – число з інтервалу $[0, 1]$, котре характеризує суб'єктивну міру впевненості експерта в правилі з номером jp .

Тоді з використанням теорії нечітких множин та системи експертних висловлювань (5) може бути отримана наступна модель нечіткої апроксимації об'єкта (6):

$$\mu^{d_j}(y) = \max_{p=1, k_j} (w_{jp} \min_{i=1, n} \mu^{a_i^{jp}}(x_i)), \quad j = \overline{1, m}, \quad (6)$$

де $\mu^{d_j}(x)$ – функція належності виходу y до класу d_j , $\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$ – функція належності входу x_i до нечіткого терму a_i^{jp} , $p = \overline{1, k_j}$.

Для формалізації нечітких термів, якими оцінюються входи об'єкта, можна, наприклад, використовувати функції належності

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-b}{c}\right)^2}, \quad (7)$$

де $\mu^T(x)$ – функція належності змінної x до терму T , b – координата максимуму функції, $\mu^T(b) = 1$, c – параметр стиснення-розтягування.

Клас $d_j^* \in \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, до якого потрапляє вхід об'єкта (1) у разі вектора входів $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, визначається згідно (6) так:

$$\mu^{d_j^*}(y) = \max_{j=1, m} (\mu^{d_j}(y)). \quad (8)$$

Нечітка апроксимація об'єкта з неперевним входом здійснюється за допомогою операції дефазифікації, яка перетворює результати нечіткого логічного висновку (6) в чітке число:

$$y = \frac{\underline{y}\mu^{d_1}(y) + y_1\mu^{d_2}(y) + \dots + y_{m-1}\mu^{d_m}(y)}{\mu^{d_1}(y) + \mu^{d_2}(y) + \dots + \mu^{d_m}(y)}. \quad (9)$$

Якщо інтервал $[\underline{y}, \bar{y}]$ розбити на m рівних частин, тобто

$$y_1 = \underline{y} + \Delta, \quad y_2 = \underline{y} + 2\Delta, \dots, \quad y_{m-1} = \bar{y} - \Delta, \quad \Delta = \frac{\bar{y} - \underline{y}}{m-1},$$

то формула (9) спрощується і приймає вигляд, зручний для розрахунків

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m (\underline{y} + (j-1)\Delta)\mu^{d_j}(y)}{\sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y)}. \quad (10)$$

Отже, за такої постановки питання, виникає задача знаходження як параметрів w в (5), так і значень b та c функції (7). Така задача відповідає етапу параметричної ідентифікації.

Модель об'єкта з неперервним виходом має вигляд:

$$y = F(X, A, B, C), \quad (11)$$

де $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор вхідних змінних, $A = (w_1, w_2, \dots, w_N)$ – вектор ваг в (5), $B = (b_1, b_2, \dots, b_q)$ та $C = (c_1, c_2, \dots, c_q)$ – вектори параметрів функцій належності згідно з (7), N – загальне число рядків в матриці знань, F – оператор “входи-вихід”, що визначається (5-9). Навчальна вибірка визначається як M пар експериментальних даних “вхід-вихід”:

$$(x^l, y^l), \quad X^l = (x_1^l, x_2^l, \dots, x_n^l), \quad l = \overline{1, M}. \quad (12)$$

Згідно з методом найменших квадратів задача оптимальної настройки нечіткої бази знань формулюється наступним чином: знайти такий вектор (A, B, C) , який задовольняє обмеженням

$$w_i \in [\underline{w}_i, \overline{w}_i], \quad i = \overline{1, N}; \quad b_j \in [\underline{b}_j, \overline{b}_j], \quad c_j \in [\underline{c}_j, \overline{c}_j], \quad j = \overline{1, q} = \overline{1, M}, \quad (13)$$

і забезпечує мінімум величині

$$\sum_{l=1}^M (F(X^l, A, B, C) - y^l)^2 \rightarrow \min_{A, B, C}. \quad (14)$$

В нечіткій матриці знань слід також враховувати і питому вагу i -ого показника перепроєктування бізнес-процесів в j -ій сфері застосування [3;4].

Із сказаного видно доцільність і переваги представлених методів перед класичними оптимізаційними методами та необхідність впровадження при оцінці вартості РБП.

Висновки і напрями перспективних досліджень

Результати досліджень щодо системи оцінки вартості реінжинірингу з використанням нейромережних технологій дозволяють нам зробити наступні висновки.

1. Характерною рисою нейронних мереж при реінжинірингу є їх здатність змінювати свою поведінку в залежності від змін зовнішнього середовища, враховуючи приховані закономірності з потоку даних бізнес-процесів при цьому необхідно тільки підібрати достатнє число прикладів (практичних ситуацій).

2. Алгоритми застосування нейромережних технологій при оцінці вартості РБП відіграють важливу роль при умові розгляду багатоваріантної невизначеності в моделі, яка впливає на перепроєктування бізнес-процесів.

3. За відсутності чіткої бази знань при реінжинірингу на підприємстві слід використовувати моделі апроксимації нелінійних об'єктів згідно з лінгвістичними висловлюваннями.

4. Розгляд нейромережних технологій, які включають неперервний вхід на вихід бізнес-процесів в системі відіграють особливу роль, коли мова йде про постійне перепроєктування бізнес-процесів на підприємстві у часі.

1. *Титаренко Г. А.* Автоматизированные информационные технологии в экономике / Г. А. Титаренко. – М. : ЮНИТИ, 1998. – 336 с.
2. *Бойко В. В.* Проектирование баз данных информационных систем / В. В. Бойко, В. М. Савинков. – М. : Финансы и статистика, 1992. – 247с.
3. *Ротштейн А. П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : Инверсум-Винница, 1999. – 320 с.
4. *Сявавко М. С.* Математичне моделювання за умов невизначеності / М. С. Сявавко, О. М. Рибицька. – Львів : НВФ “Українські технології”, 2000. – 320с.
5. *Таранюк Л. Н.* Экономические основы реинжиниринга бизнес-процессов : монография / Л. Н. Таранюк. – Сумы : Издательско – производственное предприятие «Мрия-1», 2008. – 560 с.

Отримано 06.03.2009 р.

Л.Н. Таранюк, Л.Г. Мельник

Система оценивания стоимости реинжиниринговых мероприятий с использованием нейросетевых технологий на предприятии

В статье исследована система оценки стоимости реинжиниринговых мероприятий с использованием нейросетевых технологий, которая включает исследование содержания и алгоритма нейросетевых технологий при оценке стоимости реинжиниринга, математическое описание методов непрерывного входа и выхода бизнес-процессов в системе.

Ключевые слова: бизнес, нейросетевые технологии, оценивание, предприятие, реинжиниринг, стоимость.