

ПРОГНОЗУВАННЯ ФАКТИЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОЕКТУ НА СТАДІЇ ПЕРЕДПРОЕКТНОГО ПЛАНУВАННЯ

Розглянуто проблему прогнозування відхилення фактичних результатів проекту від запланованих на стадії передпроектного планування. Досліджено ефективність застосування моделей на основі нейронних мереж. Запропоновано використання нейро-еволюційного підходу для розв'язання проблеми та значення PDRI і ризику неуспішності проекту як інформативних ознак. Запропоновано критерій інформативності результатів. Представлено метод прогнозування відхилення фактичних результатів проекту від запланованих на стадії передпроектного планування.

Ключові слова: управління проектами, передпроектне планування, прогнозування результатів проекту, Project Definition Rating Index, ризик неуспішності проекту.

ВСТУП

Інвестиційний проект – інвестиційна акція, що передбачає вкладання визначеної кількості ресурсів, у тому числі інтелектуальних, фінансових, матеріальних, людських, для отримання запланованого результату та досягнення встановлених цілей у визначені строки [1]. Для досягнення бажаних результатів у встановлені строки та в межах визначених витрат грошових чи інших важливих ресурсів проекти повинні досконало плануватися та якісно управлятися.

На практиці помилки у відборі проектів, аналізі ризиків та концептуальному плануванні призводять до таких наслідків: обмежені ресурси використовуються на явно неефективні операції; фінансовий, технологічний та конкурентний ризик організації збільшується до неприйняттого рівня [2]. Помилки планування та виконання проектів мають такі наслідки:

- очікуваний прибуток від комерційних контрактів обертається збитками через перевищення початкової вартості, недотримання строків та виплати штрафів;

- затримується введення в дію основних засобів, що призводить до невиконання бізнес-цілей за лініями продуктів, для яких передбачуються ці засоби;

- проекти за інформаційними системами виконуються з порушенням графіку та перевищенням бюджету, що негативно впливає на управління, загальні витрати та ефективність діяльності, тощо.

Для прийняття рішення інвестор повинен мати за критерії плановані значення основних показників

© Льовкін В. М., Дубровін В. І., Оніщенко В. Ф., 2011

проекту, представлені в документації на проект. Однак фактичні значення в результаті виконання проекту відхиляються від запланованих. Масштабні відхилення можуть призвести до великих втрат або банкрутства. Тому для інвестора або підприємства, яке розглядає декілька варіантів реалізації проекту, дуже корисними для прийняття рішення є дані про прогнозовані значення ризику неуспішності проекту і відхилення розміру витрат та тривалості проекту від запланованих, отримані ще на стадії передпроектного планування, перед початком виконання проекту.

Проблема прогнозування відхилень обсягу витрат та тривалості проекту від запланованих на стадії передпроектного планування є *актуальною* через те, що отримані на даній стадії роботи над проектом значення відхилень, а отже і значення фактичного обсягу та тривалості реалізації, дозволяють ефективно управляти проектом на ранній стадії, не тільки зменшуючи найбільш критичні фактори, які можуть призвести до відхилення, але й ефективно управляючи ресурсами. Управління проектом та ресурсами, зважаючи на отримані прогнозовані значення, дозволяє безпосередньо зменшити відхилення витрат, уникнути нарахування штрафів за невчасне виконання, простоювання чи невчасного забезпечення ресурсами, що також збільшує витрати.

Інструментарій Project Definition Rating Index (PDRI) дозволяє на єдиній основі встановити рівень завершеності визначення масштабу будівельного [3] або промислового проекту [4] перед його виконанням і допомагає передбачати фактори, які викликають ризики проекту. У роботах [5, 6] досліджується

залежність відхилення фактичних витрат та тривалості проекту від PDRI за допомогою регресійної моделі, в [7] запропоновано використання нейронних мереж для прогнозування, результати якого досліджуються порівняно з регресійною моделлю.

У попередніх роботах, де розглядалась дана проблема, авторами було досліджено ефективність застосування різних моделей на основі нейронних мереж та їх ансамблів для прогнозування успішності проектів [8], запропоновано використовувати значення PDRI та запланованих витрат проекту для прогнозування ризику неуспішності проекту, розроблено метод прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії передпроектного планування на основі ансамблів нейронних мереж з кластеризацією.

У процесі дослідження в рамках даної роботи необхідно *розв'язати проблему* підвищення ефективності прогнозування фактичних результатів проекту на стадії передпроектного планування за допомогою засобів штучного інтелекту.

1. УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ І ТРИВАЛОСТІ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

З метою дослідження існуючих рішень проблеми, що розглядається, був проведений патентний пошук, у результаті якого виявлено декілька патентів, що можуть бути віднесені до даної проблеми.

Патент [9] видано на метод та систему управління проектами, що включають множинність технологічних лістингів, шаблонів робіт та зв'язків серед технологічних лістингів. За допомогою методу та системи забезпечується процес управління проектом, що охоплює побудову моделі управління проектом, яка містить сутності та зв'язки, описані текстовими та графічними даними; введення даних про управління проектом до бази даних відношень; побудову інструментарію управління проектом, що має веб-сторінки з текстовими та графічними даними, генерує гіперпосилання на веб-сторінках, ґрунтуючись на відносинах у відповідній базі даних. Також у даному патенті представлено інструментарій управління проектом, що охоплює множинність технологічних лістингів, де кожний лістинг забезпечує керівництво щодо того, як виконати діяльність; множинність шаблонів робіт, де кожний шаблон описує реакцію на ситуацію з управління проектом і має зв'язки у лістингах, тощо.

Систему обробки даних та метод використання даної системи для оцінки і управління ризиками запропоновано в патенті [10]. Віддається перевага втіленню методу, що включає кроки з ідентифікації множи-

ни елементів ризику, визначаючи важливість кожного виділеного елементу ризику, встановлюючи кожний підризики, що стосується виділених елементів із множини ризиків, визначаючи одну чи більше процедур управління для кожного елементу підризиків, встановлюючи ваги для кожної такої процедури. Винахід належить до бізнес-діяльності, а саме до апарату обробки даних та методу ідентифікації, управління та вимірювання ризиків та асоційованих управлінських процедур.

Патент [11] оформлено на винахід – систему управління ризиками проекту для обчислення того, наскільки впливає корегування технологічного плану на весь проект у той час, коли виконується управління проектом. Для визначення такого впливу запропоновано обчислювати розмір впливу корекції чи модифікації у вигляді розподілу щільності ймовірності, а інформація, в якій сформульовано метод корекції окремого процесу залежно від різноманітних факторів відхилення, називається інформацією про правило, в додаток до введення заданих обмежень, що застосовуються умовно. До складу системи управління ризиками проекту входить база даних, у яку записується визначальна інформація, що містить щонайменше одну порцію інформації, яка включає визначення часу можливого початку процесу робіт, можливого завершення та послідовності самих робіт, та база даних розподілу щільності ймовірностей, в яку записується як розподіл щільності ймовірностей щонайменше одна порція інформації, що включає величину коливань для початку процесу робіт, для закінчення робіт та строків будівництва.

У патенті [12] заявлено права на комп'ютерну систему оцінки витрат проекту будівництва, що містить в собі базу даних попередніх будівельних робіт, та засоби оцінки проекту, що включають у тому числі засоби вибору попередніх робіт, які відповідають визначеним користувачем параметрам проекту, та засоби розрахунку оцінок на основі пошуку даних про фактичний час виконання проекту в базі даних для обраних користувачем проектів і обчислення оцінок початкових витрат та тривалості оцінюваного проекту. Даний метод дозволяє вирішити проблему нестачі деталізованих знань з можливістю швидко, просто та точно отримати необхідні дані про тривалість та витрати раніше виконаних робіт, які відповідають параметрам нового проекту.

Система та метод для забезпечення оцінки витрат проекту з використанням комп'ютерної системи, що є частиною мережі, подані в патенті [13]. Винахід належить до засобів підтримки малого бізнесу, а саме до проектно-орієнтованого малого бізнесу, такого

як незалежні підрядники та субпідрядники. Модуль оцінки витрат включає оцінку матеріалів, робіт, накладних витрат тощо. Даний модуль використовує дані, доступні системі, що стосуються архітектурних планів, технічних вимог до матеріалів, вимог до робіт та робітників, для обчислення оцінки витрат, ґрунтуючись на типах та кількості матеріалів і робіт, які мають бути використані у проекті. Окрім того модуль обчислює накладні витрати, такі як фіксовані адміністративні витрати, страхування, обладнання тощо.

Метод оцінки проектних витрат представлено у патенті [14]. Витрати проекту оцінюються автоматично, використовуючи геометричні дані, отримані з плану конструкторських робіт. Протягом виконання проекту або після його завершення дані про фактичні витрати, що стосуються геометричної інформації, отримуються в електронній формі, і ці дані використовуються для оновлення комп'ютеризованого банку даних про витрати.

Винахід у патенті [15] стосується автоматизованого планування будівництва та системи оцінки витрат і програми проекту будівництва. Система оцінки витрат містить базу даних, де зберігається остання інформація про місцеві та регіональні витрати. Програма аналізує файл з вихідними даними, сформульованими користувачем, і перетворює кодові номери елементів на відповідні витрати, дані про які містяться в базі даних.

Патентний пошук дозволив встановити, що наявні розробки не дозволяють вирішити проблему управління проектами на етапі їх вибору з множини запропонованих альтернатив із можливістю не тільки обчислювати заплановані витрати та програму (тривалість) проекту, але й прогнозувати відхилення витрат та тривалості проекту від запланованих значень, виходячи з визначеності проекту на стадії передпроектного планування.

2. ЗАСОБИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗУВАННЯ

Традиційні методи багатовимірної оптимізації є методами локального пошуку, сильно залежать від вибору початкової точки пошуку та накладають додаткові обмеження на властивості цільової функції оптимізації [16].

Властивості нейронних мереж (НМ) у великій мірі залежать від їх архітектури. Якість розв'язання конкретної задачі може бути суттєво покращена за умов використання ансамблів НМ. В ансамблях НМ дані паралельно обробляються декількома НМ, вихідні сигнали яких далі деяким чином комбінуються в об'єдна-

ну оцінку, що переважає за якістю результату, отримані за допомогою локальних мереж, що входять до складу ансамблю. На практиці найбільше розповсюдження отримали два підходи до об'єднання мереж в ансамблі: модульний та заснований на зваженому усередненні, і хоча змістовно вони досить відрізняються один від одного, їх об'єднує те, що обидва вони використовують лінійну комбінацію вихідних сигналів своїх членів у тій чи іншій формі [17].

Множина алгоритмів та методів, які використовують для пошуку рішення еволюційні принципи, об'єднується під загальною назвою – еволюційні алгоритми, одним з основних видів яких є генетичний алгоритм.

З погляду штучних систем обробки інформації генетичний пошук є специфічним методом розв'язання задачі оптимізації, при цьому такий ітераційний пошук адаптується до особливостей цільової функції: нові хромосоми, що з'являються в процесі схрещування, тестують все більш широкі області простору пошуку й переважно розташовуються в області оптимуму, а відносно рідкісні мутації перешкоджають виродженню генофонду, що рівносильне рідкісному, але безперервному пошуку оптимуму в решті областей пошукового простору [18].

Репродуктивний план Холланда [19] – канонічна модель генетичного методу. Схема роботи узагальненого генетичного методу представлена на рис. 1 [18].

Як найважливіші характеристики, що визначають властивості конкретного генетичного алгоритму, можна виділити такі:

- спосіб формування початкової популяції $W_j(0)$;
- кількість особин у початковій популяції $Q(0)$, яка повинна бути достатньо великою, щоб покрити всю область можливих рішень;
- частота кросоверу, що визначає кількість хромосом у поточній популяції, що піддаються схрещуванню;
- ймовірність кросоверу для кожної з хромосом поточної популяції;
- частота мутацій, що визначається кількістю хромосом у поточній популяції, які піддаються зміні;
- частота інверсій, що визначається кількістю хромосом у поточній популяції, які піддаються циклічній перестановці генів;
- параметр зміни поколінь $G(k)$, що визначає частину поточної популяції $P(k)$, яка замінюється на кожній ітерації, при цьому $G(k) = 1$ відповідає заміні всієї популяції у кожному поколінні;
- кількість особин у поточній популяції $Q(k)$;
- стратегія селекції [18].



Рис. 1. Схема роботи узагальненого генетичного методу

Спільне застосування штучних НМ та еволюційних алгоритмів, так званий нейро-еволюційний підхід, дає можливість поєднати гнучкість налаштування НМ та адаптивність еволюційних алгоритмів.

3. ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ФАКТИЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОЕКТУ

Для прогнозування фактичного обсягу витрат та тривалості проекту залежно від рівня PDRІ були використані моделі на основі НМ зворотного поширення помилки (НМЗП), каскадних НМ прямого поширення сигналу та зворотного поширення помилки (КНМ), радіально-базисних НМ (РБНМ), рекурентних НМ (РНМ), узагальнених регресійних НМ (УРНМ) та НМ Елмана (НМЕ).

Для навчання досліджуваних моделей кожний раз випадковим чином із загальної вибірки в 78 проектів обирались 50 проектів, а інші проекти формували тестову вибірку. Прогнозування обсягу витрат за тривалості проекту відбувалось окремо.

Похибка результатів прогнозування оцінювалась за допомогою відносного відхилення:

$$PR = \left| \frac{\text{Прогнозований результат} - \text{Фактичний результат}}{\text{Фактичний результат}} \right|. \quad (1)$$

Результати застосування моделей на основі НМ та регресійних моделей представлені в табл. 1.

У таблиці наведено результати прогнозування для двох прикладів тестових вибірок та середній результат усіх проведених тестувань. НМЗП з 40 нейронами на першому шарі та 10 на прихованому в першому прикладі продемонструвала найкращий результат серед НМЗП, а в другому випадку – найгірший результат,

Таблиця 1. Результати застосування НМ різної архітектури та регресійних моделей

Модель	Тестова вибірка 1	Тестова вибірка 2	Середній результат
Лінійна регресія	62.7020	31.3653	49.0234
Нелінійна регресія	61.6836	31.0025	48.2398
НМЗП [4 2]	74.6228	29.3755	51.2522
НМЗП [10 4]	52.4915	34.8495	43.3218
НМЗП [40 10]	52.1564	60.6491	51.2139
НМЗП [9 3]	56.4677	32.9217	47.0575
НМЗП [8 4]	54.8676	34.5618	47.5376
НМЗП [16 11]	53.5482	45.3177	44.7576
РБНМ	194.8620	32.2059	162.6385
УРНМ	47.3495	30.3659	39.9692
КНМ [4 2]	54.9039	28.3906	44.6617
КНМ [8 4]	51.3613	40.0109	46.8438
КНМ [16 11]	48.5466	43.8835	44.8284
КНМ [40 10]	36.9270	73.9839	50.4928
НМЕ [4 2]	80.5134	53.9108	71.2971
НМЕ [8 4]	79.3931	77.8812	79.1426
НМЕ [16 11]	79.1779	89.8738	83.2219
НМЕ [40 10]	80.8879	99.4334	84.1553
РНМ [4 2]	72.9384	53.8602	60.1055
РНМ [8 4]	60.0677	27.5416	48.5106
РНМ [16 11]	58.5380	29.9436	47.8124
РНМ [40 10]	58.8528	28.1331	47.5710

який перевищив результат найкращої архітектури в даному випадку більш ніж в 2 рази. Така ж тенденція залежності точності результатів прогнозування від навчальної вибірки зберігається для НМ різних архітектур. Зважаючи на дану тенденцію, середній результат застосування моделей на основі лінійної та нелінійної регресії виявився досить ефективним порівняно з моделями на основі НМ.

Результати прогнозування РБНМ та НМЕ виявились досить неточними порівняно з результатами застосування інших підходів.

Однією з задач нейро-еволюційного підходу є еволюційне налаштування структури НМ, при цьому в хромосомі кодується архітектура мережі [20]. В такому випадку для навчання можуть використовуватись градієнтні алгоритми. Пристосованість кожної особи, яка представляє структуру мережі, оцінюється в залежності від результатів навчання. До того ж, нейро-еволюційний підхід в даному випадку дозволяє автоматизувати процес вибору архітектури НМ з можливістю розгляду нерегулярних архітектур, що може привести до отримання кращого результату.

При цьому під час пошуку найефективнішої архітектури для оцінки пристосованості конкретної особи можна проводити навчання мереж відповідної архітектури на основі стандартних методів, а для зменшення впливу випадкових факторів на оцінку структури НМ (адже результати навчання НМ чуттєві до початкових умов та значень параметрів алгоритму навчання) проводити декілька незалежних операцій навчання, а вже найкращий (або усереднений) результат використовувати як оцінку топології НМ – пристосованості особи.

На подальшому етапі, після вибору архітектури НМ для конкретного випадку, з метою розв'язання проблеми обчислення ваг зв'язків НМ вирішено було використати нейро-еволюційний підхід. В даному випадку оптимізуються ваги мереж, значення яких кодується в хромосомах [20]. Для представлення ваг НМ був обраний дійсний спосіб кодування, тобто хромосома кожної особи була представлена вектором дійсних параметрів.

Однак, у процесі використання нейро-еволюційного підходу для пошуку ваг НМ було виявлено, що в багатьох випадках результати прогнозування НМЗП знаходились майже на одній прямій, а в деяких випадках взагалі вироджувались у пряму $y = b$, де b – константа (рис. 2).

Звичайно, що такі результати прогнозування, які оптимізують середнє відхилення прогнозованих значень від фактично отриманих результатів проекту, є абсолютно неінформативними для осіб, які приймають рішення щодо проекту. Перед авторами постала задача знаходження критерію інформативності, який би дозволив, окрім відхилення значень прогнозованих результатів від фактичних, оцінити ще й інформативність отриманих даних.

Результати проекту можна розглядати у вигляді ламаної лінії (рис. 2), де абсциси відповідає номер проекту. Відхилення фактичного результату i -го проекту відносно $(i - 1)$ -го можна обчислити таким чином:

$$B_{\phi} = P_{\phi}^i - P_{\phi}^{i-1}, \quad (2)$$

$$B_{\pi} = P_{\pi}^i - P_{\pi}^{i-1}, \quad (3)$$

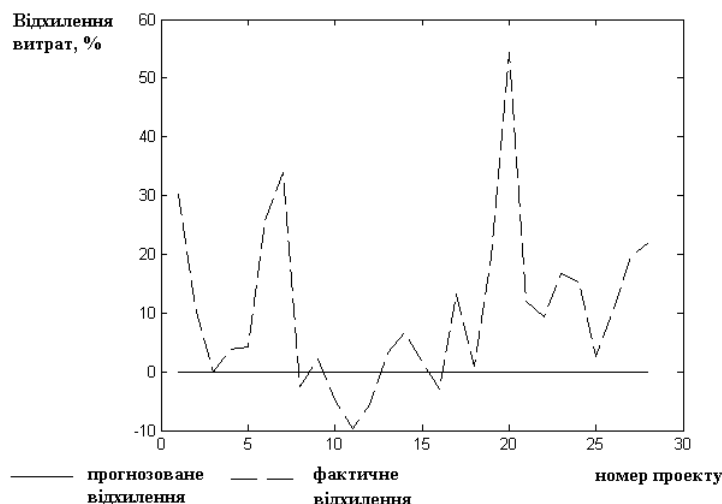


Рис. 2. Приклад прогнозування витрат проекту на основі нейро-еволюційного підходу

де P_{ϕ}^i – фактичний результат i -го проекту; P_n^i – прогнозований результат i -го проекту, P_n^{i-1} – прогнозований результат $(i - 1)$ -го проекту.

Для розв’язання сформульованої проблеми запропоновано критерій інформативності, який розраховується таким чином:

$$k_{\text{інф}} = \sum_{i=2}^n k_{\text{інф}}^i, \quad (4)$$

де

$$k_{\text{інф}}^i = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \text{sign}(B_{\phi}) \neq \text{sign}(B_n); \\ \frac{B_{\phi}}{B_n}, & \text{якщо } \text{sign}(B_{\phi}) = \text{sign}(B_n) \text{ і } B_{\phi} < B_n; \\ \frac{B_n}{B_{\phi}}, & \text{якщо } \text{sign}(B_{\phi}) = \text{sign}(B_n) \text{ і } B_{\phi} \geq B_n. \end{cases} \quad (5)$$

Даний критерій дозволяє оцінити за допомогою тангенса кута нахилу те, наскільки відрізняється прогнозований результат i -го проекту відносно $(i - 1)$ -го порівняно з тим, наскільки відрізняється фактичний результат i -го проекту відносно прогнозованого результату $(i - 1)$ -го проекту. При цьому, якщо знак тангенса кута нахилу прогнозованого відхилення не відповідає тангенсу кута нахилу фактичного відхилення, то результат їх співвідношення не враховується, що дозволяє оцінити не оптимізоване значення результату, а його інформативність для особи, що приймає рішення.

4. МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДХИЛЕННЯ ФАКТИЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОЕКТУ ВІД ЗАПЛАНОВАНИХ НА СТАДІЇ ПЕРЕДПРОЕКТНОГО ПЛАНУВАННЯ

Грунтуючись на результатах дослідження застосування НМ та нейро-еволюційного підходу для прогнозування фактичного обсягу та тривалості проекту, запропоновано метод прогнозування відхилення фактичних результатів проекту від запланованих на стадії передпроектного планування на основі такої процедури:

Крок 1. Сформувати навчальну та тестову вибірки у вигляді $(\{x_i^1, x_i^2\}, y_i)$, де x_i^1 – значення показника PDRI i -го проекту, x_i^2 – ризик неуспішності i -го проекту (розрахований на основі методу прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії передпроектного планування на основі ансамблів НМ з кластеризацією), y_i – відхилення фактичного обсягу витрат (тривалості) i -го проекту від запланованого, %.

Крок 2. Виділити кластери на основі всіх наявних даних за допомогою карт самоорганізації Кохонена відповідно до двох параметрів: показника PDRI та ризику неуспішності проекту, сформувавши K кластерів.

Крок 3. Для кожного кластеру $k = 1 \dots K$ виконати кроки 4–6.

Крок 4. Виділити з навчальної вибірки k -ту навчальну підвибірку, в яку входять проекти, що належать до k -го кластеру.

Крок 5. На основі k -ї навчальної підвибірки за допомогою генетичного алгоритму вибрати оптимальну архітектуру та обчислити ваги зв’язків каскадної НМ.

Крок 6. Використовуючи каскадну НМ, сформовану на кроці 5, для кожного проекту з тестової вибірки, що належить до кластеру k , визначити прогнозований обсяг фактичних витрат (тривалості) проекту.

Крок 7. Зупинення.

Необхідно зазначити, що крок 5 методу може бути реалізований одночасним підбором архітектури та налаштування ваг зв’язків каскадної НМ або в два кроки: обрати архітектуру за допомогою генетичного алгоритму на основі градієнтних методів навчання, а потім для обраної архітектури налаштувати за допомогою генетичного алгоритму ваги зв’язків НМ.

Схематично запропонований метод представлено на рис. 3.

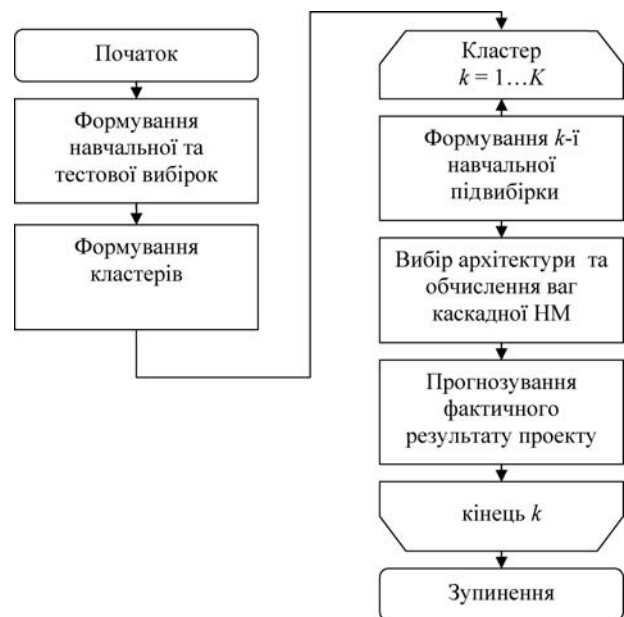


Рис. 3. Метод прогнозування відхилення фактичних результатів проекту від запланованих на стадії передпроектного планування

5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ПРОГНОЗУВАННЯ ФАКТИЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОЕКТУ НА СТАДІЇ ПЕРЕДПРОЕКТНОГО ПЛАНУВАННЯ

У табл. 2 представлено результати застосування запропонованого методу порівняно з іншими підходами.

Таблиця 2. Результати прогнозування

Підхід	Відносне відхилення	Критерій інформативності
Лінійна регресія	49.0234	6.8006
Нелінійна регресія	48.2398	6.8007
УРНМ	39.9692	7.0352
Нейро-еволюційний підхід на основі НМЗП	25.6915	0.0387
Нейро-еволюційний підхід на основі КНМ	23.065	7.3268
Нейро-еволюційний підхід на основі КНМ з двома інформативними ознаками	21.2372	7.7523
Метод прогнозування відхилення фактичних результатів проекту від запланованих на стадії передпроектного планування	17.6827	8.0205

КНМ продемонстрували кращі результати порівняно з НМЗП за відносним відхиленням (формула (1)), інші моделі на основі НМ (з використанням нейро-еволюційного підходу) виявили гірші результати відносно НМЗП. Запропонований для налаштування архітектури та ваг зв'язків НМ нейро-еволюційний підхід дозволив отримати результат прогнозування, відносне відхилення якого від фактичного перевищує майже в 2 рази відповідний результат на основі звичайних НМ для НМЗП, а для КНМ більш ніж в 2 рази. При цьому результати застосування нейро-еволюційного підходу для НМЗП виявились надто низькими за критерієм інформативності, що вказує на неефективність використання НМЗП для даного підходу. КНМ дозволяють моделювати більш складні зв'язки порівняно з НМЗП через наявність зв'язків не тільки між суміжними шарами. Тому для прогнозування результатів на основі нейро-еволюційного підходу необхідно застосовувати КНМ.

Застосування двох інформативних ознак (значення показника PDRI проекту та його ризику неуспішності) дозволило ще покращити результати прогнозування. Таким чином, запропонований у роботі метод дозволив покращити результати прогнозування на основі автоматизованого налаштування архітектури, ваг зв'язків НМ, використання двох

інформативних ознак та кластерів для спеціалізації НМ більш ніж у 2,5 рази порівняно з підходами до розв'язання проблеми, що вже існують [5–7].

ВИСНОВКИ

У роботі розглянуто проблему прогнозування фактичних результатів проекту (витрат і тривалості) на стадії передпроектного планування. Досліджено ефективність застосування моделей на основі нейронних мереж різної архітектури.

Запропоновано використання нейро-еволюційного підходу для вибору архітектури та ваг зв'язків нейронної мережі для прогнозування на основі наявної навчальної вибірки. Це дозволило не тільки автоматизувати даний процес, але й досягти значного покращення середніх результатів моделей на основі НМ, а порівняно з регресійними моделями – у 2 рази. Застосування замість однієї інформативної ознаки двох (значення показника PDRI та ризику неуспішності проекту) і спеціалізації НМ за рахунок кластеризації також дозволило покращити результати.

Запропоновано критерій інформативності, на основі якого оцінено інформативність результатів прогнозування різних підходів.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що в роботі запропоновано метод прогнозування відхилення фактичних результатів проекту від запланованих на стадії передпроектного планування, який дозволив підвищити точність результатів прогнозування порівняно з існуючими підходами.

У процесі подальшого дослідження необхідно розробити програмний комплекс для управління інвестиційними проектами на стадії передпроектного планування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мазур, И. И. Управление проектами : учебное пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге ; под общ. ред. И. И. Мазура. – 5-е изд., перераб. – М. : Омега-Л, 2009. – 960 с.
2. Арчибальд, Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Рассел Д. Арчибальд ; пер. с англ. Мамонтова Е. В. ; под ред. Баженова А. Д., Арефьева А. О. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Компания АйТи, 2004. – 472 с., ил.
3. Cho, C.-S. Building Project Scope Definition Using Project Definition Rating Index / Chung-Suk Cho, G. Edward Gibson Jr. // Journal of Architectural Engineering. – 2001. – Vol. 7, No. 4. – Pp. 115–125.
4. Gibson, G. E. Project Definition Rating Index (PDRI) : Construction Industry Institute Research Report / G. E. Gibson, P. R. Dumont. – Austin : UTA, 1996. – 95 p.
5. Wang, Y.-R. Applying The PDRI in Project Risk Management : Ph.D. Thesis / Yu-Ren Wang. – Austin, TX, 2002. – 268 p.
6. Ubach de Fuentes, P.-A. Validation of the Project Definition Rating Index (PDRI) for MIT Building Projects :

- M.S. Thesis / Pere-Andreu Ubach de Fuentes. – Massachusetts Institute of Technology, 2004. – 95 p.
7. Wang, Y.-R. A Study of Preproject Planning and Project Success Using ANN and Regression Models / Yu-Ren Wang, G. Edward Gibson Jr. // The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. – Vilnius : Vilnius Gediminas Technical University, 2008. – Pp. 688–695.
 8. Дубровін, В. І. Використання апарату нейронних мереж для прогнозування успішності проектів / В. І. Дубровін, В. М. Льовкін // Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій : тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (22–24 вересня 2010 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя : ЗНТУ, 2010. – С. 163–165.
 9. Pat. 7788118 United States, IPC : G06F 17/50 Project management method and system [Електронний ресурс] / Gerard Vahee, David M. Harris, Jan Heisterberg-Andersen. – Appl. No. : 09/660,852. – Assignee: International Business Machines Corporation ; published : 31.08.2010 ; filed : 13.09.2000. – Режим доступу : <http://patimg1.uspto.gov/piw?Docid=7788118>.
 10. Pat. 7603283 United States, IPC : G06F 17/50 Method and system for managing risk [Електронний ресурс] / Craig Spielmann, Maria Hutter, Joel Klein, Naresh Singhani. – Appl. No. : 11/783831. – Assignee: JPMorgan Chase Bank, N.A. ; published : 13.10.2009 ; filed : 12.04.2007. – Режим доступу : <http://patimg1.uspto.gov/piw?Docid=7603283>.
 11. Pat. 7318039 United States, IPC : G06F 9/44 Project risk management system utilizing probability distributions [Електронний ресурс] / Takeshi Yokota, Hisanori Nonaka, Kenji Araki et al. – Appl. No. : 10/246,690. – Assignee: Hitachi Plant Technologies, Ltd. ; published : 8.01.2008 ; filed : 19.09.2002. – Режим доступу : <http://patimg1.uspto.gov/piw?Docid=7318039>.
 12. Pat. 5918219 United States, IPC : G06Q 10/00 System and method for estimating construction project costs and schedules based on historical data [Електронний ресурс] / John Philip Isherwood. – Appl. No. : 08/357417. – published : 29.06.1999 ; filed : 14.12.1994. – Режим доступу : <http://patimg1.uspto.gov/piw?Docid=5918219>.
 13. Pat. WO/2001/067335, IPC : G06Q 10/00 System and method of providing project cost evaluation [Електронний ресурс] / Arvin Weiss. – Appl. No. : PCT/US2000/042339. – Applicant: FAIRFAX EXPRESS CORP. ; published : 13.09.2001 ; filed : 29.11.2000. – Режим доступу : <http://www.wipo.int/pctdb/en/index.jsp>.
 14. Pat. WO/2006/034541, IPC : G06F 17/50 Method and system for estimating project costs [Електронний ресурс] / Mark Kefford, Simon Lovegrove, Jason Anderssen. – Appl. No. : PCT/AU2005/001484. – Applicants : EXACTAL PTY LTD (All Except US), Mark Kefford, Simon Lovegrove, Jason Anderssen (US Only) ; published : 06.04.2006 ; filed : 27.09.2005. – Режим доступу : <http://www.wipo.int/pctdb/en/index.jsp>.
 15. Pat. WO/2001/067372, IPC : G06Q 10/00 Computer-implemented automated building design and modeling and project cost estimation and scheduling system [Електронний ресурс] / Robert Bruce Wakelam, Henry C. Beck, Bradley Paul Phillips et al. – Appl. No. : PCT/US2001/001451. – Applicants : BECK TECHNOLOGY (All Except US), Robert Bruce Wakelam, Henry C. Beck et al. (US Only) ; published : 13.09.2001 ; filed : 16.01.2001. – Режим доступу : <http://www.wipo.int/pctdb/en/index.jsp>.
 16. Дубровін, В. І. Методи оптимізації та їх застосування в задачах навчання нейронних мереж : навчальний посібник / В. І. Дубровін, С. О. Субботін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 136 с.
 17. Бодянский, Е. В. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения / Е. В. Бодянский, О. Г. Руденко // Харьков : ТЕЛТЕХ, 2004. – 369 с. : ил.
 18. Субботін, С. О. Неітеративні, еволюційні та мульти-агентні методи синтезу нечітко логічних і нейромережних моделей : монографія / С. О. Субботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник ; під заг. ред. С. О. Субботіна. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. – 375 с.
 19. Holland, J. H. Adaptation in natural and artificial systems / J. H. Holland. – Ann Arbor : The University of Michigan Press, 1975. – 97 p.
 20. Цой, Ю. Р. Эволюционный подход к настройке и обучению искусственных нейронных сетей / Ю. Р. Цой, В. Г. Спицын // Нейроинформатика. – 2006. – Том 1, № 1. – С. 34–61.
- Надійшла 04.10.2010
- Лёвкин В. Н., Дубровин В. И., Онищенко В. Ф.
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА НА СТАДИИ ПРЕДПРОЕКТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
 Рассмотрена проблема прогнозирования отклонения фактических результатов проекта от запланированных на стадии предпроектного планирования. Исследована эффективность применения моделей на основе нейронных сетей. Предложено использовать нейро-эволюционный подход для решения проблемы и значение PDRI и риска неудачи проекта в качестве информативных признаков. Предложен критерий информативности результатов. Представлен метод прогнозирования отклонения фактических результатов проекта от запланированных на стадии предпроектного планирования.
Ключевые слова: управление проектами, предпроектное планирование, прогнозирование результатов проекта, Project Definition Rating Index, риск неудачи проекта.
- Lyovkin V., Dubrovina V., Onyshchenko V.
PREDICTION OF PROJECT ACTUAL RESULTS AT PRE-PROJECT PLANNING STAGE
 The problem of predicting project actual results deviation from the results expected at the pre-project planning stage is considered. The efficiency of neural network-based models is analyzed. It is proposed to use the neural-evolution approach for problem solving and to use PDRI and project failure risk values as informative criterions. The criterion of results informativity is proposed. The method of predicting actual project results deviation from the results expected at the pre-project planning stage is presented.
Key words: project management, pre-project planning process, project results prediction, Project Definition Rating Index, project failure risk.