

DOI: <https://doi.org/10.17721/ISTS.2019.1.79-87>

УДК 005.8:316.422

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ВІДХИЛЕННЯМИ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖ В ІТ ПРОЕКТАХ

Морозов Віктор ¹
orcid.org/0000-0001-7946-0832

Кальніченко Олена ²
orcid.org/0000-0002-8003-6980

Мезенцева Ольга ³
orcid.org/0000-0002-8430-4022

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ
¹ knumvv@gmail.com, ² kv_vl@ukr.net, ³ olga.mezentseva.fit@gmail.com

Історія статті:

Надійшла до редакції 25.06.2019

Прийнято 05.08.2019

Ключові слова:

*хмарні технології;
розподілені інформаційні
системи;
ІТ-проекти;
управління проектами;
проактивне управління;
інформаційні впливи;
взаємодія;
управління змінами.*

Анотація: У даній роботі міститься опис результатів дослідження запропонованих методів проактивного управління відхиленнями ключових параметрів в складних проектах на основі дослідження впливів зовнішнього та внутрішнього оточення таких проектів. Запропоновано методи прогнозування рівня змін в результатах проектної діяльності в будь який час при виконанні проектів і в залежності від змін часових параметрів робіт проектів та дослідження впливів на зміни вартостей робіт проектів. Досліджуються реакції впливів на параметри вартості та часові параметри проектів. Розроблена інтегрована інформаційна система для моделювання потоків змін ключових параметрів ІТ-проектів з використанням хмарних сховищ даних. В процесі моделювання задіяні та інтегровані сучасні інформаційні технології управління проектами провідних розробників. В якості інструментів дослідження використовується моделювання впливів оточення на параметри проектів на основі моделей нейронних мереж глибинного навчання. Запропонована модель поглибленого навчання нейромережі, за рахунок експериментального представлення вхідних та вихідних даних чисельних експериментів. Така модель враховує оптимістичний та песимістичний розподіл вартості кожного з проектів під час планування проектів та вибору їх оптимальної конфігурації. Оцінка результатів моделювання впливів змін на терміни та вартість виконання робіт здійснюється з урахуванням контекстних характеристик проектів, серед яких розподіли ресурсів як у часі так і по роботах проектів, розподіли вартості тощо. Таким чином, змодельовані в системі показники вказують на незначні відхилення в межах 10–15% від заданих значень під впливом широкого діапазону значень факторів зовнішнього середовища і їх впливів на зміни обсягів ресурсів робіт проекту для обраної та незмінної технологічної конфігурації моделі проекту. Використовуючи проактивні засоби управління, при повторному моделюванні, стало можливим значно зменшити відхилення у витратах, які не перевищують 10% відхилення від оптимальних значень.

Abstract: This paper describes the results of a study of proposed methods of proactively managing key parameter deviations in complex projects based on the study of the effects of the external and internal environment of such projects. The methods of forecasting the level of changes in the results of project activity at any time during the execution of projects and depending on changes in the time parameters of the work of the projects and the study of the effects on changes in the cost of the work of the projects are proposed. Impact reactions on cost parameters and project timelines are investigated. An integrated information system has been developed to simulate the flow of changes to key IT project parameters using cloud data warehouses. In the process of modeling modern information technologies of project management of leading developers are involved and integrated. Modeling effects of the environment on project parameters based on models of deep learning neural networks are used as research tools. A model of deep learning of the neural network is proposed,

through the experimental representation of the input and output data of numerical experiments. This model takes into account the optimistic and pessimistic distribution of the cost of each project when planning the projects and choosing their optimal configuration. The evaluation of the results of modeling the effects of changes on the timing and cost of performing work is based on the context of project characteristics, including resource allocations both in time and in project work, cost allocations, etc. Thus, the modeled indicators in the system indicate slight deviations within 10-15% of the set values under the influence of a wide range of values of environmental factors and their effects on changes in project work resources for the selected and unchanged technological configuration of the project model. Using proactive controls, in the re-simulation, it became possible to significantly reduce deviations in costs that do not exceed 10% of the deviation from the optimum values.

1. ВСТУП

Стрімкий розвиток технологій в ІТ сфері обумовлений розвитком суспільства та збільшенням темпів життя. Сьогодні ІТ технології спрямовані на вирішення надскладних задач та задоволення потреб людства, наприклад, медицина, генетика, археологія, аерокосмічна галузь, тощо. При цьому спостерігається збільшення кількості новітніх розробок та створення більш складних та потужних розподілених інформаційних систем (РІС). Цьому сприяє швидкий розвиток хмарних обчислень, наприклад периферійні обчислення (edge computing), що створює нові можливості для обслуговування у хмарі [1], а також штучний інтелект, блокчейн, аналітика великих обсягів даних, квантові обчислювальні системи, тощо.

Зростаюча конкуренція, підвищення турбулентності процесів, які відбуваються в зовнішньому середовищі, збільшення складних непередбачуваних викликів призводять до необхідності переходу на «супергнучки застосунки» — контейнерні, безсерверні обчислення і інші технології, до характеристик яких відносяться модульність, розподіленість, постійна оновлюваність та використання хмарних обчислень [2, 3].

Створення складних гібридних систем, здатних задовольняти сучасні потреби, передбачає достатньо високу конструктивну та технологічну складність процесів розробки таких розподілених інформаційних систем. Для рішення зазначених надскладних задач доцільно використання проектного підходу [4, 5], який застосовує методи та інформаційні технології управління проектами. За останні 20 років використання таких засобів довели свою ефективність.

Застосування таких інформаційних технологій для управління ІТ-проектами, а також використання методів штучного інтелекту матиме значний вплив на ефективність результатів самих проектів.

Підтримку процесів розвитку сучасних методологій управління складними проектами проводили ряд українських вчених, професорів, зокрема Бушуєв С.Д. [6], Бушуєва Н.С. [7], Гогунський В.Д. [8], Морозов В.В. [9], Тесля Ю.М. [10], Білощицький А.О. [11] та інші. Зокрема, глибоко вивчено сферу управління проектами, дії змін, а також питання синтезу конфігурації проектного продукту в різних предметних областях, зокрема в розподілених проектах. Проте, проблема вибору оптимального набору контрольованих елементів проекту, на які впливають зміни, не була глибоко досліджена, щоб запропонувати свої практичні рішення, у тому числі в проектах розробки та впровадження РІС.

Постановка проблеми. У наведених роботах була частково формалізовані моделі елементів проектів, зокрема створення РІС у розподілених проектах. Однак фактори впливів ІТ-середовища [12] вимагають для таких складних проектів подальшого розвитку щодо визначення реакцій системи управління на зміни ключових параметрів проекту і побудови математичної моделі для проведення експериментальних досліджень.

Формулювання мети. Метою цієї роботи є розробка та дослідження методів прогнозування реакції системи управління проектами на основі моделювання нейромереж з глибинним навчанням при змінах параметрів основних характеристик проектів. Такі зміни з'являються в результаті дії інформаційних впливів зовнішнього оточення проекту.

Задачами дослідження є:

- аналіз поведінки системи під впливами зовнішнього оточення, що породжують різного роду зміни;
- проведення експериментального моделювання змін в реалізації складних ІТ-проектів;
- створення та дослідження варіантів розподілу ресурсів та часових параметрів

проектів для скорочення дій впливів на результати проектної діяльності.

Технічна та технологічна складність проектів розробки та інтеграції розподілених інформаційних систем полягає в необхідності вирішення багатокритеріальних задач, в забезпеченні широкого спектру функціональності та у використанні декількох технологій, що створює багаторівневу архітектуру таких систем. Крім того, на складність зазначених проектів також впливають фактори середовища, в якому проекти виконуються. Як було зазначено раніше, зовнішнє середовище проекту має *нестабільний та слабо прогнозований характер*.

При цьому, першочерговим завданням для управління проектами при розробці та впровадженні сучасних інтегрованих програмних застосунків з інтелектуальною підтримкою є оптимізація витрат [13 -15] на такі розробки та інтеграцію, а також оптимізація (скорочення) часу на їх розробку. Скорочення часу на розробку нового ІТ-продукту часто в сучасних ринкових умовах набуває найвищого пріоритету.

Тому пошук оптимальних варіантів розподілу ресурсів в ІТ-проектах може стати важливою задачею, успішне рішення якої забезпечить скорочення термінів виконання окремих проектних завдань та, як наслідок, всього проекту, крім того це може зменшити вартість проекту. При цьому прогнозування стану [16] таких проектів є багатовимірною задачею, яка може бути вирішена з використанням технологій сучасних нейронних мереж [17-21]. Крім того, слід враховувати значну кількість змін, які з'являються на різних етапах реалізації проекту та значно впливають на результати його виконання.

Таким чином, розгляд можливостей експериментального використання нейромереж в дослідженнях взаємодії чисельних змін на параметри ІТ-проектів з визначенням їх оптимальних станів є актуальним завданням.

2. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Події, що відбуваються в проекті та події, що впливають на проект ззовні, визначають його глобальний стан в кожний момент часу. Цільовою функцією є збереження оптимального стану проекту протягом його реалізації. *Оптимальним станом* будемо називати стан, при якому спостерігається мінімізація дисбалансу елементів проекту, максимізація показника значущості цінностей проекту, як критерію досягнення поставлених цілей, і мінімізація

шкоди (відхилень) від впливів зовнішнього оточення.

Оптимальний стан може бути досягнуто за рахунок активізації процесів проактивного управління. Це дозволить перейти від реагування на події до формування середовища максимально придатного для функціонування системи «проект-продукт-організація» («project-product-organization» P2O) [22].

У якості початкового набору даних X , будемо використовувати опис задач проекту. При цьому вхідні параметри моделі проекту можна також представити у вигляді:

$$X(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_i(t), \dots, x_n(t)\}, \quad (1)$$

при

$$x_i(t) = \langle ID_i, NM_i, \overline{T_i}, \overline{RS_i}, \overline{RL_i}, \overline{CR_i}, C_i, Kr \rangle,$$

де $x_i(t)$ – опис стану k -ї задачі проекту на момент часу t , при $i = \overline{1, n}$ та $\forall t \in T$, ID_i – код ідентифікації задачі в проекті, NM_i – текстовий опис задачі або її назва, $\overline{T_i}$ – вектор часових параметрів поточної задачі проекту, $\overline{RS_i}$ – вектор ресурсів передбачених для виконання задачі, $\overline{RL_i}$ – вектор технологічних залежностей поточної задачі з іншими задачами, $\overline{CR_i}$ – вектор вартісних характеристик ресурсних параметрів задачі, C_i – параметр вартості задачі, Kr – показник приналежності роботи до критичної задачі, T – час виконання проекту, n – кількість задач (робіт) проекту.

Оскільки для виконання проекту потрібно мати певну кількість ресурсів, то для проекту необхідно задати перелік таких ресурсів у вигляді певної множини R . Таким чином маємо:

$$R = \{r_i \mid j = \overline{1, m}\}, \quad (2)$$

де m – кількість трудових ресурсів, наданих для виконання даного проекту.

При цьому кожне r_j складається з:

$$r_j = \langle IR, NR, CR, MR, OR \rangle, \quad (3)$$

де IR – ідентифікатор певного ресурсу, NR – назва ресурсу, CR – цінова характеристика ресурсу (розцінка), MR – максимальна можлива завантаженість ресурсу, OR – характеристика виду ресурсу.

Як було викладено вище маємо тепер завантажити ресурси R^l для кожної задачі $x_i(t)$

проекту. При цьому отримаємо наступну матрицю:

$$R^l = \begin{pmatrix} r_{1,1}^l & \dots & r_{1,m}^l \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n,1}^l & \dots & r_{n,m}^l \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де $r_{i,j}^l$ – призначений обсяг l для j -го ресурсу і для i -ї роботи.

Визначене завантаження відбувається експертним методом. Однак, як зазначено в [23], основним підходом для отримання оцінок часу виконання робіт проекту є метод PERT (Program Evaluation and Review Technique). Він заснований на припущенні про бета-розподіл випадкової величини, що визначає тривалість виконання задач проекту. Тому, проводячи відповідні розрахунки за вказаним методом і використовуючи при цьому функцію β отримаємо розподіл ресурсів R^d на кожен період часу виконання проекту:

$$R^d = \xrightarrow{\beta(X)} = \begin{pmatrix} r_{1,1}^d & \dots & r_{1,t}^d \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n,1}^d & \dots & r_{n,t}^d \end{pmatrix}, \quad nput \in T \quad (5)$$

де $r_{n,t}^d$ – призначений обсяг ресурсів для i -ї роботи в період часу t .

Отримавши розподіл ресурсів у часі і знаючи їх розцінки CR_j , можна застосувати функцію μ визначення розподілу вартості проекту для кожної задачі проекту у часі.

$$C^d = \xrightarrow{\mu(\beta(X))} = \begin{pmatrix} c_{1,1}^d & \dots & c_{1,t}^d \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m,1}^d & \dots & c_{m,t}^d \end{pmatrix} \quad (6)$$

Тоді запланована вартість проекту буде мати вигляд:

$$C_p = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T c_{i,t}^d \quad (7)$$

Розглянемо два варіанти змін, які найбільш характерні для будь-якого проекту.

1. Виходячи з умов експерименту щодо використання нейромережі та проведення її навчання нам треба отримати кілька спроб, які в процесі моделювання дадуть нам відповідні розподіли C_k^d , де $k \in K$ – кількість спроб моделювання (кількість матриць C^d). При цьому змінними, які ми будемо використовувати для моделювання, будуть саме варіанти R^l . Такі

варіанти в даному випадку будуть вважатися за певний вид змін, які відбуваються під впливом зовнішнього оточення

Таким чином, на виході системи маємо сімейство кривих варіантів розподілу вартості проекту у часі. При цьому усереднений розподіл можна бути вважати за оптимальний:

$$C^a = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \frac{\max(c_{i,t}^d) - \min(c_{i,t}^d)}{2} \quad (8)$$

Відповідно отримаємо усереднений розподіл:

$$C^a = \xrightarrow{avar} = \begin{pmatrix} c_{1,1}^a & \dots & c_{t,1}^a \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{1,m}^a & \dots & c_{t,m}^a \end{pmatrix} \quad (9)$$

Завдяки навченої нейромережі можна отримати для знайденого оптимального графіку вартості проекту відповідне оптимальне завантаження ресурсів R^{la} для кожної з робіт проекту.

У подальшому, при використанні проактивного управління ІТ проектами, для кожного з можливих варіантів R^l (які імітують зміни) будемо мати за допомогою розробленої моделі нейромережі різні варіанти відхилень прогнозованої вартості проекту $\pm \Delta C$ від оптимального варіанту.

2. Аналізуючи розподіл (4) необхідно звернути увагу на відповідність значень отриманих обсягів ресурсів в кожний момент часу t значенню MR (максимальна можлива завантаженість ресурсу) для даного ресурсу. У випадку, коли спостерігається перевищення ліміту ресурсу необхідно провести певну оптимізацію. Наприклад, ресурс $r_{1,1}^d$ працює понад 40 годин в перший тиждень реалізації проекту. Це свідчить про його перевантаження та передбачає необхідність вирішення даної проблеми шляхом збільшення тривалості роботи/робіт, які використовують даний ресурс в тиждень, що розглядається.

Після збільшення тривалості роботи/робіт, при незмінному обсягу ресурсу для даних роботи/робіт, отримуємо зменшення використання ресурсу у період часу, що розглядається. Іншими словами, при пропорційному завантаженні ресурсу його обсяг рівномірно розподіляється на більший період часу.

Крім того кожна робота має певну тривалість та ми можемо задати множину часових параметрів T^D (тривалостей) всіх робіт проекту:

$$T^D = \{t_i^D \mid i = \overline{1, n}\} \quad (6)$$

При цьому вектор часових параметрів $\bar{T}_i$ роботи $\chi_i(t)$ може бути представлений кортежем параметрів:

$$\bar{T}_i = \langle T^D, T^S, T^F \rangle, \quad (7)$$

де T_i^D – тривалість роботи;

T_i^S – час початку роботи;

T_i^F – час завершення роботи.

Після збільшення тривалості роботи/робіт, які містять перевантажені ресурси отримуємо матрицю скорегованого розподілу ресурсів, де окремі $r_{i,j}^d$ набули нові значення:

$$R^d = \xrightarrow{\beta(X)} = \begin{pmatrix} r_{1,1}^d & \dots & r_{1,t}^d \\ r_{n,1}^d & \dots & r_{n,t}^d \end{pmatrix}, \quad (8)$$

Наступним кроком буде спроба переглянути тривалість проекту за рахунок зменшення тривалості окремих робіт з обов'язковою перевіркою на перевищення максимально допустимих значень MR для кожного ресурсу. Таких ітерацій може бути безліч доти, доки ми не отримуємо оптимальну тривалість проекту та при цьому позбавимось усіх перевантажень ресурсів:

$$T^D \xrightarrow{r_{i,j}^d \leq R_j^{MR}} \min T^D \quad (9)$$

де $k \in K$ – кількість спроб моделювання (кількість матриць R^d).

Виходячи з умов експерименту щодо використання нейромережі та проведення її навчання нам треба отримати кілька спроб, які в процесі моделювання дадуть нам відповідні розподіли C_k^d , де $k \in K$ – кількість спроб моделювання (кількість матриць C^d). При цьому змінними, які ми будемо використовувати для моделювання, будуть саме варіанти R^d . Такі варіанти в даному випадку будуть вважатися за певний вид змін, які мають відбуватися під певним впливом зовнішнього оточення складних проектів. Як вже повідомлялося такі впливи мають турбулентний та слабо прогнозований характер.

Значення обсягів призначених на роботу ресурсів та вартість проекту не змінюється, а змінюється лише значення тривалості робіт проекту.

Завдяки навченій таким чином нейромережі можна отримати оптимальне завантаження

ресурсів для кожної з робіт проекту. Тобто обрати з сімейства кривих розподілу вартості ту, що відповідає мінімально допустимому варіанту за часом.

У подальшому, при використанні проактивного управління ІТ проектами, для кожного з можливих варіантів R^d (які імітують зміни) будемо мати за допомогою розробленої моделі нейромережі різні варіанти відхилень прогнозованої тривалості проекту $\pm \Delta T$ від оптимального варіанту.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Переходячи до етапу навчання нейронної мережі далі визначаємося з чисельними варіантами схем завантаження ресурсів по задачам проекту та бюджетними обсягами таких ресурсів, які в цьому підході задаються на весь період виконання задачі. Приклад одного з варіантів можливого завантаження показано в таблиці 1. Таких варіантів треба від 10 до 50. Ці варіанти завантажень і будуть генератором змін в проекті, що досліджується.

Для навчання нейромережі також необхідні для кожного варіанту завантаження задач (робіт) ресурсами мати на виході диференційований та кумулятивний (зростаючим підсумком) розподіл задіяних ресурсів у часі. Для отримання таких результатів скористаємося моделюванням в стандартних програмах з планування та моніторингу проектів, наприклад програмним забезпеченням компанії Oracle's Primavera [24], приклад використання якого показано на рис. 1. При цьому на графіку видно фрагмент переліку задач проекту, їх результат моделювання та розрахунку у часі, завантаженість певними видами ресурсів та сумарна вартість робіт.

Таблиця 1. Фрагмент схеми завантаження ресурсів певного виду на задачі проекту

№ задачі	Номера та розподіл обсягів ресурсів									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
1	4	6	4							...
2	1		8	8				1		...
3		4		4						...
4	1		2	2		4	2			...
5						4	8			...
6			2	2	4	2				...
7		2	3	4	2		2	1		...
8	1		2	2	2	2	2		1	...
9	1	1	2	2	4		1			...
10	1	1	1		1		1		4	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

В нижній частині показані види ресурсів та їх необхідні сумарні обсяги на кожний період часу на протязі виконання усього проекту

Таким чином, для кожного варіанту завантаження задач ресурсами отримаємо два відповідних розподіли, варіанти яких показано на рис. 2 та рис. 3.

При цьому диференційований розподіл покаже нам пікові навантаження або провали в

обсягах використання ресурсів (рис. 2). Кумулятивна діаграма покаже, який з ресурсів у часі є найбільш завантаженим, а який навпаки.

В результаті моделювання варіантів завантажень задач ресурсами для нашого проекту щодо визначення їх вартості отримаємо сімейство кривих, приклад яких наведено на рис.4.

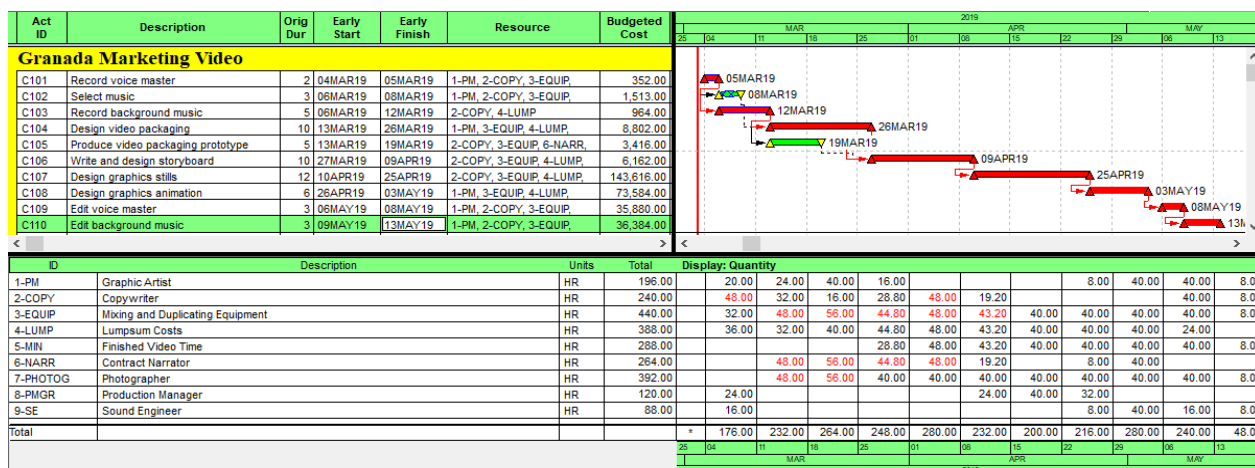


Рис. 1 – Приклад інтеграції процесів моделювання на основі програмного забезпечення з управління проектами та програмами для ІТ-проектів

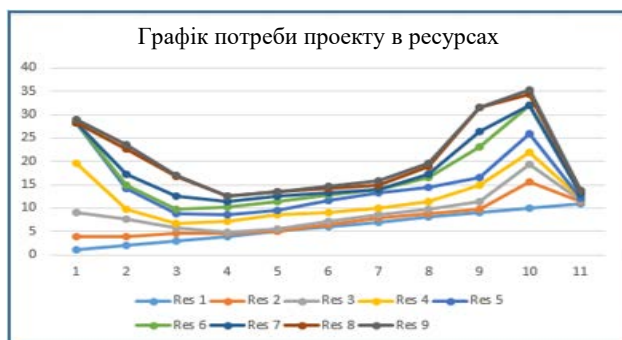


Рис. 2 – Приклад варіанту розподілу і часі ресурсів проекту по тижнях

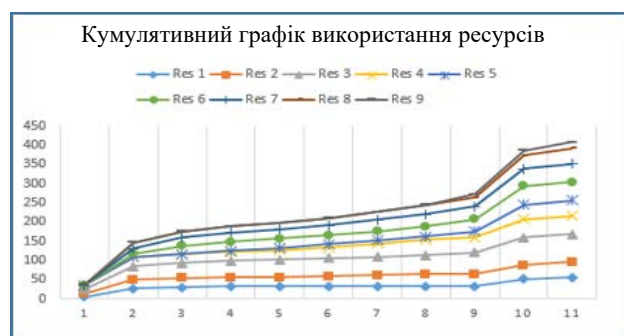


Рис. 3 – Розрахунок ресурсів зростаючим підсумком

Уся ці отримані дані також заносяться до нейромережі на етапі її навчання. Але, аналізуючи сімейство кривих вартості можна візуально та аналітично визначити максимальні та мінімальні розподіли. При чому, максимальний в даному випадку буде

сформовано по двом (кільком) варіантам генерації завантажень задач ресурсами, так само як і мінімальний варіант.

На практиці, з комерційної точки зору, це свідчить про наявність можливого оптимістичного та песимістичного варіантів завершення будь-якого ІТ проекту.

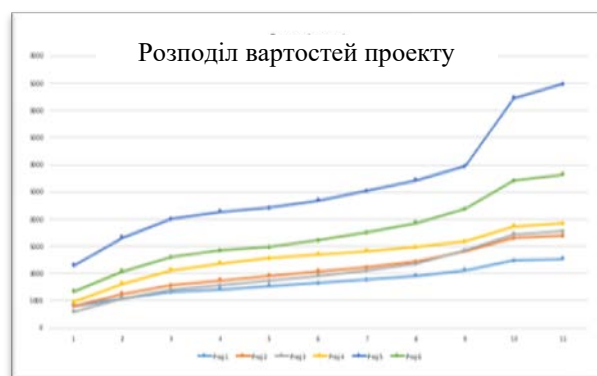


Рис. 4 – Результати впливів змін на початкові реакції системи у вигляді розподілів вартості проекту

Але найбільш цікавим є усереднений розподіл вартості проекту в часі, що є на практиці компромісним варіантом між замовником проекту та його виконавцями. Приклади таких розподілів показані на рис. 5. Усереднений графік і є оптимальним результатом (виходом) нашої системи.

Для проведення експериментів та навчання нейромережі [25 - 27] використовувалося спеціально розроблена модель, фрагмент якої наведено на рис. 6.

Для другого варіанту, що розглядався як типові зміни в проекті, приклад завантаження задач ресурсами наведений в таблиці 2. Варіанти змін тривалості задач наведені у таблиці 3.



Рис. 5 – Визначення усереднених результатів розподілу вартості проекту

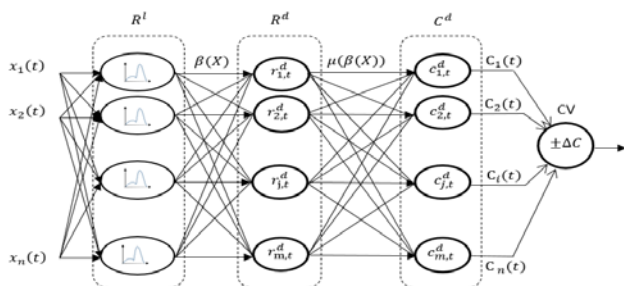


Рис. 6 – Архітектура ансамблю використовуваних нейронних мереж

Table 2. Фрагмент схеми завантаження задач обсягами ресурсів

Task ID	Resource ID								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,5		0,5			0,5	1/4		
2			1/4	1				0,5	0,5
3		1		0,5		1/4			
4	1/4		0,5			1	0,5		1/4
5	0,5			0,5	1	0,5		1/4	1/4
6			1/4	0,5	0,5	0,5	0,5		
7	1/4	1/4	0,5	1/4	0,5			1/4	
8	1/4			0,5		1	1/4	1	0,5
9		0,75	1/4		0,6		1/4	1/4	
10	1/4	0,5	1/4		0,5		0,5	1	1

Після завантаження задач ресурсами отримаємо два відповідних розподіли, варіанти яких показано на рис. 7 та рис. 8. При цьому диференційований розподіл покаже нам пікові навантаження або провали в обсягах використання ресурсів (рис. 7). Кумулятивна діаграма покаже, який з ресурсів у часі є найбільш завантаженим, а який навпаки.

Table 3. Фрагмент розподілу варіантів змін часових характеристик робіт

Task ID	Варіанти розподілу часових характеристик параметрів робіт проекту						
	1	2	3	4	5	...	50
1	3	4	3	3	2	...	3
2	6	7	7	7	7	...	8
3	8	11	10	10	9	...	9
4	13	15	14	13	13	...	12
5	5	5	5	5	5	...	4
6	15	15	15	15	13	...	14
7	12	13	13	13	13	...	11
8	10	11	11	10	10	...	8
9	3	6	6	6	6	...	5
10	3	4	4	3	3	...	3

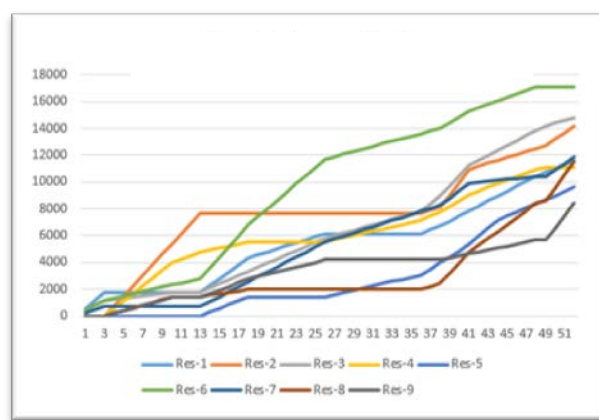


Рис. 7 – Розподіл ресурсів в часі при зміні часових параметрів задач

В результаті моделювання варіантів тривалостей задач для нашого проекту отримуємо сімейство кривих розподілу ресурсів в часі у вартісному вираженні, приклад яких наведено на рис. 8.

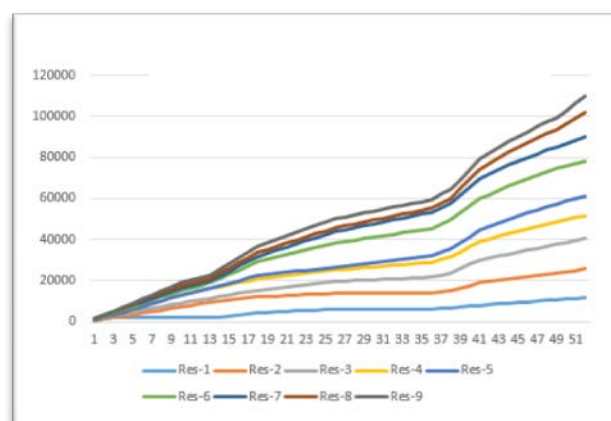


Рис. 8 – Розподіл ресурсів зростаючим підсумком при зміні часових параметрів задач проекту

Усі ці отримані дані також заносяться до нейромережі на етапі її навчання. Аналізуючи сімейство кривих вартості можна візуально та аналітично визначити максимальні та мінімальні

розподіли за часом при однакових значення вартості проекту.

Залишається питання визначення оптимальних тривалостей задач для отримання мінімального за часом графіку вартості. Рішення можна отримати чисельними розрахунками, поступово наближаючись до заданого вихідного результату.

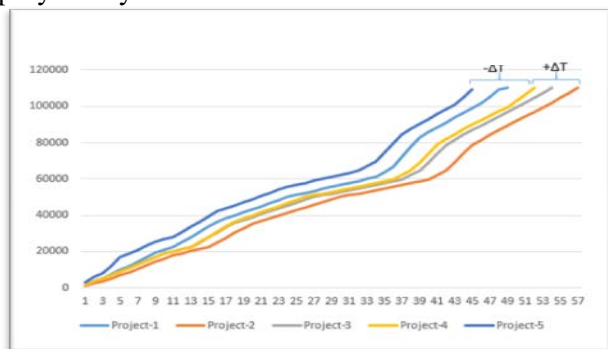


Рис. 9 – Результати змін початкових реакцій системи у вигляді варіантів вартості

Але це займе дуже багато часу і буде достатньою дорогим процесом. Тому використання нейромереж є ефективним рішенням для вирішення подібних задач.

4. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

В наведених дослідженнях було розглянуто два варіанти змін:

- зміни схем завантаження робіт ресурсами, обсягів ресурсів при незмінних параметрах тривалості робіт
- зміни часових параметрів робіт при сталих обсягах та схемах завантаження ресурсів на роботи.

Активаційні функції при цьому обиралися з лінійної, квадратичної, кубічної, сигмоїдальної функцій. Через те, що час роботи програми значно збільшується в результаті такого перебору, реалізованого у прихованому циклі. Ми зупинилися на використанні сигмоїдальної функції активації у прихованому і вихідному шарах нейронної мережі.

Оцінюючи результати експериментів можна провести оцінку і зробити певні висновки. Зокрема було з'ясовано, що при достатньо широкому діапазоні змін вхідних параметрів моделі на виході ми отримували незначні коливання змін реакцій системи ($\pm \Delta C$). Це характерно лише для даної конфігурації сіткової моделі (технології створення продукту проекту), часових параметрів робіт проекту, обмежень тощо.

При фіксації обсягів робіт та серії змін для часових параметрів робіт моделі проекту отримуємо криві розподілу вартості, які

відхиляються в меншу та в більшу сторону значень від оптимального значення за умовою мінімально допустимої тривалості проекту.

5. ВИСНОВКИ

1. Запропоновані методи проактивного управління відхиленнями по часу та вартості проектів з використанням нейромереж з глибинним навчанням для аналізу змін в реакціях системи управління складними ІТ-проектами на основі впливу зовнішнього турбулентного оточення показали свою ефективність. Відмінною особливістю такого підходу є цілісне уявлення і аналіз впливу середовища на множину всіх елементів проекту з сильними взаємодіючими відносинами та впливами.

2. Наведена математична модель процесів глибинного навчання штучних нейромереж дозволила формалізувати процеси реалізації проектів на основі проактивного підходу та визначити цільові функції для подальшого дослідження поведінки моделі під впливом турбулентного середовища. Вартість та час реалізації проекту були взяті за основу, як основні параметри, що визначають ефективність проекту.

7. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] *Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility*, [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X08001957>.
- [2] B. Furht, A. Escalante, *Handbook of Cloud Computing*, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-6524-0>.
- [3] А. Алпатов, "Развитие распределенных технологий и систем", *Перспективы науки и образования*, 2015, вып. 2 (14).
- [4] A. Kintonova, Z. Bakkaisha, A. Madina and E. Maikibaeva, "Development of Distributed System for Electronic Business Based on Java-Technologies". *International journal of environmental & science education*, Vol. 11, №. 10, p. 3861-3883, 2016.
- [5] N. Bessis, "Development of Distributed Systems from Design to Application and Maintenance". *Edge Hill University*, UK, 2013.
- [6] С. Бушуев, М. Дорош, "Формування інноваційних методів та моделей управління проектами на основі конвергенції". *Управління розвитком складних систем*, №23, С. 30-37, 2015.
- [7] Н. Бушуева, *Моделі та методи проактивного управління програмами організаційного розвитку*, [Посібник], К.: Науковий світ, 2007, 199 с.
- [8] V. Gogunskiy, K. Kolesnikova, D. Lukianov, "Lifelong learning is a new paradigm of personnel training in enterprises", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 4/2 (82). pp. 4–10, 2016.
- [9] V. Morozov, O. Kalnichenko, I. Liubyma. „Proactive Project Management for Development of Distributed

- Information Systems". *Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference "Problems of Infocommunications. Science and Technology" (PIC S&T-2017)*, Kharkiv, Ukraine, 2017.
- [10] Yu. Teslia, A. Khlevnyi, I. Khlevna. "Control of informational Impacts on project management". *Proceedings of the 1th IEEE International Conference on Data Stream Mining & Processing*, 23-27 August. Lviv, Ukraine, 2016.
- [11] A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko, S. Biloshchytska, O. Kuzka, Ye. Shabala, T. Lyashchenko, "A method for the identification of scientists' research areas based on a cluster analysis of scientific publications". *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5. – Vol. 2. – Issue 89. 4-10, 2017.
- [12] *Проактивное управление проектами*, [Online]. Available: <http://www.itexpert.ru/rus/ITEMS/200810062247/>.
- [13] P. Kenneth "Birman: Reliable Distributed Systems: Technologies", *Web Services, and Application*, 2005
- [14] O. Maimon, L. Rokach, "Data Mining and Knowledge Discovery Handbook", 2005, [Online]. Available: <http://www.bookmetrix.com/detail/book/ae1ad394-f821-4df2-9cc4-cbf8b93edf40>.
- [15] М.С. Косяков, *Вступ до розподілених обчислень*, СПб: Інститут державних досліджень IST, 2014, 155 с.
- [16] *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK®). Sixth Edition.* – Delaware, Pennsylvania, Newton Square 19073-3299, USA: Project Management Institute Four Campus Boulevard, 2017, 586 p.
- [17] S. Warrilow. *Change management: the horror of it all*, *Project Smart*. 2010. [Online]. Available: <https://www.projectsmart.co.uk/change-management-the-horror-of-it-all.php>.
- [18] W. Carsten, "Multi-agent System of IT Project Planning", *Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, Vol. 1, 21-23 September, Bucharest, 2017, pp. 548-553.
- [19] Leticia Fuentes Ardeo, Maria Aguilar, Jose Ramon Otegi Olaso. "The Project Knowledge Management: a key factor in the integration of Sustainability in Project Management", *Proceedings of International Research Conference at the Dortmund University of Applied Sciences and Arts*, Dortmund, Germany, 30 June - 1 July, 2017, pp. 96-98.
- [20] Дж. Гараедаги. *Системное мышление. Как управлять хаосом и сложными процессами. Платформа для моделирования архитектуры бизнеса*, Минск: Гревцов Букс, 2010, 480 с.
- [21] E. Murray, I. Zakharova. *Knowledge Management Success, Effectiveness Models*, [Online]. Available: <http://www.management.com.ua/strategy/str113.html>
- [22] V. Morozov, O. Kalnichenko, S. Bronin, "Development Of The Model Of The Proactive Approach in Creation Of Distributed Information Systems", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, № 43/2 (94), pp. 6-15, 2018.
- [23] Ю. Ю. Самохвалов, "Розробка методу прогнозування графа в умовах неповноти та неточності експертних оцінок", *Журнал "Кібернетика і системний аналіз"*, том. 54, №1, стор. 84-91, 2018.
- [24] Oracle's Primavera P6 Enterprise Project Portfolio Management, [Online]. Available: <https://www.oracle.com/applications/primavera/>
- [products/project-portfolio-management/](https://www.oracle.com/applications/primavera/), last accessed 2019/03/25.
- [25] А. С. Новиков, А.А. Ежов, "Многослойная нейронная сеть Розенблатта и ее применение для решения задачи распознавания подписей", *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2016, № 2. С. 188-197.
- [26] В.И. Комашинский, Д.А. Смирнов Д.А., *Нейронные сети и их применение в системах управления и связи*, Горячая линия-Телеком, 2003, 94 с.



Віктор Морозов, к.т.н., професор, завідувач кафедри Технологій управління факультету інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Україна. Він має досвід викладання та досліджень, керуючи складними проектами понад 30 років. Він є автором понад 200 статей у різних міжнародних журналах і виданнях відомих національних і міжнародних конференцій. Сучасні наукові інтереси включають проблеми складних дистрибутивних IT-проектів з використанням хмарних технологій. Член IEEE.



Олена Кальніченко, кандидат технічних наук, доцент кафедри Технологій управління факультету інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Разом з викладацькою та дослідницькою діяльністю автор брав участь у проектах з впровадження корпоративних систем управління проектами та у створенні Офісів управління проектом в IT та будівельних компаніях. Сертифікований професійний менеджер проектів (IPMA).



Ольга Мезенцева, кандидат економічних наук, асистент кафедри Технологій управління факультету інформаційних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка. За успіхи у навчально-науковій діяльності автор отримав стипендію Верховної Ради України та стипендію Президента

України. Автор більше 40 наукових публікацій у вітчизняних та зарубіжних виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних. Основні напрями науково-дослідної діяльності: інформаційно-економічна аналітика, інструменти та впливи, системи управління інформаційними ризиками, інформаційні системи в бізнесі.