

О. МАТВІЄНКО, С. ЗАКУТНІЙ

НЕЧІТКА ЛОГІКА В ЗАДАЧАХ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТІВ

Метою роботи є прогнозування термінів виконання проєкту та його основних економічних параметрів за допомогою теорії графів та методів нечіткої логіки. **Предмет дослідження** в статті – це метод розрахунку основних властивостей або параметрів проєкту, прогнозування термінів його виконання та можливість врахування форс-мажорних ситуацій. У роботі виконується **завдання** пошуку оптимального плану проєкту створення сайту електронної комерції та розрахунку його основних економічних параметрів. Упроваджуються такі **методи**: теорії мережного планування та управління; нечіткої логіки – для розв’язання задачі нечіткої оптимізації; теорії графів, а саме метод критичного шляху *CPM*, – для прогнозування термінів проєкту. Досягнуто такі **результати**: основні економічні параметри були розраховані для двох варіантів проєкту створення сайту електронної комерції – послідовному, коли команда не має багато розробників для його реалізації (або достатньо ресурсів), і паралельному виконанню робіт, що дозволяє оптимізувати час виконання за допомогою залучення додаткових працівників. Також підраховано вартість обох проєктів, що в подальшому може допомогти менеджерам зробити висновки щодо впровадження того чи іншого варіанта планування окресленого типу проєктів. Для першого проєкту план проведення робіт буде завершено за час, що не перевищує 230 діб, з надійністю 30% або не перевищує 295 діб з надійністю 80%. Для другого проєкту план проведення робіт буде завершено за час, що не перевищує 230 діб, з надійністю 30% або не більше ніж 278 діб з надійністю 70%. **Висновки**. У роботі запропоновано нечітку математичну модель пошуку оптимального плану та розрахунку основних економічних параметрів проєкту створення сайту електронної комерції з нечіткою множиною планів та нечітко визначеною метою. Також подано метод розв’язання цієї задачі. Результати дослідження мають значну цінність для планування проєкту, для вирішення питання про доцільність його початку, для прогнозування ресурсів, що знадобляться в процесі його реалізації. Ці показники є вкрай необхідними для покращення процесів і коректного розподілення робіт, що може допомогти посилити конкурентоспроможність та підвищити прибуток проєкту.

Ключові слова: мережний графік; нечітка мета; критичний шлях; функція належності; тривалість.

Вступ

Для розвитку та процвітання будь-якої компанії вкрай необхідні новітні технологічні інструменти продажу та реклами її продукції або поширення будь-яких послуг. Саме тому створення сайту електронної комерції стає одним із найважливіших завдань для подальшого розвитку компанії. Правильне й доцільне використання ресурсів може призвести до стрімкого покращення ефективності процесів і підвищення прибутку, а також значно посилити конкурентоспроможність. Тому питання пошуку оптимального плану проєкту створення сайту електронної комерції та розрахунку його основних економічних параметрів є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Великі масштаби сучасних розробок вимагають створення систем, що забезпечують можливість оцінювання поточного стану та передбачення подальшого ходу розроблення проєктів. Такі системи,

основані на мережних графіках, називаються *CPM* (*Critical Path Method*) та *PERT* (*Project Evaluation and Review Technique*).

Для управління проєктом необхідна інформація, яка в умовах часових обмежень не є повністю визначеною, а є приблизною, неточною. Наразі для розв’язання задач із нечіткими вихідними даними успішно використовується теорія нечітких множин і нечітка логіка. Вивченню цієї теми присвячено багато наукових робіт.

У дослідженні [1] розглядається метод критичного шляху для планування та моніторингу будівельного проєкту. Використовується апарат *fuzzy* логіки для подолання невизначеності оцінки тривалості робіт проєкту.

У праці [2] описується багатокритеріальна нечітка модель для оцінювання будівельних проєктів.

Використанню методів нечіткої логіки та теорії графів для планування економічних параметрів проєктів на будівництві також присвячені студії [3–5].

Нечітка математична модель управління проєктом побудови яхти та новий метод ранжування

пропонується у статті [7]. Проводиться порівняння запропонованого методу з методом критичного шляху, PERT і моделювання PERT.

У праці [8] пропонується нова модель аналізу нечітких грошових потоків проекту на основі нечіткого планування для прогнозування грошових потоків проекту в різні періоди його життєвого циклу.

У дослідженні [9] використовується табличний процесор *MS Excel* для розв'язання задач мережного планування в управлінні IT-проектами, зокрема в обчислюванні часових параметрів подій та визначенні резервів часу виконання робіт.

Методика моделювання мережі *GERT* і пакет імітаційного моделювання для планування проекту досліджується в роботі [10].

У цій статті пропонується нечітка математична модель і метод прогнозування термінів виконання проекту та його основних економічних параметрів за допомогою теорії графів і методів нечіткої логіки. Нечіткими в цій моделі є множина планів і мета.

Формулювання завдання: у роботі розв'язується задача пошуку оптимального плану проекту створення сайту електронної комерції. Береться до уваги весь комплекс робіт для його імплементації та правильний розподіл цих робіт на критичному шляху проекту, розраховується приблизний термін завершення такого проекту та бюджет, що необхідний для покриття всіх затрат на його реалізацію.

Для розв'язання цієї задачі запроваджено методи теорії мережного планування та управління. Для вирішення задачі нечіткої оптимізації застосовуються методи нечіткої логіки. Для прогнозування термінів проекту використовуються методи теорії графів, а саме метод критичного шляху *CPM*.

Застосування графів для планування проекту

Для того щоб дослідити характеристики проекту, потрібно визначити, як саме він розвиватиметься, яким буде його план і задачі, а також необхідно розуміти послідовність цих задач і можливість їх одночасного виконання для збереження часу та більш швидкої реалізації.

Щоб змодельовати таку послідовність, застосовуватимемо математичний апарат теорії графів, що дозволить розподілити між собою вершини (роботи проекту), дасть змогу графічно зобразити всі зв'язки між такими роботами й за його допомогою можна знайти критичний шлях у графі, що відповідатиме кінцевому терміну виконання робіт.

Розглянемо граф $G = \langle V, E \rangle$, де V – множина вузлів (*vertices*); E – множина ребер (*edges*).

Зазвичай для розв'язання задач планування використовується мережний графік. Мережний графік – це граф без кратних ребер, усі ребра якого є зваженими дугами.

Основою системи мережного планування та керування проектом є мережна модель – це графічне подання плану, що в літературі називається мережним графіком. Мережний графік – це схема, на якій чітко показані всі етапи створення спочатку проміжних продуктів із певною готовністю, а потім – завершення проекту.

Метою використання мережних графіків є розроблення оптимального або досить близького до нього варіанта плану проекту, який забезпечує раціональне узгодження в часі та просторі виконуваних робіт і найкраще застосування ресурсів, а також ефективно управління процесом реалізації цього плану. Унаслідок використання мережних графіків скорочується тривалість проекту, знижується його трудомісткість і собівартість, зростає продуктивність праці.

Кожна окрема робота є ребром (дугою) цього мережного графіка, біля неї позначається її вага, тобто ресурс, необхідний для виконання такої роботи. Це може бути як час, потрібний на її реалізацію, так і кількість якихось значущих матеріалів або коштів.

Довжиною шляху називається сума тривалостей усіх робіт, які цей шлях містить.

Найдовший шлях називається критичним, і він є найважливішим у розгляді задач планування та керування, оскільки завдяки йому будемо визначати тривалість усього проекту. Усі події та роботи, що лежать на цьому шляху, називаються критичними, і будь-яка затримка, що призводить до збільшення часу виконання або зростання витрачених ресурсів для критичної роботи, спричиняє збільшення всього комплексу робіт, а отже, і проекту загалом.

Мережний графік будується на основі таблиці з позначенням тривалості кожної роботи та зв'язку цієї роботи з відповідними початковою та кінцевою подіями.

Для побудови таблиці тривалості робіт необхідно знати час їх виконання (або матеріальні витрати на реалізацію окремої роботи залежності від того, який саме параметр досліджується), а також визначитися з послідовністю цих подій.

Нехай i, j – це номери подій, (i, j) – робота для виконання, де i – її початкова подія, j – кінцева подія, $t(i, j)$ – тривалість роботи (i, j) .

Також введемо інші параметри, пов'язані зі створенням таблиці:

$t_p(i)$ – ранній термін події i , тобто термін, раніше якого ця робота точно не може бути завершена;

$t_n(i)$ – пізній термін події i , тобто термін, коли робота точно буде завершена (цей термін дорівнює різниці між довжиною критичного шляху та довжиною найбільшого шляху, що йде після події i);

$R(i)$ – резерв події, що дорівнює різниці між пізнім та раннім термінами.

Необхідно взяти до уваги, що подальша робота не може бути записана в таблицю, якщо не записані всі попередні роботи.

**Математична модель задачі пошуку
оптимального плану проекту
створення сайту електронної комерції
та розрахунку його основних економічних параметрів**

Розглянемо мережний графік, у якому тривалість роботи (i, j) буде нечітким числом $d_{ij} = \langle a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} \rangle$, де a_{ij} – мінімальний час виконання роботи; b_{ij} – час, коли робота точно буде виконана, $b_{ij} = c_{ij}$. Функцію належності нечіткого числа d_{ij} позначатимемо як $\mu_{ij}(u)$, де u – елемент універсальної множини $U = [0; \infty)$. Ця величина показуватиме впевненість у тому, що робота справді буде виконана в період між початковою та кінцевою подіями цієї роботи. Необхідно оцінити з певною мірою впевненості ступінь досягнення вчасного виконання плану, що й буде основною метою.

Задача зводиться до задачі математичного програмування з нечіткою множиною допустимих планів (через те, що ми самі можемо обирати, як саме побудувати весь комплекс робіт від початку до кінця) та нечітко визначеною ціллю.

Множину всіх допустимих планів позначимо як \hat{X} , а універсальну множину, на якій будуть задані всі ці плани, – X . Тоді функцію належності нечіткої множини \hat{X} позначимо $\mu_{\hat{X}}(x)$, де $x \in X$.

Нечітко визначена ціль буде формалізуватися нечіткою множиною \hat{X}_c з функцією належності $\mu_c(x)$, $x \in X$.

Усі плани з пошуку оптимального плану проекту створення сайту електронної комерції та розрахунку його основних економічних параметрів є мережними графіками, заданими на одному й тому самому графі, але всі вони відрізняються між собою тривалістю робіт. У цьому разі час роботи (i, j) позначатимемо як u_{ij} . Для планів із множини пошуку оптимального плану проекту створення сайту електронної комерції та розрахунку його основних економічних параметрів виконуються нерівності $a_{ij} \leq u_{ij} \leq b_{ij}$. Тобто в цьому разі величина u_{ij} визначатиметься як уже більш чітке значення виконання роботи. А отже, впевненість у тому, що робота (i, j) буде виконана за час, що не перевищує u , дорівнюватиме $\mu_{ij}(u)$.

Якщо кількість дуг у розглядуваному графі дорівнює n , то кожному допустимому мережному графіку $x \in \hat{X}$ поставимо у відповідність вектор значень тривалості робіт $u(x)$:

$$u(x) = (u_{i_1, j_1}, \dots, u_{i_n, j_n}), \quad (1)$$

де u_{i_k, j_k} – чітке значення тривалості роботи (i_k, j_k) .

Тоді згідно з формулою (1)

$$\mu_{\hat{X}}(x) = \min_k \mu_{i_k, j_k}(u_{i_k, j_k}).$$

Введемо також інші необхідні позначки:

$t(x)$ – тривалість критичного шляху;

T^{\min} – тривалість критичного шляху в разі, коли тривалість роботи (i_k, j_k) , $k = 1, 2, \dots, n$, дорівнює a_{i_k, j_k} , тобто якщо на критичному шляху всі роботи виконуватимуться за мінімальний прогнозований час.

$$\text{Тоді } u(x^{\min}) = (a_{i_1, j_1}, \dots, a_{i_n, j_n}).$$

T^{\max} – тривалість критичного шляху в ситуації, коли тривалість роботи (i_k, j_k) , $k = 1, 2, \dots, n$, дорівнює b_{i_k, j_k} , тобто якщо на критичному шляху всі роботи виконуватимуться за максимальний прогнозований час.

$$\text{Тоді } u(x^{\max}) = (b_{i_1, j_1}, \dots, b_{i_n, j_n}).$$

За функцію належності $\mu_c(x)$ допустимого плану x нечіткій цілі використовується показник близькості розглядуваного плану до найбільш ефективного, тобто плану x^{\min} , у такому разі

$$\mu_c(x) = \frac{T^{\max} - t(x)}{T^{\max} - T^{\min}}. \quad (2)$$

Розв'язком задачі вважатимемо досягнення мети з визначеною мірою впевненості, водночас зважатимемо на ступінь виконання обмежень цієї задачі, тобто ступінь належності плану множині \hat{X} . У такому разі розв'язком буде перетин нечіткої мети із множиною допустимих планів або ж нечітка множина \hat{D} з функцією належності

$$\mu_{\hat{D}}(x) = \min\{\mu_{\hat{X}}(x), \mu_{\hat{C}}(x)\}. \quad (3)$$

Обиратимемо ту альтернативу, що має максимальний ступінь належності розв'язку, тобто альтернативу x^0 , для якої

$$\mu_{\hat{D}}(x^0) = \max_{x \in \hat{X}} \mu_{\hat{D}}(x) = \max_{x \in \hat{X}} \min\{\mu_{\hat{X}}(x), \mu_{\hat{C}}(x)\}. \quad (4)$$

Вибір та обґрунтування методу розв'язання

Для розв'язання задач мережного планування використовують багато методів. Метод критичного шляху (CPM) дає змогу виокремити критичні задачі під час створення проекту та оптимізувати його розклад. Метод діаграм Ганта візуально є проектом у вигляді стовпців, що показують тривалість окремих робіт. Метод програмування проектів (Project Scheduling) передбачає математичне моделювання та оптимізацію проекту з огляду на різноманітні обмеження. Метод PERT є статистичним і впроваджується

для оцінювання часу виконання задач проекту та визначення ймовірностей завершення робіт у заданий термін. Метод Agile є підходом до керування проектом, основаним на гнучкості та ітеративності в процесі розроблення, та ефективний для проектів, що постійно змінюються та розвиваються під час виконання робіт [11–15].

У цій статті впроваджується метод критичного шляху, що є ефективним і зручним для розв'язання задачі пошуку оптимального плану та розрахунку основних економічних параметрів проекту створення сайту електронної комерції з нечіткими вихідними показниками [1].

Результати досліджень

Основним завданням дослідження є пошук основних економічних параметрів проекту зі створення Backend-частини сайту електронної комерції (припускається, що сайт буде створено за допомогою однієї з платформ електронної комерції – SAP Commerce / Magento). Тож, по-перше, необхідно визначитися з тим, які роботи мають бути виконані для досягнення мети, а потім завдяки послідовності робіт побудувати граф.

Весь список робіт графа подано в табл. 1.

Таблиця 1. Інформація про кількість робіт і логічні зв'язки між ними

№	Назва роботи	Попередні роботи
1	Підбір команди розробників та аналітиків	–
2	Створення плану робіт та аналіз бізнес-вимог	–
3	Вибір інструментів розроблення та основних фреймворків	1
4	Розгортання програмного середовища для подальшого розроблення та тестування	3
5	Побудова архітектури	1, 2
6	Створення DB-моделі даних та аналіз зв'язків між таблицями	5
7	Налаштування сервера для швидкого пошуку продуктів, індексація даних	5
8	Створення каталогу продуктів, призначення цін, категоризація	6
9	Створення основної сторінки сайту	6
10	Створення сторінки для подання деталей продукту	8
11	Створення сторінки для подання категорій продуктів, налаштування пагінації	7, 8
12	Створення медіаданих та налаштування CDN	8
13	Створення акаунту користувача	9, 10
14	Налаштування Security, авторизація та автентифікація, створення сесій	13
15	Налаштування інтернаціоналізації / локалізації	9, 10
16	Створення кошика продуктів	14
17	Створення механізму для розрахунку остаточних цін та застосування можливих акцій та дисконтів	14
18	Під'єднання Payment-системи	17
19	SEO-налаштування	15
20	Створення admin-сторінки	12, 16, 19
21	Створення Unit та інтеграційних тестів	11, 18, 20
22	Розгортання кінцевого продукту на Production-середовищі	21

Однією з найважливіших характеристик проекту є час його виконання, але заздалегідь неможливо його точно спрогнозувати, тож для планування застосовуються методи нечіткої логіки.

Можна використовувати різні підходи до того, як саме інтерпретувати результат. Наприклад, оцінити можливість виконання проекту з чітко визначеним терміном його завершення (припустимо за рік) або оцінити час, необхідний для завершення роботи над проектом з певною мірою впевненості. Саме цей критерій є одним з найбільш поширених і використовується для прийняття рішення про початок роботи над проектом або відмови від його реалізації [2–5].

За допомогою інформації, поданої в табл. 1, створимо мережний графік проекту (рис. 1).

Також необхідно задати тривалість робіт, тобто визначити нечіткі числа для кожної роботи $d_{ij} = \langle a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} \rangle$, де a_{ij} – мінімальний час виконання роботи; b_{ij} – час, коли робота точно буде виконана, $b_{ij} = c_{ij}$. Функція належності $\mu_{ij}(u)$ цього нечіткого числа буде показувати впевненість, що робота справді буде виконана в період між початковою та кінцевою подіями цієї роботи. Показники щодо тривалості робіт зведені в табл. 2.

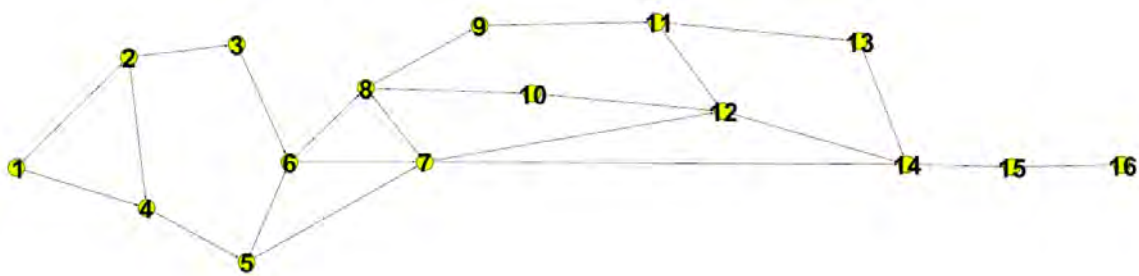


Рис. 1. Мережний графік проекту

Таблиця 2. Показники щодо тривалості робіт над проектом

№	Назва роботи	Позначка роботи (i, j)	Тривалість	
			мінімальний час, днів	максимальний час, днів
1	Підбір команди розробників та аналітиків	(1, 2)	30	60
2	Створення плану робіт і аналіз бізнес-вимог	(1, 4)	14	30
3	Вибір інструментів розроблення та основних фреймворків	(2, 3)	3	7
4	Розгортання програмного середовища для подальшого розроблення та тестування	(3, 6)	7	14
5	Побудова архітектури	(4, 5)	14	21
6	Створення DB-моделі даних і аналіз зв'язків між таблицями	(5, 6)	5	10
7	Налаштування сервера для швидкого пошуку продуктів, індексація даних	(5, 7)	7	15
8	Створення каталогу продуктів, призначення цін, категоризація	(6, 7)	14	21
9	Створення основної сторінки сайту	(6, 8)	15	30
10	Створення сторінки для подання деталей продукту	(7, 8)	10	20
11	Створення сторінки для подання категорій продуктів, налаштування пагінації	(7, 14)	10	20
12	Створення медіаданих і налаштування CDN	(7, 12)	20	30
13	Створення акаунту користувача	(8, 9)	7	14
14	Налаштування Security, авторизація та автентифікація, створення сесій	(9, 11)	21	30
15	Налаштування інтернаціоналізації/локалізації	(8, 10)	14	21
16	Створення кошика продуктів	(11, 12)	7	10
17	Створення механізму для розрахунку остаточних цін та застосування можливих акцій та дисконтів	(11, 13)	21	30
18	Під'єднання Payment-системи	(13, 14)	30	45
19	SEO-налаштування	(10, 12)	7	21
20	Створення admin-сторінки	(12, 14)	30	60
21	Створення Unit та інтеграційних тестів	(14, 15)	30	60
22	Розгортання кінцевого продукту на Production-середовищі	(15, 16)	7	10
Разом			323	579

Розв'язком задачі буде перетин множини допустимих планів і множини нечіткої цілі. Допустимим планом буде мережний графік, побудований із конкретним коефіцієнтом упевненості. Мінімальне значення такого коефіцієнта впевненості (функції належності допустимих планів) дорівнюватиме нулю й відповідатиме мережному графіку з мінімальними можливими тривалостями робіт, тобто це найкращий, але найменш імовірний сценарій. Максимальне ж значення функції належності дорівнюватиме 1 та відповідатиме графіку з максимальними тривалостями робіт, тобто коли точно будемо впевнені, що роботи будуть виконані. Основною задачею буде пошук такого значення функції належності в діапазоні від 0 до 1, що відповідало б максимальному значенню перетину функції належності допустимих планів і нечіткої мети.

Функція належності нечіткої мети (2) показуватиме наближення до найкращого з можливих планів, тобто найкоротшого, але й найменш імовірного.

Оскільки значення функції належності варіюються в діапазоні від 0 до 1, то будемо рухатися з кроком 0,1 і знаходити тривалість критичного шляху на кожному кроці та значення нечіткої мети.

Наведемо алгоритм розв'язання задачі.

1. Візьмемо $\mu_{\hat{x}} = 0$. Побудуємо мережний графік та позначимо вагу кожного ребра відповідно до показників із табл. 2.

2. За допомогою функції *dag_longest_path* бібліотеки *networkx* знайдемо критичний шлях. Обчислимо T^{\min} , T^{\max} , $\mu_c(x)$, $\mu_D(x)$. Перейдемо до наступної ітерації (п. 3).

3. Збільшуємо на 0.1 функцію належності $\mu_{\hat{x}}$. Переобчислимо ваги ребер (тривалості робіт) за формулою $(T_i^{\max} - T_i^{\min}) \cdot \mu_{\hat{x}} + T_i^{\min}$.

Переходимо до п. 2.

4. Остання ітерація розраховується для $\mu_{\hat{x}} = 1$.

На рис. 2 та рис. 3 зображено мережні графіки з вагами ребер, що відповідають тривалостям робіт для першої та другої ітерації.

У такий спосіб продовжуємо ітераційний процес у діапазоні $\mu_{\hat{x}}$ від 0 до 1 із кроком 0,1. Загалом буде виконано 11 ітерацій. Показники щодо коефіцієнтів та довжини критичного шляху на кожній ітерації зведені в табл. 3.

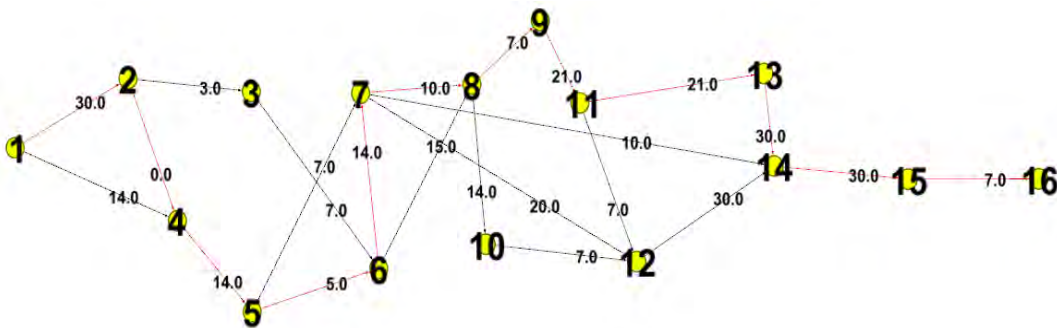


Рис. 2. Мережний графік із тривалостями робіт за умови $\mu_{\hat{x}} = 0$

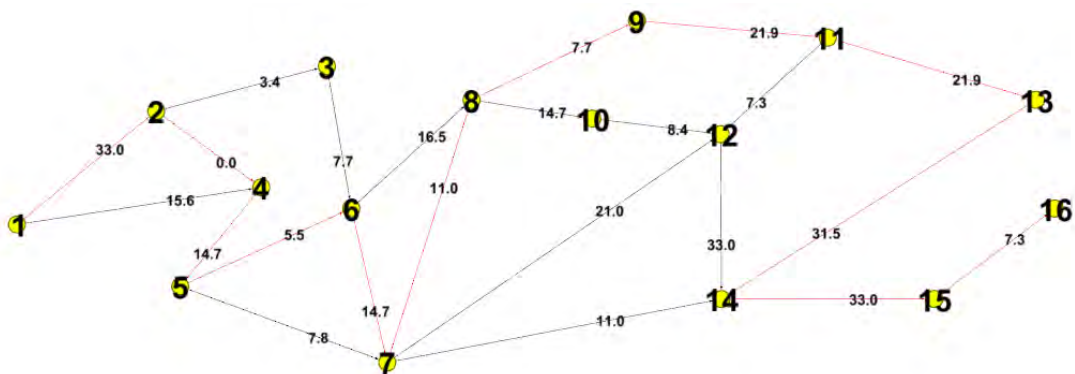


Рис. 3. Мережний графік із тривалостями робіт за умови $\mu_{\hat{x}} = 0,1$

Таблиця 3. Результати ітераційного процесу

№	k	μ_x	Тривалість критичного шляху	μ_c	μ_D
1	0	0,0	189	1,0	0,0
2	1	0,1	202,2	0,9	0,1
3	2	0,2	215,4	0,8	0,2
4	3	0,3	228,6	0,7	0,3
5	4	0,4	241,8	0,6	0,4
6	5	0,5	255	0,5	0,5
7	6	0,6	268,2	0,4	0,4
8	7	0,7	281,4	0,3	0,3
9	8	0,8	294,6	0,2	0,2
10	9	0,9	307,8	0,1	0,1
11	10	1,0	321	0,0	0,0

Відповідно до табл. 3 максимум функції належності нечіткого розв'язку досягається на шостій ітерації, якщо $\mu_x = 0,5$. Тому оптимальним і найбільш вірогідним для початку проекту буде план, коли проект триватиме 255 днів.

Можна по-різному інтерпретувати досягнуті результати залежно від того, яка саме задача стоїть перед менеджером. Наприклад, якщо необхідно визначити вірогідність (або максимальне значення надійності), за умови якої план проведення робіт проекту буде завершено за час, що не перевищує 230 днів, тоді згідно із табл. 3 така надійність дорівнюватиме близько 0,3 (або 30%). Або ж, навпаки, якщо необхідно встановити, скільки днів потрібно витратити, щоб досягти надійності 0,8 (або 80%), тоді з табл. 3 бачимо, що це значення становитиме 295 днів.

Таблиця 4. Інформація про кількість робіт та логічні зв'язки між ними

№	Назва роботи	Попередні роботи
1	Підбір команди розробників та аналітиків	–
2	Створення плану робіт і аналіз бізнес-вимог	–
3	Вибір інструментів розроблення та основних фреймворків	–
4	Розгортання програмного середовища для подальшого розроблення та тестування	1
5	Побудова архітектури	1
6	Створення DB-моделі даних і аналіз зв'язків між таблицями	2, 5
7	Налаштування сервера для швидкого пошуку продуктів	1
8	Створення каталогу продуктів, призначення цін, категоризація	6
9	Створення основної сторінки сайту	3, 4, 5, 6
10	Створення сторінки для подання деталей продукту	3, 4, 5, 6
11	Створення сторінки для подання категорій продуктів, налаштування пагінації	3, 4, 5, 7, 8
12	Створення медіаданих і налаштування CDN	8
13	Створення акаунту користувача	3, 4, 5, 6
14	Налаштування Security, авторизація та автентифікація, створення сесій	13
15	Створення кошика продуктів	8, 10
16	Налаштування інтернаціоналізації/локалізації	9, 10, 11, 13
17	Створення механізму для розрахунку остаточних цін та застосування можливих акцій та дисконтів	15
18	Під'єднання Payment-системи	15
19	SEO-налаштування	16
20	Створення admin-сторінки	14, 17, 18
21	Створення Unit та інтеграційних тестів	12, 18, 19, 20
22	Створення документації	12, 18, 19, 20
23	Виявлення та усунення потенційних ризиків	12, 18, 19, 20
24	Розгортання кінцевого продукту на Production-середовищі	21, 22, 23
25	Оптимізація продуктивності Production-середовища	24

Обчислення

економічних характеристик мережного графіка для модифікованого проекту створення Backend-частини сайту електронної комерції

Для порівняння результатів спробуємо модифікувати наш минулий проект і перебудуємо граф трохи іншим чином, зважаючи, що більшість робіт можуть бути виконані паралельно. Це значно збільшує кількість фіктивних робіт (для подальшого зв'язку робіт між собою), тож змінює саму структуру графа. Також були додані декілька робіт для більшої деталізації завдань, що виконуються протягом усього проекту. Список усіх робіт додано до табл. 4.

Порівняно з таблицею для минулого проекту можна зазначити, що зросла кількість робіт (вершин), до графа додалися задача з оптимізації продуктивності *Production*-середовища, створення документації та виявлення й усунення потенційних ризиків. Також значно зросла кількість попередніх робіт, що виконуються перед певними роботами. Це зроблено для того, щоб максимально деталізувати

та правильно описати процес створення сайту електронної комерції. Необхідно також зауважити, що кількість фіктивних робіт зросла з 1 до 14, якщо порівнювати з минулим проектом. Показники щодо тривалості робіт для цього графа наведені в табл. 5.

Алгоритм розв'язання задачі аналогічний попередньому прикладу. На рис. 4 зображено граф з усіма фіктивними та дійсними роботами.

Таблиця 5. Показники щодо тривалості робіт над проектом

№	Назва роботи	Позначка роботи (i, j)	Тривалість	
			мінімальний час, діб	максимальний час, діб
1	Підбір команди розробників та аналітиків	(1, 4)	30	60
2	Створення плану робіт і аналіз бізнес-вимог	(1, 2)	22	30
3	Вибір інструментів розроблення та основних фреймворків	(1, 3)	3	7
4	Розгортання програмного середовища для подальшого розроблення та тестування	(4, 10)	7	14
5	Побудова архітектури	(4, 5)	14	21
6	Створення DB-моделі даних і аналіз зв'язків між таблицями	(2, 6)	5	10
7	Налаштування сервера для швидкого пошуку продуктів	(4, 7)	7	15
8	Створення каталогу продуктів, призначення цін, категоризація	(6, 8)	14	21
9	Створення основної сторінки сайту	(6, 9)	15	30
10	Створення сторінки для подання деталей продукту	(6, 11)	15	20
11	Створення сторінки для подання категорій продуктів, налаштування пагінації	(8, 12)	15	20
12	Створення медіаданих і налаштування CDN	(8, 13)	15	30
13	Створення акаунту користувача	(6, 14)	7	14
14	Налаштування Security, авторизація та автентифікація, створення сесій	(14, 15)	21	30
15	Створення кошика продуктів	(8, 16)	8	10
16	Налаштування інтернаціоналізації/локалізації	(12, 17)	14	21
17	Створення механізму для розрахунку остаточних цін і застосування можливих акцій та дисконтів	(16, 18)	8	12
18	Під'єднання Payment-системи	(16, 19)	15	45
19	SEO-налаштування	(17, 20)	7	30
20	Створення admin-сторінки	(18, 21)	40	60
21	Створення Unit та інтеграційних тестів	(20, 22)	45	60
22	Створення документації	(20, 23)	45	50
23	Виявлення та усунення потенційних ризиків	(20, 24)	25	40
24	Розгортання кінцевого продукту на Production-середовищі	(24, 25)	7	10
25	Оптимізація продуктивності Production-середовища	(25, 26)	14	18
Разом			375	678

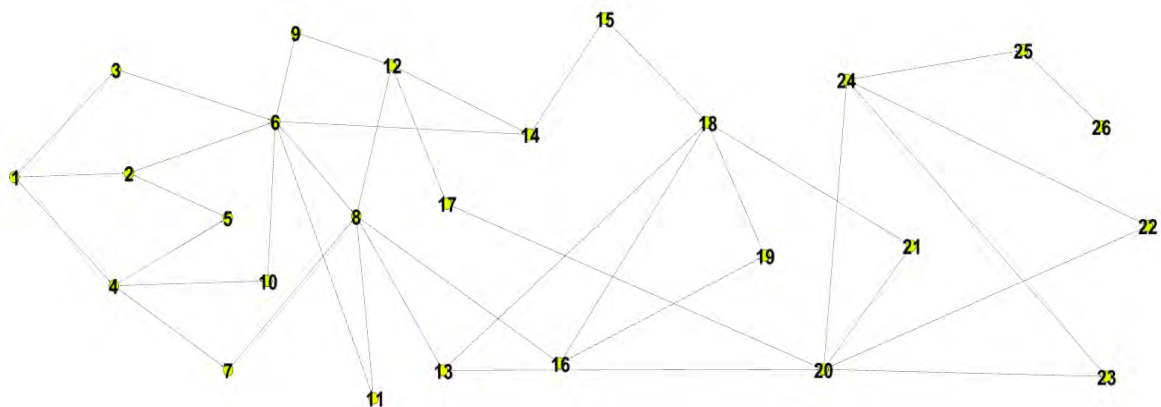


Рис. 4. Мережний графік проекту

Мережні графіки для шостої ітерації зображено на рис. 5.

Результати ітераційного процесу зведено в табл. 6.

Аналізуючи досягнуті результати, зазначимо, що максимум функції належності μ_D для модифікованого проекту створення сайту електронної комерції досягається на шостій ітерації, якщо $\mu_{\hat{x}} = 0,5$.

У цьому разі оптимальним коефіцієнтом надійності залишився той самий показник (тобто приблизно середнє значення тривалості проекту між мінімальним і максимальним значенням). Тож оптимальним є план із надійністю 50% та тривалістю 253,5 діб. Він відповідає тій ітерації, за умови якої може бути два можливих критичних шляхи.

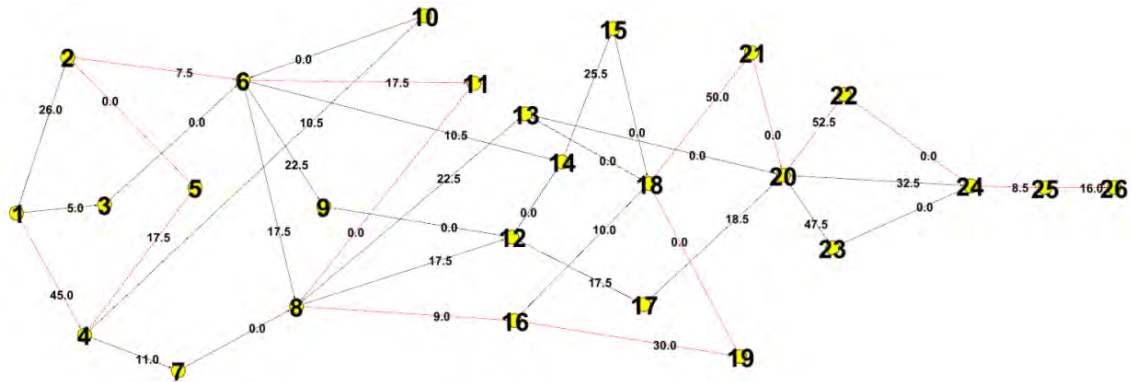


Рис. 5. Мережний графік проекту на шостій ітерації

Таблиця 6. Результати ітераційного процесу

№	k	$\mu_{\hat{x}}$	Тривалість критичного шляху	$\mu_{\hat{c}}$	μ_D
1	0	0,0	193	1,0	0,0
2	1	0,1	205,1	0,901	0,1
3	2	0,2	217,2	0,802	0,2
4	3	0,3	229,3	0,702	0,3
5	4	0,4	241,4	0,603	0,4
6	5	0,5	253,5	0,504	0,5
7	6	0,6	265,8	0,403	0,403
8	7	0,7	278,1	0,302	0,302
9	8	0,8	290,4	0,202	0,202
10	9	0,9	302,7	0,101	0,101
11	10	1,0	315	0,0	0,0

Аналізуючи значення надійності, як і в разі з першим проектом, можна стверджувати, що коли стоїть задача розрахувати надійність проекту з упевненістю 70%, тоді проект буде завершено не менше, ніж за 278 діб. І навпаки, якщо задача полягає в обчисленні впевненості в тому, що проект буде завершено за 230 діб, тоді надійність дорівнюватиме приблизно 30%.

Розрахунок та порівняння вартості проектів

Одним із найважливіших економічних параметрів для планування та прийняття рішення про початок проекту є не тільки час його виконання, але і його вартість. Цей параметр є одним із ключових для менеджерів, а отже, йому справді варто

приділити особливу увагу для успішного кінцевого результату та правильного розподілу ресурсів.

Але для того, щоб правильно розрахувати вартість та кошторис усього проекту, необхідно, крім часу, знати також і кількість працівників, що будуть залучені до його реалізації. Цей параметр доречно обрати відповідно до кількості робіт, що можуть бути виконані одночасно для зменшення затримань між роботами.

Для визначення кількості робіт, що можуть бути виконані одночасно, використовуємо мережні графіки обох проектів, що зображені на рис. 1 для першого проекту та рис. 4 для другого проекту. Це дасть змогу бачити не тільки кількість інцидентних ребер тої чи іншої вершини, але й тривалість роботи, щоб розрізняти фіктивні та дійсні роботи між собою.

Фіктивними роботами можна нехтувати, оскільки їх тривалість є нульовою. Для перевірки також можна використовувати табл. 1 і табл. 4, щоб точно розуміти послідовність робіт між собою.

Після аналізу мережних графіків зробимо висновок, що для першого проекту максимальна кількість робіт, що можуть бути виконані одночасно, дорівнює чотирьом. Вони можуть бути подані у вигляді масивів. Один масив відповідатиме номерам робіт, що можуть виконуватися одночасно. Відповідно до графіка таких масивів буде два – це роботи 9, 10, 11, 12, а також 11, 12, 13 і 15. У такому разі можемо підсумувати, що для вчасного виконання завдань необхідні як мінімум четверо розробників.

Для другого проекту максимальна кількість одночасних робіт дорівнюватиме п'ятьом роботам. Через те, що цей графік є більш розгалуженим, тож і кількість масивів буде більшою – 2, 3, 4, 5, 7; 9, 11, 12, 13, 15; 11, 12, 14, 17, 18. У цьому разі необхідно залучити п'ятеро розробників.

Навіть якщо намагатися йти за принципом мінімізації витрат і збереження ресурсів, для успішної роботи всієї команди проекту необхідні бізнес-аналітик, прожект-менеджер, *DevOps*-інженер і тестувальники. Однозначної відповіді, яку кількість тестувальників потрібно наймати залежно від розміру команди та кількості розробників, немає, але в середньому ця кількість коливається в межах 50%. Тож нехай для першого проекту буде залучено двоє тестувальників (*Junior* та *Senior*), а для третього – троє (*Junior*, *Middle* та *Senior*).

З метою швидшого виконання роботи над проектом та з огляду на можливі форс-мажорні ситуації можна збільшувати кількість персоналу. Тож зміна цих показників залишатиметься на розсуд клієнта або засновника проекту.

Для комплектування команди розробників першого проекту необхідний, по-перше, фахівець *Team Lead*, який виконуватиме більш управлінську діяльність та вирішуватиме архітектурні питання, іншими трьома розробниками будуть фахівці *Senior*, *Middle* та *Junior*. У другому ж проекті можна додатково найняти ще одного інженера рівня *Middle* для більш усередненого вибору, але ще раз необхідно наголосити, що цей вибір залишається на розсуд засновника.

Інформацію про зарплати можемо взяти на одному з найвідоміших українських сайтів про ІТ – *dou.ua*. Результати щодо оптимальних планів, отримані в попередніх пунктах, містять

показники про тривалість усього проекту, а отже, можна буде поррахувати кількість коштів, що необхідно витратити на утримання зазначеної команди фахівців. Інші витрати, такі як інтеграція з іншими сервісами та плата за ту чи іншу *Ecommerce*-платформу, брати до уваги не будемо, оскільки ці параметри є дуже специфічними та залежать лише від вимог керівництва.

Показники про середні зарплати фахівців, що будуть залучені для реалізації проектів станом на червень 2023 р., подані в табл. 7.

Таблиця 7. Значення середніх місячних зарплат фахівців проекту

Назва роботи	Середня зарплата, \$ (USD)
Team Lead	5500
Senior Software Engineer	5125
Middle Software Engineer	2500
Junior Software Engineer	1000
DevOps	3300
Project Manager	1600
Business Analyst	2200
Junior QA	800
Middle QA	1700
Senior QA	3313

Для аналізу обрані розробники за спеціалізацією *Java* та *Ecommerce*, бо більшість *Ecommerce*-платформ написані саме мовою *Java*.

Відповідно до показників, наведених у табл. 7, можемо стверджувати, що середня місячна вартість утримання команди фахівців для першого проекту становитиме 25 338 \$. До команди другого проекту буде додано ще одного *Middle Software Engineer* та *Middle QA*, тож середня вартість зросте на 4 200 \$ й дорівнюватиме 29 538 \$.

Вартості мінімального можливого (залежно від часу виконання), оптимального й максимального планів подано в табл. 8.

З огляду на табл. 8 мінімальна тривалість проекту становитиме 189 діб. Різниця у вартості між мінімальними планами дорівнюватиме 41 452,55 \$, між оптимальними планами – 46 668,09 \$, а максимальними – 53 226,27 \$. Але якщо зважати на різницю між цими проектами, тоді, як зазначалося вище, другий проект має на три роботи більше (№ 22, 23 і 25 у другому проекті), а саме на 52 доби за мінімальної надійності. У такому разі різниця становила б 18 437,41 \$. У найбільш вірогідній ситуації – 60 795 \$. Тож економія коштів за умови правильного планування є достатньо значною, особливо якщо проект тривалий.

Таблиця 8. Порівняння економічних характеристик проєктів

Назва проєкту	План		Вартість усього проєкту
	назва плану	тривалість, діб	
Створення <i>Backend</i> -частини сайту електронної комерції з послідовним виконанням робіт	найменш імовірний	189	217 676,97 \$
	оптимальний	255	293 691,15 \$
	найбільш вірогідний	321	369 705,33 \$
Створення <i>Backend</i> -частини сайту електронної комерції з паралельним виконанням робіт	найменш імовірний	193	259 129,52 \$
	оптимальний	253,5	340 359,24 \$
	найбільш вірогідний	315	422 931,60 \$

Висновки

У роботі запропоновано нечітку математичну модель пошуку оптимального плану та розрахунку основних економічних параметрів проєкту створення сайту електронної комерції з нечіткою множиною планів. Також подано метод розв'язання окресленої задачі.

Основні економічні параметри обчислені для двох варіантів проєкту створення сайту електронної комерції – послідовному, коли команда не має багато розробників для його реалізації (або достатньо ресурсів), і паралельному виконанню робіт, що дає змогу оптимізувати час виконання за допомогою залучення додаткових працівників. Також підраховано вартість обох проєктів,

що в подальшому може допомогти менеджерам зробити висновки щодо впровадження того чи іншого варіанта планування такого типу проєктів.

Досягнуті результати дослідження мають значну цінність з метою планування проєкту, вирішення питання про доцільність його початку та прогнозування ресурсів, що знадобляться для його реалізації. Ці показники є вкрай необхідними для покращення процесів і коректного розподілення робіт, що може допомогти посилити конкурентоспроможність і збільшити прибуток проєкту.

Подальші дослідження цієї теми можна спрямувати для використання щодо розв'язання такої задачі інших методів теорії графів, зокрема методу діаграм Ганта, *Project Evaluation and Review Technique (PERT)*, *Agile*-методів (*Scrum* та *Kanban*).

Список літератури

- Mahmoud A.H. Critical Paths in a Fuzzy Construction Project Network. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*. 2019. 10(1). P. 1313–1321. URL: https://www.researchgate.net/publication/336072792_Critical_Paths_in_a_Fuzzy_Construction_Project_Network
- Gajzler M., Zima K. Evaluation of Planned Construction Projects Using Fuzzy Logic. *International Journal of Civil Engineering*. 2017. 15. P. 641–652. DOI: [10.1007/s40999-017-0177-8](https://doi.org/10.1007/s40999-017-0177-8)
- Plebankiewicz E., Zima K., Wiczorek D. Modelling of Time, Cost and Risk of Construction with Using Fuzzy Logic. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2021. 27(6). P. 412–426. DOI: [10.3846/jcem.2021.15255](https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15255)
- Haghighi M. H., Ashrafi M., Nazerfard E. A Novel Fuzzy Bayesian Network-Based Approach for the Project Time-Cost-Quality Trade-off Problem. *AUT Journal of Modeling and Simulation*. 54(2). 2022. P. 185–196. DOI: [10.22060/miscj.2023.20752.5266](https://doi.org/10.22060/miscj.2023.20752.5266)
- Abbass, Huda Fadhil, Al-Kanani, Idean Hassan Proposed Ranking Function to Solve the Fuzzy Project Management and Network Problem. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. DOI: [10.1088/1742-6596/1963/1/012071](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1963/1/012071)
- Ercan Akan, Sibel Bayar. Interval Type-2 Fuzzy Program Evaluation and Review Technique for Project Management in Shipbuilding. *Ships and Offshore Structures*. 2021. P. 1–19. DOI: [10.1080/17445302.2021.1950350](https://doi.org/10.1080/17445302.2021.1950350)
- Juan Carlos Figueroa-García, Germán Hernández-Pérez, Jennifer Soraya Ramos-Cuesta. Uncertain Project Network Analysis with Fuzzy-PERT and Interval Type-2 Fuzzy Activity Durations. *Heliyon*. 2023. Volume 9. Issue 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14833>
- Mohagheghi V., Meysam S., Mousavi S.M., Vahdani B. Analyzing Project Cash Flow by a New Interval Type-2 Fuzzy Model with an Application to Construction Industry. *Neural Computing and Applications*. 2021. 28. P. 3393–3411. DOI: [10.1007/s00521-016-2235-6](https://doi.org/10.1007/s00521-016-2235-6)
- Родащук Г.Ю., Концеба С.М., Ліщук Р.І., Скуртол С.Д. Мережеве планування в управлінні ІТ-проєктами. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2023. 1. С. 42–56. DOI: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.5>

10. Бушуєв С., Бушуєва В., Засуха І. Застосування стохастичних мереж у проєктах цифровізації державного сектору. *Вісник Одеського національного морського університету*. 2021. 65. С. 159–172. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2021-2-159-172>
11. Бортульов С.С., Іванов Р.В. Визначення вірогідності реалізації проєкту на основі PERT-методу. *Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем. Матеріали XI міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції 11–12 квітня 2019 р* : Мультимедійне наук. електрон. вид. Братислава – Харків: ВШЕМ – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. URL: <https://mpsesm.org/index.php/mpsesm/mpsesm-xi/paper/view/831>
12. Brewer J.L., Dittman K.C. *Methods of IT Project Management*. West Lafayette. Purdue University Press. 2023. 555 p.
13. Dudnyk O. Sokolovska Z. Application of Fuzzy Expert Systems in IT Project Management. *Project Management – New Trends and Applications*. 2023. 29. DOI: 10.5772/intechopen.102439
14. Aramesh S., Mousavi S.M., Mohagheghi V. A New Comprehensive Project Scheduling, Monitoring, and Management Framework Based on the Critical Chain Under Interval Type-2 Fuzzy Uncertainty. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*. 2021. 18(1). P. 151–170. DOI: [10.22111/IJFS.2021.5880](https://doi.org/10.22111/IJFS.2021.5880)
15. Juan Carlos Figueroa-García, Heriberto Román-Flores, Yurilev Chalco-Cano. Type-Reduction of Interval Type-2 Fuzzy Numbers via the Chebyshev Inequality. *Fuzzy Sets Systems*. 2022. 435 (1). P. 164–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2021.04.014>

References

1. Mahmoud, A. H. (2019), "Critical Paths in a Fuzzy Construction Project Network", *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 10(1), P. 1313–1321. available at: https://www.researchgate.net/publication/336072792_Critical_Paths_in_a_Fuzzy_Construction_Project_Network
2. Gajzler, M., Zima, K. (2017), "Evaluation of Planned Construction Projects Using Fuzzy Logic", *International Journal of Civil Engineering*, 15, P. 641–652. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40999-017-0177-8>
3. Plebankiewicz, E., Zima, K., Wiecek, D. (2021), "Modelling of Time, Cost and Risk of Construction with Using Fuzzy Logic", *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(6), P. 412–426. DOI: <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15255>
4. Haghighi, M.H., Ashrafi, M., Nazerfard, E. (2022), "A Novel Fuzzy Bayesian Network-Based Approach for the Project Time-Cost-Quality Trade-off Problem", *AUT Journal of Modeling and Simulation*, 54(2), P. 185–196. DOI: 10.22060/miscj.2023.20752.5266
5. Abbass, Huda Fadhil, Al-Kanani, Idean Hassan. (2021), "Proposed Ranking Function to Solve the Fuzzy Project Management and Network Problem", *Journal of Physics: Conference Series*. DOI: 10.1088/1742-6596/1963/1/012071
6. Akan, E., Bayar, S. (2021), "Interval Type-2 Fuzzy Program Evaluation and Review Technique for Project Management in Shipbuilding", *Ships and Offshore Structures*, P. 1–19. DOI: [10.1080/17445302.2021.1950350](https://doi.org/10.1080/17445302.2021.1950350)
7. Figueroa-García, J.C., Hernández-Pérez, G., Ramos-Cuesta, J.S. (2023), "Uncertain Project Network Analysis with Fuzzy-PERT and Interval Type-2 Fuzzy Activity Durations", *Heliyon*, Volume 9, Issue 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14833>
8. Mohagheghi, V., Meysam, S., Mousavi, S.M., Vahdani, B. (2021), "Analyzing Project Cash Flow by a New Interval Type-2 Fuzzy Model with an Application to Construction Industry", *Neural Computing and Applications*, 28, P. 3393–3411. DOI: [10.1007/s00521-016-2235-6](https://doi.org/10.1007/s00521-016-2235-6)
9. Rodashchuk, H.Yu., Kontseba, S.M., Lishchuk, R.I., Skurtol, S.D. (2023). "Network planning in IT project management", *Taurian Scientific Herald. Series: Technical sciences*, (1), 42–56. DOI: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.5>
10. Bushuiev S., Bushuieva V., Zasukha I. (2021). "Application of stochastic networks in public sector digitization projects", *Bulletin of Odessa National Maritime University*, (65), 159–172. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2021-2-159-172>
11. Bortulov Ye.S., Ivanov R.V. (2019), "Determining the probability of project implementation based on the PERT method", *Modern problems of modeling socio-economic systems. Materials of the XI International Scientific and Practical Internet Conference April 11–12, Bratislava – Kharkiv*. available at: <https://mpsesm.org/index.php/mpsesm/mpsesm-xi/paper/view/831>
12. Brewer, J.L., Dittman, K.C. (2023), *Methods of IT Project Management*, West Lafayette. Purdue University Press, 555 p.
13. Dudnyk, O. Sokolovska, Z. (2023), "Application of Fuzzy Expert Systems in IT Project Management", *Project Management – New Trends and Applications*, 29. DOI: 10.5772/intechopen.102439
14. Aramesh, S., Mousavi, S.M., Mohagheghi, V. (2021), "A New Comprehensive Project Scheduling, Monitoring, and Management Framework Based on the Critical Chain Under Interval Type-2 Fuzzy Uncertainty", *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 18 (1), P. 151–170. DOI: [10.22111/IJFS.2021.5880](https://doi.org/10.22111/IJFS.2021.5880)
15. Figueroa-García, J.C., Román-Flores, H., Chalco-Cano, Y. (2022), "Type-Reduction of Interval Type-2 Fuzzy Numbers via the Chebyshev Inequality", *Fuzzy Sets Systems*, 435 (1), P. 164–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2021.04.014>

Відомості про авторів / About the Authors

Матвієнко Ольга Іванівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри прикладної математики, Харків, Україна; e-mail: olha.matviienko@nure.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7492-7616>

Закутній Сергій Валерійович – Харківський національний університет радіоелектроніки, аспірант кафедри прикладної математики, Харків, Україна; e-mail: serhii.zakutnii@nure.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-4791-2814>

Matviienko Olha – PhD (Engineering Sciences), Kharkiv National University of Radio Electronics, Associate Professor at the Department of Applied Mathematics, Kharkiv, Ukraine.

Zakutnii Serhii – Kharkiv National University of Radio Electronics, Postgraduate at the Department of Applied Mathematics, Kharkiv, Ukraine.

FUZZY LOGIC IN THE PROBLEMS OF DETERMINING THE ECONOMIC PARAMETERS OF PROJECT IMPLEMENTATION

The **goal** of this work is to forecast project execution terms and its main economic parameters using graph theory and fuzzy logic methods. The **subject** of research in the article is the method of calculating the main properties or parameters of the project, forecasting the terms of its implementation and the possibility of taking into account force majeure situations. The article discusses the **task** of finding the optimal plan for the project of creating an e-commerce site and calculating its main economic parameters. The work uses **methods** of the theory of network planning and management. Fuzzy logic methods are used to solve the fuzzy optimization problem. Graph theory methods, namely the CPM critical path method, are used to forecast project deadlines. The following **results** were obtained: the main economic parameters were calculated for two versions of the project to create an e-commerce site – sequential, when the team does not have many developers to implement it (or enough resources), and parallel execution of work, which allows you to optimize the execution time by involving additional workers. The cost of both projects was also calculated, which in the future can help managers draw conclusions regarding the implementation of one or another planning option for this type of project. For the first project, the project work plan will be completed in a time not exceeding 230 days, with a reliability of 30%. Or does not exceed 295 days with a reliability of 80% percent. For the second project, the project work plan will be completed in a time not exceeding 230 days, with a reliability of 30%. Or does not exceed 278 days with a reliability of 70% percent. **Conclusions:** the paper proposes a fuzzy mathematical model for finding the optimal plan and calculating the main economic parameters of the project of creating an e-commerce site with a fuzzy set of plans and a vaguely defined goal. The work also presents a method for solving this problem. The obtained results of the research are of great value for planning the project, for solving the question of the feasibility of its initiation, for forecasting the resources that will be needed for its implementation. These indicators are essential for improving processes and correct allocation of work, which can help strengthen competitiveness and increase project profits.

Keywords: network graph; fuzzy goal; critical path; membership function; duration.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Матвієнко О. І., Закутній С. В. Нечітка логіка в задачах визначення економічних параметрів виконання проєктів. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2024. № 1 (27). С. 96–108. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.096>

Matviienko, O., Zakutnii, S. (2024), "Fuzzy logic in the problems of determining the economic parameters of project implementation", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (27), P. 96–108. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.096>