

Т.В. Селівьорстова, Ю.В. Мала, А.І. Гуда,
Д.Г. Зеленцов, Б.О. Кокович, О. Веровкін

ОЦІНКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЙМОВІРНОСТІ ЗАВЕРШЕННЯ ІТ-ПРОЄКТУ ЗА МЕТОДОМ PERT

Анотація. У статті досліджено застосування методу PERT (Program Evaluation and Review Technique) для аналізу й оптимізації строків реалізації ІТ-проектів в умовах невизначеності. Метод PERT дозволяє моделювати часові параметри задач проекту на основі трьох експертних оцінок (оптимістичної, ймовірної та песимістичної), обчислювати очікувану тривалість проекту та оцінювати ймовірність його завершення у встановлений термін. Запропоновано формалізовану постановку оптимізаційної задачі, що передбачає мінімізацію ризику затримки шляхом впливу на параметри задач критичного шляху: зменшення тривалості та дисперсії. Проведено обчислювальний експеримент на прикладі умовного ІТ-проекту з 9 задачами, де визначено критичний шлях і оцінено ймовірність своєчасного завершення при заданому дедлайні. Здійснено оптимізацію, в результаті якої ймовірність завершення проекту у строк зростає з 15.78% до 43.34%. Отримані результати демонструють доцільність поєднання PERT з методами математичного моделювання при плануванні складних проектів. Показано, що навіть незначні зміни у параметрах задач можуть суттєво знизити ризики і підвищити надійність дотримання строків реалізації ІТ-проектів.

Ключові слова: PERT, ІТ-проект, критичний шлях, оптимізація, ймовірність, дедлайн, дисперсія.

Вступ. В умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій дедалі важливішого значення набуває ефективне управління ІТ-проектами. Одним з ключових факторів успішної реалізації таких проектів є дотримання строків виконання, що часто ускладнюється невизначеністю в оцінках тривалості робіт, залежністю між задачами, обмеженістю ресурсів та динамічністю зовнішнього середовища [1]. Метод PERT (Program Evaluation and Review Technique), розроблений у середині ХХ століття для потреб управління складними дослідницько-технічними програмами, демонструє високу ефективність в умовах невизначеності та багатоваріантності. На відміну від детермінованих методів планування, PERT базується на ймовірнісному підході до оцінки тривалості робіт, що дозволяє враховувати ризики та варіативність при ухваленні управлінських рішень [3]. Водночас у сучасних ІТ-проектах часто виникає потреба не лише оцінити, а й оптимізувати ймовірність своєчасного завершення — наприклад, шляхом модифікації послідовності задач, перерозподілу ресурсів чи мінімізації дисперсії на

критичних шляхах. Це вимагає поєднання методів PERT з елементами математичного моделювання та оптимізації [6].

Метою цієї статті є аналіз підходів до оцінки ймовірності завершення ІТ-проєкту у заданий термін із застосуванням методу PERT, а також формулювання оптимізаційної задачі щодо мінімізації ризику невчасного завершення. Запропоноване дослідження орієнтоване на практичне застосування у сфері програмної інженерії, менеджменту проєктів та системного планування в умовах невизначеності.

Теоретичні основи методу PERT. Метод PERT (Program Evaluation and Review Technique) був розроблений у 1950-х роках у рамках програми ВМС США для управління складними проєктами з високим ступенем невизначеності [3, 4, 5]. Основна особливість методу полягає у використанні ймовірнісного підходу до оцінювання тривалості робіт, що відрізняє його від традиційних детермінованих методів планування, таких як СРМ (Critical Path Method).

1. Оцінка тривалості робіт

На відміну від класичного підходу, в якому кожній роботі надається одна оцінка тривалості, в методі PERT використовуються три експертні оцінки. Для кожного завдання i задано три оцінки тривалості:

– a_i — оптимістична оцінка — найкоротший можливий час виконання i -ї роботи за умови відсутності проблем;

– m_i — найбільш ймовірна оцінка — найімовірніша тривалість i -ї роботи за нормальних умов;

– b_i — песимістична оцінка — найдовша тривалість виконання i -ї роботи у разі виникнення труднощів.

На основі цих оцінок розраховується середнє очікуване значення тривалості i -ї роботи:

$$TE_i = \frac{a_i + 4m_i + b_i}{6}, \quad (1)$$

а також дисперсія (як міра ризику):

$$\sigma_i^2 = \left(\frac{b_i - a_i}{6} \right)^2. \quad (2)$$

Ці оцінки вважаються основою для побудови мережевого графа проєкту, в якому вузли представляють події, а дуги — роботи.

2. Критичний шлях і час виконання проєкту

У мережевій моделі обчислюється сукупність всіх можливих шляхів від початкової до завершальної події [5, 7]. Критичним шляхом (Critical Path) називається найдовший (за очікуваною тривалістю) шлях, який визначає мінімально можливу тривалість усього проєкту. Очікувана тривалість проєкту:

$$TE_{CP} = \sum_{i \in CP} TE_i, \quad (3)$$

де $CP \subseteq \{1, \dots, n\}$ – множина робіт, що входять до критичного шляху.

Для цього шляху також обчислюється сумарна дисперсія:

$$\sigma_{CP}^2 = \sum_{i \in CP} \sigma_i^2. \quad (4)$$

3. Ймовірність вчасного завершення проєкту

Для визначення ймовірності завершення проєкту у заданий термін T використовується нормальний розподіл, за припущенням, що загальний розподіл тривалості критичного шляху наближається до нормального (за центральною граничною теоремою):

$$Z = \frac{T - TE_{CP}}{\sigma_{CP}}, \quad (5)$$

де: T — запланований термін завершення проєкту, TE_{CP} — очікувана тривалість критичного шляху, σ_{CP} — стандартне відхилення критичного шляху.

Тоді ймовірність своєчасного завершення проєкту дорівнює:

$$P(T) = \Phi(Z), \quad (6)$$

де $\Phi(Z)$ — функція стандартного нормального розподілу.

4. Переваги та обмеження методу PERT

Метод PERT має низку суттєвих переваг, що роблять його ефективним інструментом управління складними ІТ-проєктами, особливо в умовах невизначеності, властивій дослідницьким або інноваційним ініціативам:

1) Урахування невизначеності в оцінках тривалості. На відміну від класичних підходів до планування, де використовуються лише фіксовані (детерміновані) значення тривалості, PERT дозволяє враховувати розкиданість можливих сценаріїв виконання кожної задачі. Це досягається шляхом використання трьох оцінок (оптимістичної, найбільш ймовірної та песимістичної), що забезпечує більш гнучке та реалістичне моделювання строків.

2) Ймовірнісна оцінка строків завершення проєкту. Завдяки використанню статистичних методів (зокрема, функції нормального розподілу), PERT дозволяє визначити ймовірність завершення проєкту у заданий термін. Це забезпечує основи для ризик-менеджменту та ухвалення рішень на основі даних, а не інтуїції.

3) Виявлення критичних завдань і контроль ризиків. Визначення критичного шляху в рамках методу дозволяє зосередити увагу на завданнях, що мають найбільший вплив на загальний термін виконання проєкту. Це дає змогу:

- оптимізувати розподіл ресурсів;
- контролювати найбільш ризикові точки;
- формувати план реагування у випадку відхилень.

4) Гнучкість у застосуванні до різних типів проєктів. Метод PERT є універсальним і може застосовуватись як до лінійних проєктів з чіткою послідовністю задач, так і до складних ітеративних або паралельних процесів, характерних для ІТ-сфери. Він добре інтегрується з іншими методами — зокрема, із CPM, Monte Carlo Simulation, Agile-оцінюванням.

5) Можливість використання для оптимізації. Завдяки аналітичній природі формул, метод PERT дозволяє не лише аналізувати строки, а й оптимізувати проект за певними критеріями — наприклад, мінімізувати дисперсію, максимізувати ймовірність завершення, зменшити навантаження на ресурси чи уникнути затримок.

6) Прийнятність для управлінських і технічних рішень. PERT створює спільне інформаційне поле для керівників, аналітиків та розробників, де рішення можуть бути обґрунтовані даними. Методика сприяє кращому розумінню часової структури проекту як з боку менеджменту, так і з боку виконавців.

Незважаючи на численні переваги, метод PERT має низку системних і практичних обмежень, які варто враховувати при його застосуванні в управлінні IT-проектами. Ці обмеження стосуються як теоретичних припущень, так і прикладних аспектів реалізації методу.

1) Суб'єктивність експертних оцінок. Метод PERT базується на експертному визначенні трьох оцінок тривалості для кожного завдання (a, m, b). Відсутність об'єктивних емпіричних даних або статистично обґрунтованих моделей може призводити до:

- упереджених або неточних оцінок;
- надмірного заниження чи завищення очікуваної тривалості;
- спотворення дисперсії та ризику.

Особливо це критично в нових або унікальних IT-проектах, де відсутні історичні дані.

2) Припущення про нормальність розподілу тривалості. PERT передбачає, що сукупна тривалість критичного шляху підпорядковується нормальному розподілу, що дозволяє застосовувати функцію Лапласа для обчислення ймовірності. Проте:

- на практиці це припущення не завжди виконується, особливо для невеликої кількості задач;
- реальні розподіли тривалості часто є асиметричними або мають тяжкі хвости;
- використання нормального розподілу може дати завищену впевненість у точності прогнозу.

3) Складність побудови та підтримки моделі.

У великих IT-проектах з сотнями залежностей та варіантів виконання побудова коректної PERT-моделі може бути:

- трудомісткою;
- важкою для візуалізації;
- чутливою до змін у структурі проекту.

Підтримка актуальності моделі при динамічних змінах (наприклад, при Agile-реалізації) потребує значних зусиль.

4) Обмежена підтримка паралельних та ітеративних процесів. Метод PERT, як і більшість мережевих методів, краще працює в послідовно структурованих проектах. У сучасних IT-проектах часто переважають:

- ітеративні підходи (Scrum, Kanban);
- паралельне виконання задач;

– гнучкі змінні вимоги.

PERT не завжди ефективно моделює такі умови без додаткової адаптації чи гібридних підходів.

5) Ігнорування ресурсних обмежень. Класичний PERT не враховує наявність ресурсних обмежень (наприклад, кількість розробників, серверів, бюджету). Це означає, що:

- модель може бути часово оптимальною, але нереалістичною;
- потрібне додаткове моделювання ресурсного навантаження (наприклад, через СРМ з обмеженнями або розширену PERT-COST модель).

6) Незначна точність для коротких проєктів або окремих етапів. Метод найкраще працює для великих та комплексних проєктів, де гранична теорема дозволяє припускати нормальність. Для коротких або лінійних етапів:

- функція нормального розподілу може не давати адекватних оцінок;
- оцінка ймовірності завершення може бути штучно завищеною або заниженою.

Таким чином, метод PERT залишається потужним інструментом для аналітичного управління проєктами в умовах невизначеності. Проте його застосування в ІТ-проєктах потребує усвідомлення його обмежень і часто — доповнення іншими підходами (Agile-практиками, ресурсними моделями, сценарним аналізом, машинним навчанням для точніших оцінок).

Постановка задачі оптимізації ймовірності завершення проєкту за методом PERT. У рамках методу PERT запропоновано формалізовану задачу, що дозволяє мінімізувати ймовірність несвоєчасного завершення ІТ-проєкту [3, 7, 8]. Основна ідея полягає в оптимізації структури проєкту або характеристик окремих задач таким чином, щоб зменшити ризик виходу за межі встановленого дедлайну.

Параметри задачі

- $T \in \mathbb{R}^+$ — запланований термін завершення проєкту (дедлайн);
- $TE_{CP} = \sum_{i \in CP} TE_i$ — очікувана тривалість критичного шляху;
- $\sigma_{CP}^2 = \sum_{i \in CP} \sigma_i^2$ — стандартне відхилення критичного шляху;
- $\Phi(Z)$ — функція стандартного нормального розподілу;
- $Z = \frac{T - TE_{CP}}{\sigma_{CP}}$ — Z-оцінка завершення проєкту в строк.

Цільова функція – мінімізувати ризик затримки:

$$\min \left(1 - \Phi \left(\frac{T - \sum_{i \in CP} TE_i}{\sqrt{\sum_{i \in CP} \sigma_i^2}} \right) \right), \quad (7)$$

або альтернативне формулювання:

$$\max \left(\Phi \left(\frac{T - \sum_{i \in CP} TE_i}{\sqrt{\sum_{i \in CP} \sigma_i^2}} \right) \right). \quad (8)$$

Змінні оптимізації:

- тривалості задач a_i , m_i , b_i в межах допустимих варіантів (через управлінські рішення: автоматизація, зміна персоналу тощо);
- вибір структури мережі (альтернативні критичні шляхи, паралелізація задач);
- ресурсне навантаження (опосередковано впливає на TE_i та σ_i).

Обмеження.

- Логічні зв'язки між задачами:

$$\text{якщо } i \rightarrow j, \text{ то } t_i^{end} \leq t_j^{start}. \quad (9)$$

- Обмеження на допустимі межі тривалості задач:

$$a_i^{\min} \leq a_i \leq a_i^{\max}, m_i^{\min} \leq m_i \leq m_i^{\max}, b_i^{\min} \leq b_i \leq b_i^{\max}. \quad (10)$$

- Фіксоване значення дедлайну T :

$$T = \text{плановий термін завершення}. \quad (11)$$

- Мережа проекту залишається ациклічною.

Формально, задача зводиться до максимізації ймовірності завершення проекту у строк (6). Зі зростанням Z — збільшується $P(T)$, отже, ми прагнемо:

- зменшити TE_{CP} : скорочення очікуваної тривалості,
- зменшити σ_{CP} : зниження ризику (дисперсії),
- або поєднати обидва впливи для максимізації функції $\Phi(Z)$.

Обчислювальний експеримент. З метою практичної перевірки ефективності запропонованого підходу було проведено обчислювальний експеримент на основі мережевої моделі умовного ІТ-проекту, що включає 9 основних задач (А–І) з визначеними трьома оцінками тривалості кожної задачі: оптимістичною a , найімовірнішою m та песимістичною b .

Вихідні дані подано у вигляді таблиці, що містить оцінки тривалості задач, обчислені значення очікуваної тривалості TE та дисперсії σ^2 .

Мережевий граф проекту. На основі заданих залежностей між задачами було побудовано орієнтований граф (рис. 1), де вершини представляють задачі, а дуги - логічні зв'язки між ними. Початковим вузлом є подія «Start», а фінальним - «End».

Вихідні параметри задач ІТ-проєкту та розрахункові значення за методом PERT

Задача	a	m	b	TE	σ^2
A	2	4	6	4.00	0.4444
B	1	3	5	3.00	0.4444
C	2	3	4	3.00	0.1111
D	3	5	7	5.00	0.4444
E	1	2	3	2.00	0.1111
F	2	3	5	3.17	0.2500
G	2	4	6	4.00	0.4444
H	1	2	4	2.17	0.2500
I	3	4	5	4.00	0.1111

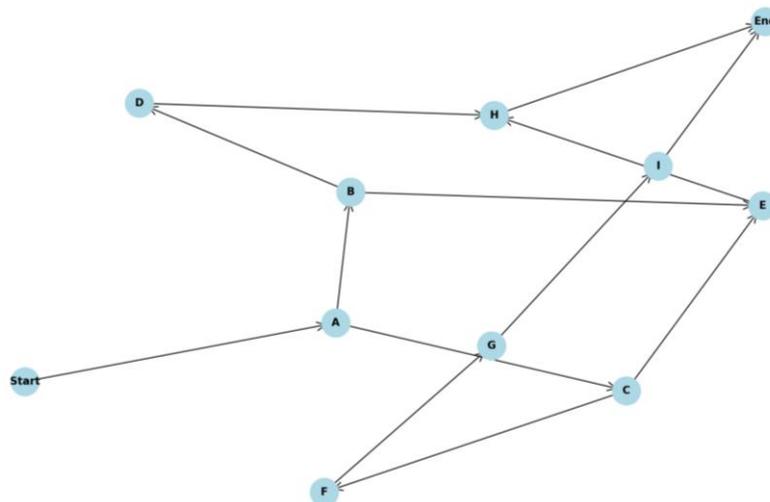


Рисунок 1 – Мережевий граф ІТ-проєкту

Основні маршрути виконання:

- Шлях 1: Start → A → B → D → H → End
- Шлях 2: Start → A → C → F → G → I → End
- Шлях 3: Start → A → B → E → H → End

Для кожного шляху обчислено сумарну очікувану тривалість та дисперсію.

Визначення критичного шляху на основі обчислених тривалостей:

Шлях 1 (A–B–D–H):

$$TE = 4.0 + 3.0 + 5.0 + 2.17 = 14.17,$$

$$\sum \sigma^2 = 0.4444 + 0.4444 + 0.4444 + 0.25 = 1.5832.$$

Шлях 2 (A–C–F–G–I):

$$TE = 4.0 + 3.0 + 3.17 + 4.0 + 4.0 = 18.17,$$

$$\sum \sigma^2 = 0.4444 + 0.4444 + 0.4444 + 0.25 = 1.5832.$$

Шлях 3 (A–B–E–H):

$$TE = 4.0 + 3.0 + 2.0 + 2.17 = 11.17,$$

$$\sum \sigma^2 = 0.4444 + 0.4444 + 0.1111 + 0.25 = 1.2499.$$

Критичний шлях: $A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow I$

Очікувана тривалість проєкту (TE): 18.17

Сумарна дисперсія (σ_{CP}^2): 1.3610

Стандартне відхилення:

$$\sigma_{CP} = \sqrt{1.3610} \approx 1.166.$$

Обчислення ймовірності завершення проєкту. Нехай проєкт має бути завершений за 20 днів:

$$Z = \frac{20 - 18.17}{1.166} \approx 1.58,$$

$$P(T \leq 20) = \Phi(1.58) \approx 0.9429.$$

Ймовірність завершення проєкту в строк становить $\sim 94.3\%$.

В таблиці 2 надана інтерпретація отриманих результатів.

Таблиця 2

Рекомендації щодо оптимізації критичного шляху A–C–F–G–I

Аспект	Опис / Пропозиція
Критичний шлях	$A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow I$ (загальна очікувана тривалість 18.17 днів)
Ключові задачі для впливу	Задачі F, G та I, що суттєво впливають на тривалість і ризик
Мета оптимізації	Підвищення ймовірності завершення проєкту до жорсткішого дедлайну (наприклад, 17 днів)
Шлях 1: Зменшення дисперсій	Оптимізувати задачі F та G шляхом стандартизації виконання
Шлях 2: Скорочення очікуваної тривалості	Переглянути реалізацію задач (спрощення, автоматизація, делегування)
Шлях 3: Альтернативні ресурси	Використання досвідченіших виконавців, зовнішніх сервісів або паралельне виконання

На рисунку 2 показано функцію нормального розподілу для тривалості проєкту з очікуваним значенням 18.17 днів та стандартним відхиленням 1.166. Зафарбована область ліворуч від вертикальної червоної лінії відображає ймовірність завершення проєкту до нового дедлайну — 17 днів.

Таким чином, ймовірність завершення проєкту до 17 днів становить приблизно 15.78% (тобто ризик затримки — понад 84%). Це вказує на те, що при дедлайні в 17 днів проєкт майже напевно не буде завершено вчасно, якщо не здійснити оптимізацію критичного шляху.

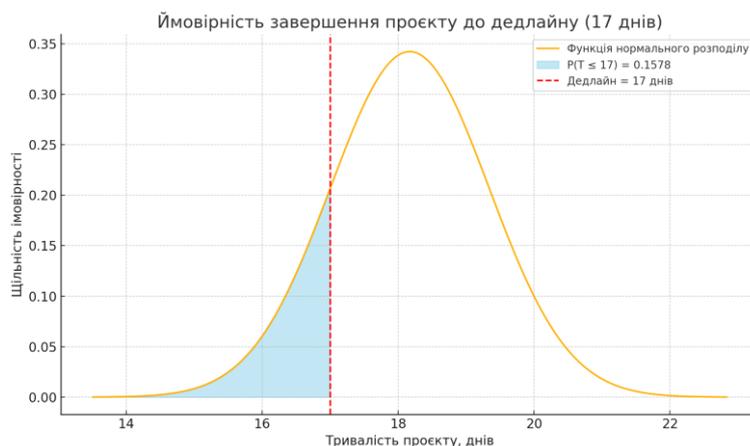


Рисунок 2 – Функція нормального розподілу тривалості проєкту з областю ймовірного завершення до 17 днів

Оптимізація критичного шляху проєкту. З метою підвищення ймовірності завершення ІТ-проєкту у більш стислий термін (наприклад, 17 днів) було проведено оптимізацію критичного шляху, визначеного в попередньому розділі як $A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow I$. Оптимізаційні дії були спрямовані на зменшення очікуваної тривалості окремих задач та скорочення їх дисперсії (невизначеності), що безпосередньо впливає на функцію ймовірності завершення проєкту.

У рамках обчислювального експерименту було змінено параметри двох задач, які мали найбільший вплив на загальну тривалість і ризик:

- для задачі F зменшено найбільш ймовірну тривалість з 3 до 2.5 днів, а максимальну — з 5 до 4 днів;
- для задачі G зменшено найбільш ймовірну тривалість з 4 до 3.5 днів, а максимальну — з 6 до 5 днів.

Ці зміни відображають реальні управлінські заходи, такі як автоматизація завдань, залучення досвідченішого персоналу, стандартизація процесів або усунення джерел затримок.

Після внесених змін:

- сумарна очікувана тривалість критичного шляху зменшилася до 17.17 днів;
- сумарна дисперсія скоротилася до 1.0277;
- ймовірність завершення проєкту до дедлайну в 17 днів зросла з 15.78% до 43.34%.

Таким чином, навіть незначне цілеспрямоване коригування параметрів задач критичного шляху дозволяє суттєво знизити ризик затримки та підвищити надійність реалізації проєкту у встановлені строки. Застосування PERT у поєднанні з параметричною оптимізацією дає змогу приймати обґрунтовані рішення щодо розподілу ресурсів, сценаріїв реалізації задач та управління ризиками.

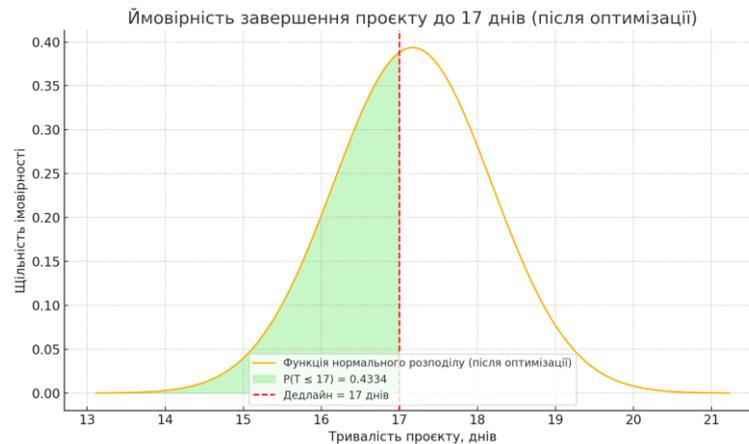


Рисунок 3 – Функція нормального розподілу тривалості проекту після оптимізації критичного шляху

Для наочної інтерпретації результатів оптимізації критичного шляху побудовано графік функції нормального розподілу тривалості проекту після застосування змін до задач F та G. Розрахункове значення очікуваної тривалості зменшилося з 18.17 до 17.17 днів, а стандартне відхилення – з 1.166 до приблизно 1.014. Це суттєво вплинуло на функцію ймовірності завершення проекту у заданий термін.

Як видно з графіка, площа під кривою зліва від вертикальної червоної лінії (дедлайн 17 днів) значно зростає. Ймовірність своєчасного завершення проекту зростає з 15.78% до 43.34%, що підтверджує ефективність точкових управлінських втручань у задачі критичного шляху.

Висновки. У результаті проведеного дослідження доведено ефективність застосування методу PERT для аналізу строків реалізації IT-проектів в умовах невизначеності. Запропоновано підхід, що поєднує класичний розрахунок очікуваної тривалості та дисперсії із формалізованою постановкою задачі оптимізації — мінімізації ризику невчасного завершення. На основі обчислювального експерименту з використанням реального мережевого графа проекту: визначено критичний шлях, обчислено ймовірність завершення проекту у заданий термін, проаналізовано вплив окремих задач на загальну надійність графіка виконання. Після оптимізації параметрів критичних задач (зменшення ймовірної тривалості та зниження дисперсії) ймовірність завершення проекту до дедлайну зростає з 15.78% до 43.34%. Це підтверджує, що навіть локальні втручання в структуру PERT-мережі можуть істотно підвищити ефективність управління строками.

Перспективи подальших досліджень передбачають розширення моделі на багаторівневі або адаптивні проекти [6, 8], а також інтеграцію з методами машинного навчання для автоматизованого аналізу ризиків та рекомендацій щодо оптимізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Костюченко, О. М. Управління IT-проектами: навч. посіб. / О. М. Костюченко. – Київ: КНЕУ, 2018. – 250 с.
2. Крук, О. Б. Управління проектами: теорія і практика: підручник / О. Б. Крук. – Львів: Новий Світ – 2000, 2020. – 312 с.
3. Kerzner, H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling / Harold Kerzner. – 12th ed. – Hoboken, NJ: Wiley, 2017. – 928 p.
4. PMBOK® Guide – A Guide to the Project Management Body of Knowledge. – 7th ed. – Project Management Institute, 2021. – 370 p.
5. Moder, J. J., Phillips, C. R., Davis, E. W. Project Management with CPM, PERT, and Precedence Diagramming / J. J. Moder, C. R. Phillips, E. W. Davis. – 3rd ed. – New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. – 684 p.
6. Яковенко, І. О. Методи і моделі управління проектами в IT / І. О. Яковенко // Вісник ХНУ. Серія: економічні науки. – 2021. – № 4(54). – С. 110–116.
7. Golenko-Ginzburg, D. Project duration estimations with uncertain activity durations: PERT reconsidered / D. Golenko-Ginzburg // International Journal of Production Economics. – 1988. – Vol. 55. – P. 223–229. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00045-2)
8. Bhandari, S. Performance analysis of PERT and CPM techniques for project time management / S. Bhandari, R. Tomar // Materials Today: Proceedings. – 2021. – Vol. 45. – P. 3014–3019. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.750>

REFERENCE

1. Kostiuchenko, O. M. Upravlinnia IT-proiektamy: navchalnyi posibnyk [IT Project Management: Textbook]. Kyiv: KNEU, 2018. 250 p.
2. Kruk, O. B. Upravlinnia proiektamy: teoriia i praktyka [Project Management: Theory and Practice]. Lviv: Novyi Svit – 2000, 2020. 312 p.
3. Kerzner, H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 12th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2017. 928 p.
4. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th ed. PMI, 2021. 370 p.
5. Moder, J. J., Phillips, C. R., Davis, E. W. Project Management with CPM, PERT, and Precedence Diagramming. 3rd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. 684 p.
6. Yakovenko, I. O. Metody i modeli upravlinnia proiektamy v IT [Methods and Models for Managing Projects in IT]. Visnyk KhNU. Serii: Ekonomichni nauky, 2021, No. 4(54), pp. 110–116.
7. Golenko-Ginzburg, D. Project duration estimations with uncertain activity durations: PERT reconsidered. International Journal of Production Economics, 1988, Vol. 55, pp. 223–229. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00045-2)
8. Bhandari, S., Tomar, R. Performance analysis of PERT and CPM techniques for project time management. Materials Today: Proceedings, 2021, Vol. 45, pp. 3014–3019. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.750>

Received 23.06.2025.
Accepted 26.06.2025.

Estimation and optimization of IT project completion probability using the PERT method

This article explores the application of the PERT (Program Evaluation and Review Technique) method for assessing and optimizing the probability of on-time completion of IT projects under uncertainty. In IT project management, dealing with ambiguous time estimates is a persistent challenge. The PERT method provides a probabilistic approach to modeling project durations by using three time estimates for each activity: optimistic, most likely, and pessimistic. This allows for the calculation of both the expected duration and the variance of each task, as well as for the entire project. Based on these parameters, it becomes possible to estimate the probability of completing the project within a specified deadline by using the properties of the normal distribution.

The article offers a formal problem statement for minimizing the risk of project delay. The goal is to increase the likelihood of on-time completion by optimizing critical path activities—either by reducing the expected duration or decreasing the variance (i.e., stabilizing the execution). A computational experiment is conducted using a sample network model of a project consisting of nine interrelated tasks. The critical path is identified, and the project's completion probability is evaluated for a defined deadline.

Subsequently, the parameters of two critical tasks were modified to simulate managerial interventions, such as standardizing processes or reducing complexity. As a result, the overall project duration decreased from 18.17 to 17.17 days, and the probability of meeting the deadline increased significantly—from 15.78% to 43.34%. The visualization of the normal distribution before and after optimization clearly illustrates the improvement in project reliability.

The findings confirm the effectiveness of integrating PERT with mathematical modeling and optimization techniques in IT project planning. Even minor adjustments to the task parameters can lead to a substantial reduction in deadline risks. Future work may focus on developing automated tools for critical path adjustment using machine learning or multi-objective optimization methods.

Keywords: PERT, IT project, project duration, probability, optimization, critical path, variance, deadline.

Селівьорстова Тетяна Віталіївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій і систем, факультет прикладних комп'ютерних технологій, Український державний університет науки і технологій. ORCID 0000-0002-2470-6986.

Мала Юлія Анатоліївна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення, факультет інноваційних технологій, Університет митної справи та фінансів. ORCID: 0000-0002-2539-4793.

Гуда Антон Ігорович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри Інформаційних технологій і систем, Український державний університет науки і технологій. ORCID 0000-0003-1139-1580

Зеленцов Дмитро Гегемонович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Інформаційних систем, Український державний університет науки і технологій, <https://orcid.org/0000-0002-5785-9858>

Кокович Богдан Олександрович – провідний фахівець, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем Інженерного навчально-наукового інституту Запорізького національного університету, Запоріжжя, Україна. ORCID: 0009-0003-6714-3663

Веровкін Олександр – Публічне акціонерне товариство «Дніпроважмаш», Дніпро, Україна e-mail: alex1monya@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-4253-9802>

Selivorstova Tatyana – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor department of Information Technologies and Systems, Faculty of Applied Computer Technologies at Ukrainian State University of Science and Technologies. ORCID 0000-0002-2470-6986.

Mala Yuliia - PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Science and Software Engineering, the University of Customs and Finance. ORCID: 0000-0002-2539-4793.

Guda Anton – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Information Technologies and Systems, Ukrainian State University of Science and Technology. ORCID 0000-0003-1139-1580

Zelenetsov Dmytro – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Systems, Ukrainian State University of Science and Technology, <https://orcid.org/0000-0002-5785-9858>

Bohdan Oleksandrovych Kokovych – Leading Specialist, Department of Electrical Engineering and Cyber-Physical Systems, Engineering Educational and Scientific Institute, Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine. ORCID iD: 0009-0003-6714-3663

Verovkin Oleksandr - Public joint stock company "Dniprovazhmash", Dnipro, Ukraine e-mail: alex1monya@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-4253-9802>