

УДК 004.6, 004.8, 004.942, 004.021: 519.6
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.18>

МЕТОДИ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТІВ: ТРАДИЦІЙНІ ПІДХОДИ ТА МАШИННЕ НАВЧАННЯ

Михайлов Н. О. – аспірант Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
ORCID ID: 0009-0002-9374-3403

У сучасному світі ефективність та швидкість виступають основними факторами успіху, тому високоєфективне планування проєктів стає необхідністю для організації у різних сферах діяльності. Основна задача планування полягає у розробці та впровадженні стратегій і тактик, націлених на оптимізацію використання ресурсів, скорочення часу виконання та підвищення якості фінального результату. Цей процес вимагає систематичного підходу, детального аналізу, врахування ризиків та гнучкого управління змінами, що робить його одним із найважливіших аспектів успішного проєктного менеджменту.

До традиційних методів управління проєктами належать метод критичного шляху (CPM), який дозволяє визначити найтриваліші послідовності завдань, які мають великий вплив на загальну тривалість проєкту, та метод програмування в мережі (PERT), що враховує невизначеність у часі виконання задач. Метод дерева рішень допомагає зобразити можливі шляхи розвитку подій і обрати оптимальний варіант рішень, беручи до уваги потенційні ризики та наслідки. Ітеративний та інкрементальний підхід дозволяє покращувати продукт покроково, адаптуючи його до нових вимог і змін у проєкті.

Сучасні технології, зокрема алгоритми машинного навчання (ML), відкривають нові можливості для оптимізації процесів планування проєктів. Використання ML дозволяє робити точні прогнози щодо термінів виконання, оцінки ризиків та оптимального розподілу ресурсів. Машинне навчання допомагає автоматизувати процес прийняття рішень, знижуючи ризики та підвищуючи адаптивність проєктів до змін. Наприклад, регресійні моделі дозволяють передбачати часові рамки, а класифікаційні алгоритми допомагають оцінювати можливі ризики на ранніх стадіях.

Поєднання традиційних методів управління з новітніми технологіями, дозволяє створювати більш ефективні та адаптивні системи управління проєктами, що сприяє досягненню високих результатів за умови дотримання встановлених термінів і ресурсних обмежень.

Ключові слова: високоєфективне планування проєктів, управління проєктами, машинне навчання, штучний інтелект, метод критичного шляху, метод програмування в мережі, дерево рішень, ітеративний підхід, інкрементальний підхід, оптимізація ресурсів.

Mykhailov N. O. Methods of high-efficiency project planning: traditional approaches and machine learning

In today's world, efficiency and speed are the main success factors, so highly effective project planning is necessary for organizations in various fields of activity. The main task of planning is to develop and implement strategies and tactics aimed at optimizing the use of resources, reducing execution time, and improving the quality of the final result. This process requires a systematic approach, detailed analysis, consideration of risks, and flexible change management, making it one of the most important aspects of successful project management.

Traditional project management methods include the critical path method (CPM), which allows you to identify the longest sequence of tasks that have a large impact on the overall project duration, and the programming network method (PERT), which takes into account uncertainty in the execution time of tasks. The decision tree method helps to depict possible ways of developing events and to choose the optimal option for decisions, taking into account potential risks and consequences. An iterative and incremental approach allows you to improve the product step by step, adapting it to new requirements and changes in the project.

Modern technologies, in particular machine learning (ML) algorithms, open up new opportunities for optimizing project planning processes. The use of ML makes it possible to make accurate predictions regarding the timing of execution, risk assessment, and optimal allocation of resources. Machine learning helps automate the decision-making process, reducing risk and

increasing project adaptability to change. For example, regression models allow for predicting time frames, and classification algorithms help assess possible risks in the early stages.

The combination of traditional management methods with the latest technologies allows to creation more effective and adaptive project management systems, which contribute to achieving high results, subject to compliance with established deadlines and resource limitations.

Key words: *highly effective project planning, project management, machine learning, artificial intelligence, critical path method, network programming method, decision tree, iterative approach, incremental approach, resource optimization.*

Вступ. В умовах високої конкуренції швидке та ефективне планування проєктів є важливим приреквізитом успіху для організацій. Сучасні підходи до управління проєктами включають як традиційні методи, такі як метод критичного шляху та метод програмування в мережі, так і новітні технології, такі як алгоритми машинного навчання. Інтеграція цих підходів дозволяє більш чітко прогнозувати терміни, оцінювати ризики та оптимізувати використання ресурсів, що сприяє підвищенню ефективності та гнучкості управління проєктами.

Метод критичного шляху. Метод критичного шляху (CPM) – це метод управління проєктами, що використовується для визначення основних завдань, яка задають мінімальний час завершення проєкту. CPM базується на створенні графіку проєкту з точними часовими оцінками для кожної задачі. Ключовою концепцією методу є визначення послідовності завдань, яка обумовлює загальну тривалості проєкту, оскільки затримка на будь-якому з критичних завдань призведе до затримки всього проєкту. Процес методу критичного шляху складається з кількох основних кроків. Спочатку складається перелік завдань проєкту, де всі завдання чітко визначаються і додається до списку. Далі відбувається ідентифікація залежностей між завданнями, тобто визначається, які завдання мають бути зроблені перед початком наступних. Після цього кожне завдання отримує часову оцінку, яка характеризує його тривалість. Наступним етапом є побудова сіткової діаграми, де всі завдання та їх залежності зображуються у вигляді графа: вузли представляють завдання, а стрілки – залежності між ними. Фінальним етапом є знаходження критичного шляху – це найтриваліша послідовність завдань, яка має вирішальний вплив на терміни завершення проєкту.

Метод використовує кілька ключових параметрів:

- Ранній початок (ES) – найближчий час, коли завдання може розпочатись.
- Раннє завершення (EF) – найближчий час завершення завдання, що розраховується як

$$EF = ES + t ,$$

де t – це тривалість виконання завдання.

- Пізній початок (LS) – найпізніший можливий час початку завдання.
- Пізнє завершення (LF) – найпізніший час завершення завдання, розраховується як:

$$LS = LF - t .$$

Резерв часу (Float) показує, на скільки можна відтермінувати виконання завдання без наслідків для тривалості всього проєкту. Розраховується за формулою:

$$Float = LS - ES .$$

Якщо резерв часу дорівнює нулю, завдання знаходиться на критичному шляху. Метод критичного шляху має кілька важливих переваг. Він забезпечує чітке розуміння того, які завдання є критичними для успішного завершення проєкту, що дозволяє керівникам сфокусуватися на них. Також метод допомагає оптимізувати

час та ресурси, розподіляючи їх таким чином, щоб отримати максимальну ефективність виконання проєкту. Окрім того, СРМ може виявляти можливі затримки до їхнього настання. Це дає змогу своєчасно реагувати на проблеми. Проте даний метод є менш гнучким для проєктів з динамічно змінюваними умовами, оскільки потребує детального планування всіх етапів на початку. Також його використання може бути складним у випадках, коли проєкт містить багато невизначеностей. Це робить необхідним часті коригування плану. СРМ широко застосовується в інженерних, будівельних та ІТ проєктах, де особливо важливо дотримуватися термінів виконання. СРМ дозволяє на ранніх етапах виявити критичні елементи та оптимально розподілити ресурси для вчасного завершення [1, с. 160–173].

Метод програмування в мережі. Метод програмування в мережі (PERT) використовується для аналізу та оцінки часу, необхідного для виконання завдань у проєкті. Розроблений у 1950-х роках для американського Військово-морського флоту, метод PERT призначений для проєктів з високим рівнем невизначеностей. Основна ціль методу – визначити ймовірні часові рамки для виконання кожного завдання. Це дозволяє менеджерам краще прогнозувати загальну тривалість проєкту. У PERT використовуються три оцінки для кожного завдання:

- Оптимістична оцінка (O) – мінімальний час для завершення завдання.
- Песимістична оцінка (P) – максимальний час виконання завдання.
- Ймовірна оцінка (M) – найбільш вірогідний час виконання завдання.

На основі цих трьох оцінок можна обчислити очікувану тривалість завдання за допомогою формули:

$$T_e = \frac{(O + 4M + P)}{6}.$$

Число 6 в знаменнику формули виникає через вагові коефіцієнти, які застосовуються до трьох оцінок для обчислення середнього часу. Ці ваги визначають вплив кожної оцінки на загальний очікуваний час виконання завдання. Оптимістична оцінка враховується один раз, найімовірніша оцінка враховується чотири рази, оскільки вважається, що цей варіант є найбільш вірогідним, а песимістична оцінка також враховується один раз. Такий підхід дозволяє врахувати всі три варіанти з більшим акцентом на найімовірніший результат. Ця формула допомагає отримати середнє значення часу для кожного завдання, що дозволяє врахувати ризики та невизначеності. Однією з переваг методу програмування в мережі є те, що він враховує невизначеність у плануванні часу для виконання задач. Це робить його дуже ефективним у великих і складних проєктах, де чіткі терміни виконання неможливо визначити завчасно. Також цей метод дозволяє проводити кількісну оцінку ризиків. Це сприяє кращому нівелюванню непередбачуваних обставинам. Однак PERT потребує ретельного збору даних для оцінки тривалості завдань, що може бути досить трудомістким. Крім того, його застосування може бути занадто складним для невеликих або простих проєктів, де дана деталізація не завжди виправдана. Метод PERT може використовуватися у поєднанні з методом критичного шляху, що дозволяє комбінувати точність СРМ з гнучкістю PERT у складних та невизначених умовах [2, 646-669].

Метод дерева вирішення задач. Метод дерева вирішення задач (Decision Tree Method) використовується у ситуаціях з декількома можливими варіантами розвитку подій. Дерева рішень дозволяють візуально представити та проаналізувати рішення та їх наслідки.

Дерево рішень представляє собою графічну модель, в якій кожен вузол відповідає за рішення або івент, а гілки – за можливі варіанти розвитку подій. Це допомагає менеджерам проєктів систематизувати інформацію та вибирати оптимальні варіанти на кожному етапі.

З математичної точки зору, цей метод можна формалізувати як задачу максимізації очікуваної корисності:

$$EU(a) = \sum_{i=1}^n P_i \times U_i, \text{ де:}$$

$EU(a)$ – очікувана корисність рішення a ,

P_i – ймовірність настання результату i ,

U_i – корисність даного результату.

Процес побудови дерева рішень починається з вибору початкової задачі, яка стає кореневим вузлом дерева. Далі відбувається формулювання варіантів, кожне рішення призводить до створення нових вузлів, які представляють різні можливі дії або результати. Кожна з гілок дерева містить оцінку ймовірності та результату, що виникає внаслідок прийняття певного рішення. Після аналізу всіх можливих варіантів проводиться остаточний вибір оптимального шляху на основі оцінки очікуваних корисностей.

Метод дерева рішень дозволяє візуалізувати складні рішення та оцінювати наслідки кожного можливого варіанту, що полегшує процес прийняття рішень. Крім того, метод допомагає оцінити ризики та ймовірності для кожного потенційного результату. Простота та інтуїтивність використання роблять цей метод доступним для широкого спектру користувачів. Однак, при великій кількості варіантів або змінних дерево рішень може стати занадто складним для практичного використання. Крім того, ймовірності та оцінки, на яких базуються рішення, можуть бути суб'єктивними, що знижує точність отриманих результатів. У контексті управління проєктами, дерева рішень корисні для прийняття рішень щодо розподілу ресурсів, управління ризиками та вибору найкращих стратегій для досягнення цілей проєкту. Наприклад, у випадках, коли необхідно вибрати технологію для реалізації проєкту або стратегію розвитку, дерева рішень допоможуть оцінити наслідки кожного варіанту [3, с. 497–508].

Ітеративний та інкрементальний підхід. Ітеративний та інкрементальний підхід поєднують дві концепції: ітеративне виконання та поступове збільшення функціональності проєкту. Даний підхід є особливо корисним для проєктів з динамічними вимогами, де неможливо з самого початку чітко визначити кінцевий результат. Він застосовується в програмній інженерії, а також в управлінні інноваційними проєктами. Ітеративність означає розбиття проєкту на короткі цикли, під час яких команда займається розробкою, тестуванням і вдосконаленням продукту або ж його компонентів. Після кожної ітерації продукт оцінюється і коригується з урахуванням рекомендацій від стейкхолдерів. Інкрементальність передбачає, що на кожному етапі продукт поступово доповнюється новими функціями або компонентами, завдяки чому збільшується його загальна цінність та функціональність. Продуктивність ітеративного підходу часто вимірюється швидкістю (*Velocity*), яка визначає кількість завдань, виконаних за одну ітерацію:

$$Velocity = \frac{\text{Завдання виконані за ітерацію}}{\text{Час на ітерацію}}$$

Це допомагає прогнозувати, скільки роботи команда зможе виконати у майбутніх ітераціях.

Регулярне тестування та внесення коригувань на кожному етапі також допомагають знижувати ризики, зменшуючи ймовірність серйозних помилок у кінцевому продукті.

Ітеративний та інкрементальний підхід активно застосовується в методологіях Agile, Scrum, а також у розробці програмного забезпечення. Це дозволяє отримувати працюючі версії продукту на ранніх етапах і поступово вдосконалювати його в залежності від змін в умовах проєкту [4, 215-220].

Алгоритми машинного навчання. Використання алгоритмів машинного навчання в управлінні проєктами стає дедалі популярнішим з кожним днем завдяки здатності алгоритмів працювати з великими обсягами даних, виявляти патерни та робити прогнози. Машинне навчання (ML) застосовується для оптимізації планування, прогнозування термінів, управління ризиками та розподілу ресурсів у складних проєктах.

Машинне навчання може прогнозувати тривалість окремих завдань або всього проєкту на основі історичних даних. Для цього використовуються такі моделі, як лінійна регресія, градієнтний бустинг та нейронні мережі. Алгоритми можуть аналізувати попередні проєкти та їхні результати, щоб передбачити, скільки часу займе виконання конкретного завдання. Формула для простої лінійної регресії, що може бути використана для прогнозування тривалості:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n,$$

де \hat{y} – прогнозований час виконання завдання,

β_0 – вільний член,

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – вагові коефіцієнти для відповідних характеристик завдання x_1, x_2, \dots, x_n [5, с. 256–258].

Класифікаційні моделі, такі як дерева рішень, підтримкові векторні машини (SVM) або логістична регресія, можуть ідентифікувати ризики на основі факторів, які призвели до проблем у попередніх проєктах. Наприклад, функція ризику для задачі може бути виражена як

$$P(\text{Ризик}) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n)}},$$

де $P(\text{Ризик})$ – ймовірність виникнення ризику [6, с. 88–92].

Нейронні мережі та методи оптимізації, такі як алгоритми генетичного програмування, здатні аналізувати складні комбінації ресурсів і завдань, щоб запропонувати найкращі варіанти розподілу людських або матеріальних ресурсів [7, с. 189–192]. Алгоритми машинного навчання можуть також використовуватися для прогнозування витрат на проєкт на основі попередніх даних. Наприклад, регресійний аналіз або нейронні мережі, можуть допомогти передбачити загальні витрати, включаючи витрати на робочу силу, матеріали та непередбачувані витрати [8, с. 295–300].

Лінійна та поліноміальна регресія застосовуються для передбачення тривалості проєктів та оцінки ресурсів. Дерева рішень допомагають ідентифікувати ризики та підтримують процес прийняття рішень. Нейронні мережі здатні моделювати складні взаємозв'язки між змінними, що дозволяє покращувати прогнози щодо розподілу ресурсів і тривалості виконання завдань. Підтримкові векторні машини застосовуються для класифікації ризиків та оцінки результатів проєктів.

Алгоритми кластеризації сприяють аналізу подібних проєктів та допомагають знаходити ефективні стратегії управління ресурсами [9, с. 98–107].

Машинне навчання забезпечує точне прогнозування, оскільки дозволяє робити передбачення на основі аналізу великих обсягів історичних даних. Крім того, алгоритми машинного навчання можуть автоматично підлаштовуватися до змін даних і умов проєкту.

Проте, машинне навчання сильно залежить від наявності великих обсягів якісних даних для навчання. Крім того, впровадження систем машинного навчання може бути складним і вимагати значних ресурсів, як технічної підтримки, так і фінансових вкладень [10, с. 450–460].

Висновки. Високоєфективне планування проєктів є вирішальним фактором успіху для будь-якої організації, особливо у складних і швидкозмінних середовищах. Традиційні методи управління, такі як метод критичного шляху, метод програмування в мережі, та метод дерева вирішення задач, забезпечують чітку структуру і дозволяють проєктним менеджерам ефективно керувати ресурсами та часовими рамками. Водночас, ітеративний та інкрементальний підхід забезпечує гнучкість і дозволяє поступово вдосконалювати продукт, адаптуючи його до нових вимог і обставин. Алгоритми машинного навчання надають додаткові можливості для автоматизації планування, прогнозування тривалості завдань, оцінки ризиків та оптимізації розподілу ресурсів. Використання машинного навчання дозволяє робити точніші прогнози на основі аналізу великих обсягів даних, мінімізуючи ризики і забезпечуючи адаптивність у процесі управління проєктами. Поєднання традиційних підходів і новітніх технологій, таких як машинне навчання, дозволяє створювати більш гнучкі, точні та ефективні системи управління проєктами. Це забезпечує проєктним менеджерам можливість приймати обґрунтовані рішення, адаптуватися до змін і досягати поставлених цілей у межах встановлених часових і ресурсних обмежень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kelley, J. E., & Walker, M. R. Critical-path planning and scheduling. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference, 1959, 160-173.
2. Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., Clark, C. E., & Fazar, W. Application of a technique for research and development program evaluation. Operations Research, 1959, 646-669.
3. Williams, T. M. Assessing and Moving on From the Dominant Project Management Discourse in the Light of Project Overruns. IEEE Transactions on Engineering Management, 2003, 497-508.
4. Larman, C. Agile and Iterative Development: A Manager's Guide. Addison-Wesley Professional, 2004, 215-220.
5. Montgomery, D. C., & Runger, G. C. Applied Statistics and Probability for Engineers. John Wiley & Sons, 2018, 256-258.
6. Sommerville, I. Software Engineering. 10th Edition, Pearson, 2015, 88-92.
7. Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006, 189-192.
8. Alpaydin, E. Introduction to Machine Learning. MIT Press, 2014, 295-300.
9. Bock, D., & Wieneke, A. Artificial Intelligence for Project Management: The Next Step in Planning and Managing Complex Projects. Journal of Project Management, 2016, 98-107.
10. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th Edition, Pearson, 450-460.

REFERENCES:

1. Kelley, J. E., & Walker, M. R. Critical-path planning and scheduling. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference, 1959, 160-173.
 2. Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., Clark, C. E., & Fazar, W. Application of a technique for research and development program evaluation. *Operations Research*, 1959, 646-669.
 3. Williams, T. M. Assessing and Moving on From the Dominant Project Management Discourse in the Light of Project Overruns. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2003, 497-508.
 4. Larman, C. *Agile and Iterative Development: A Manager's Guide*. Addison-Wesley Professional, 2004, 215-220.
 5. Montgomery, D. C., & Runger, G. C. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. John Wiley & Sons, 2018, 256-258.
 6. Sommerville, I. *Software Engineering*. 10th Edition, Pearson, 2015, 88-92.
 7. Bishop, C. M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2006, 189-192.
 8. Alpaydin, E. *Introduction to Machine Learning*. MIT Press, 2014, 295-300.
 9. Bock, D., & Wieneke, A. Artificial Intelligence for Project Management: The Next Step in Planning and Managing Complex Projects. *Journal of Project Management*, 2016, 98-107.
 10. Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th Edition, Pearson, 450-460.
-