

УДК 338.514

Родіонов Павло Юрійович

кандидат економічних наук, викладач

Фаховий коледж інженерії та управління НАУ

Родионов Павел Юрьевич

кандидат экономических наук, преподаватель

Профессиональный колледж инженерии и управления НАУ

Rodionov Pavlo

PhD in Economics, Teacher

Professional College of Engineering and Management of NAU

Плосконос Ганна Миколаївна

кандидат економічних наук, доцент

Фаховий коледж інженерії та управління НАУ

Плосконос Анна Николаевна

кандидат экономических наук, доцент

Профессиональный колледж инженерии и управления НАУ

Ploskonos Anna

PhD in Economics, Associate Professor

Professional College of Engineering and Management of NAU

Гаврутенко Леся Анатоліївна

кандидат педагогічних наук, викладач

Фаховий коледж інженерії та управління НАУ

Гаврутенко Леся Анатольевна

кандидат педагогических наук, преподаватель

Профессиональный колледж инженерии и управления НАУ

Gavrutenko Lesya

PhD in Education, Teacher

Professional College of Engineering and Management of NAU

**ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАРТОСТІ
ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ
ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА
THEORETICAL PRINCIPLES OF FORECASTING THE COST OF A
SOFTWARE PRODUCT**

***Анотація.** У роботі проаналізовано фактори, що впливають на об'єм необхідних зусиль для створення мобільного додатку та його вартість. Встановлено, що основними факторами впливу є дизайн додатку, його функціональність, тип мобільної платформи, наявність та рівень тестування і підтримки, а також індивідуальні характеристики компанії-розробника.*

На основі аналізу інформаційних джерел визначено основні методики та підходи до прогнозування вартості програмних продуктів, до яких можна віднести модель СОСОМО, метод Price-to-win, експертну оцінку, алгоритмічні методи та метод аналогій. Пропонується розглядати метод аналогій як інструмент, що дозволяє будувати прогнози щодо витрат ресурсів, потрібних для успішної реалізації ІТ-проектів на основі досвіду реалізації схожих проектів.

Доведено, що перевагами даного методу є простота його реалізації та наочність отриманих результатів, що впливає з практичної направленості даного інструменту. Серед обмежень методу аналогій є обов'язкова потреба у достовірних даних, які стосуються схожих проектів, а також складнощі щодо врахування не виражених кількісно показників.

Враховуючи згадані обмеження методу аналогій та на основі здійсненого аналізу наукових джерел визначені можливі напрями його оптимізації. Так, серед способів покращення ефективності даного методу можна відзначити ті, що направлені на оптимізацію процесу відбору проектів, дані для яких використовуються як базові для побудови прогнозу. Перспективними видаються спроби покращити метод аналогій за рахунок включення параметрів, які раніше залишалися поза увагою даної техніки. Це у свою чергу може призвести до розширення сфери застосування методу аналогій та підвищення точності прогнозів. В якості перспектив подальших досліджень визначено необхідність продовження наукових досліджень в сфері оптимізації методу аналогій з послідуною практичною перевіркою теоретичних положень на даних реальних проектів.

Ключові слова: *вартість програмного забезпечення, фактори впливу на вартість програмного забезпечення, метод аналогій.*

Аннотация. *В работе проанализированы факторы, влияющие на объем необходимых усилий для создания мобильного приложения и его стоимость. Установлено, что основными факторами влияния являются дизайн приложения, его функциональность, тип мобильной платформы, наличие и уровень тестирования и поддержки, а также индивидуальные характеристики компании-разработчика.*

На основе анализа информационных источников определены основные методики и подходы к прогнозированию стоимости программных продуктов, к которым можно отнести модель СОСОМО, метод Price-to-win, экспертную оценку, алгоритмические методы и метод аналогий. Предлагается рассматривать метод аналогий как инструмент, позволяющий строить прогнозы относительно затрат ресурсов, необходимых для успешной реализации IT- проектов на основе опыта реализации подобных проектов.

Доказано, что преимуществами данного метода является простота его реализации и наглядность полученных результатов, следует практической направленности данного инструмента. Среди ограничений метода аналогий является обязательная потребность в достоверных данных, касающихся подобных проектов, а также сложности по учет не выраженных количественно показателей.

Учитывая упомянутые ограничения метода аналогий и на основе проведенного анализа научных источников определены возможные направления его оптимизации. Так, среди способов повышения эффективности данного метода можно отметить те, которые направлены на оптимизацию процесса отбора проектов, данные для которых используются как базовые для построения прогноза. Перспективными представляются попытки улучшить метод аналогий за счет включения параметров, которые ранее оставались без внимания данной техники. Это в свою очередь может привести к расширению сферы применения метода аналогий и повышения точности прогнозов. В качестве перспектив дальнейших исследований определена необходимость продолжения научных исследований в области оптимизации метода аналогий с последующей практической проверкой теоретических положений на данных реальных проектов.

Ключевые слова: *стоимость программного обеспечения, факторы влияния на стоимость программного обеспечения, метод аналогий.*

Summary. *The paper analyzes the factors that affect the amount of effort required to create a mobile application and its cost. It is established that the main factors of influence are the design of the application, its functionality, the type of mobile platform, the availability and level of testing and support, as well as the individual characteristics of the developer.*

Based on the analysis of information sources, the main methods and approaches to forecasting the cost of software products are identified, which

include the COCOMO model, Price-to-win method, expert evaluation, algorithmic methods and the method of analogies. It is proposed to consider the method of analogies as a tool that allows you to make predictions about the cost of resources required for the successful implementation of IT projects based on the experience of similar projects.

It is proved that the advantages of this method are the simplicity of its implementation and the clarity of the results obtained, which follows from the practical orientation of this tool. Among the limitations of the method of analogy is the mandatory need for reliable data relating to similar projects, as well as the difficulty of taking into account unspecified indicators.

Taking into account the mentioned limitations of the method of analogies and on the basis of the analysis of scientific sources the possible directions of its optimization are determined. Thus, among the ways to improve the effectiveness of this method are those aimed at optimizing the project selection process, the data for which are used as a basis for forecasting. Attempts to improve the method of analogies by including parameters that were previously ignored by this technique seem promising. This in turn can lead to an expansion of the scope of the method of analogies and increase the accuracy of forecasts. As prospects for further research, the need to continue research in the field of optimization of the method of analogies with the subsequent practical verification of theoretical positions on the data of real projects.

Key words: software cost, factors influencing software cost, method of analogies.

Постановка проблеми. Поява та активне впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у всі сфери господарської діяльності призвели до становлення інформаційного суспільства, в якому особливе місце посідають інформація та інформаційні процеси. Динамічний розвиток індустрії розробки програмного забезпечення

призводить до посилення конкурентної боротьби на ринку. Це вимагає враховувати ряд факторів, що можуть мати різні ступені впливу на вартість програмного забезпечення. Проте на даний момент саме питання оцінювання вартості програмних продуктів є недостатньо вивченим та потребує додаткової уваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями, присвяченими вартості розроблення та впровадження інформаційних технологій займалися вітчизняні та зарубіжні вчені серед яких можна відмітити роботи Б. Боема [4], В. Ресмі [9], О. Л. Біляченко [1], А. Лефтеріса [2], І. Стамелоса [2] та інших [3; 5-8; 10-12]. У своїх дослідженнях вони приділяли увагу теоретичним основам прогнозування вартості програмного забезпечення, досліджували практичні аспекти таких прогнозів та вивчали моделі визначення вартості програмного забезпечення.

Формування цілей статті. Цілями даної статті є узагальнити та систематизувати знання, що стосується прогнозування витрат на розробку інформаційних продуктів, зокрема визначити фактори, які впливають на ціну мобільних додатків та проаналізувати доцільність використання методу аналогій як інструмента прогнозування необхідних для розробки програмного продукту зусиль. Додатково слід дослідити особливості даного методу для прогнозування вартості програмного забезпечення та окреслити шляхи його можливого удосконалення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Спершу визначимо особливості розрахунку вартості програмного забезпечення. Принциповими особливостями програмного забезпечення з точки зору оцінки його вартості є: віртуальність, тобто відсутність безпосередньої матеріальної форми, що вимагає розроблення нових методик оцінювання; віднесення програмного забезпечення до категорії інтелектуальної власності, де реальні витрати на створення об'єкта є незначними у

порівнянні з його справжньою цінністю; або навпаки, витрати на створення об'єкта суттєво перевищують його цінність [1].

Прогнозування вартості програмного продукту багато в чому залежить від використовуваної методології розроблення програмного забезпечення. Розглянемо етапи розроблення програмного забезпечення на прикладі створення мобільного додатку. Як зазначено у роботі [3], у більшості випадків процес розробки додатків складається з наступних етапів:

- попередня розробка, або етап дослідження;
- UX / UI дизайн;
- безпосередня розробка додатків;
- тестування та розгортання додатків;
- постійна підтримка та обслуговування.

Основні фактори, що впливають на вартість мобільних застосунків наведено на рис. 1. Як видно з даного рисунку, можна виокремити п'ять основних груп чинників.



Рис. 1. Фактори вартості мобільних додатків

Джерело: складено автором на основі [3]

Так, вартість розроблення мобільного додатку можна представити у вигляді наступної формули:

$$T * P = TCost, \text{ де}$$

T – час, необхідний на розробку програми у годинах;

P – ціна за годину робочого часу.

$TCost$ – вартість програмного продукту.

Одним з основних факторів, що впливають на час розроблення програми є її функціональність, адже це пов'язано з часом розробки. Для здійснення оцінювання часу необхідного на створення продукту пропонується використовувати ряд інструментів, серед яких можна виділити наступні:

- «concepts», що являють собою суму необхідних у програмі функцій;
- «storypoints», що демонструють швидкість та складність розробки програми [3].

Зазначимо, що вартість розроблення програмного продукту, зокрема мобільного додатку, багато в чому спирається на час, потрібний на його розроблення та впровадження у роботу компанії.

Серед причин невідповідності прогнозів реальним витратам часу та коштів на розробку програмного забезпечення традиційно виділяють наступні:

- низький професійний рівень співробітників компанії-розробника, що може позначитися на точності здійсненого прогнозу;
- збільшення обсягу розробки додатків через зміни в процесі його розробки.

Розглянемо підходи до оцінювання вартості програмного забезпечення, до яких можна віднести модель COCOMO, методику аналізу за функціональними точками, метод Use case points, метод аналогій, методику Price-to-win та інші. Існуючи підходи до визначення

трудомісткості та вартості програмного забезпечення представлено на рисунку 2.

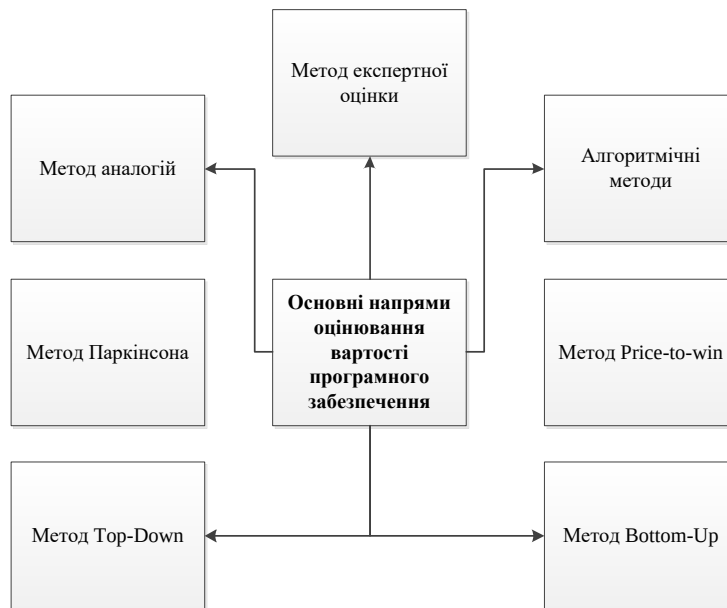


Рис. 2. Напрями оцінювання вартості програмного забезпечення

Джерело: складено автором на основі [4]

Вивчаючи особливості оцінювання вартості програмного забезпечення та основні способи її визначення, слушно розглянути метод аналогій більш детально. Це зумовлено його широким використанням та наявністю цілого ряду особливостей, що дозволяють пристосувати його до цілого типу проектів, зокрема для прогнозування вартості мобільних додатків.

Оцінка на основі аналогії порівнює оцінюваний проект з уже завершеними на основі визначених показників. Міра відстані використовується, щоб оцінити як проекти пов'язані між собою. На початкових етапах розробки програмного забезпечення оцінка зусиль є дуже складним завданням. Щоб отримати більш точні результати, враховуються показники оцінки зусиль реалізації попередніх проектів. Такі показники використовуються для отримання точного прогнозу зусиль, необхідних для успішного завершення поточного проекту [9].

Як зазначено у роботах [8; 11], оцінка за аналогією - це метод, керований даними. Він порівнює проект, що розглядається (цільовий проект) з подібними історичними проектами та їх загальні атрибути. Ідея аналогічного оцінювання полягає у визначенні зусилля цільового проекту як функція відомих зусиль подібних історичних проектів.

Існує думка, що при використанні методу аналогії оцінка зусиль була найкращою в 60% випадків, про які повідомлялося в опублікованому дослідженні. Однак у 30% випадків він виявив найгірший прогноз точності, отже, вказує на деяку нестабільність [10]. Тому можна зробити висновок, що оцінка зусиль за аналогією є перспективною, але потребує подальшого вдосконалення з точки зору кращої точності та ширшої застосовності [6].

Як і інші інструменти оцінювання, метод аналогій має свої переваги та обмеження, що узагальнено на рисунку 3.

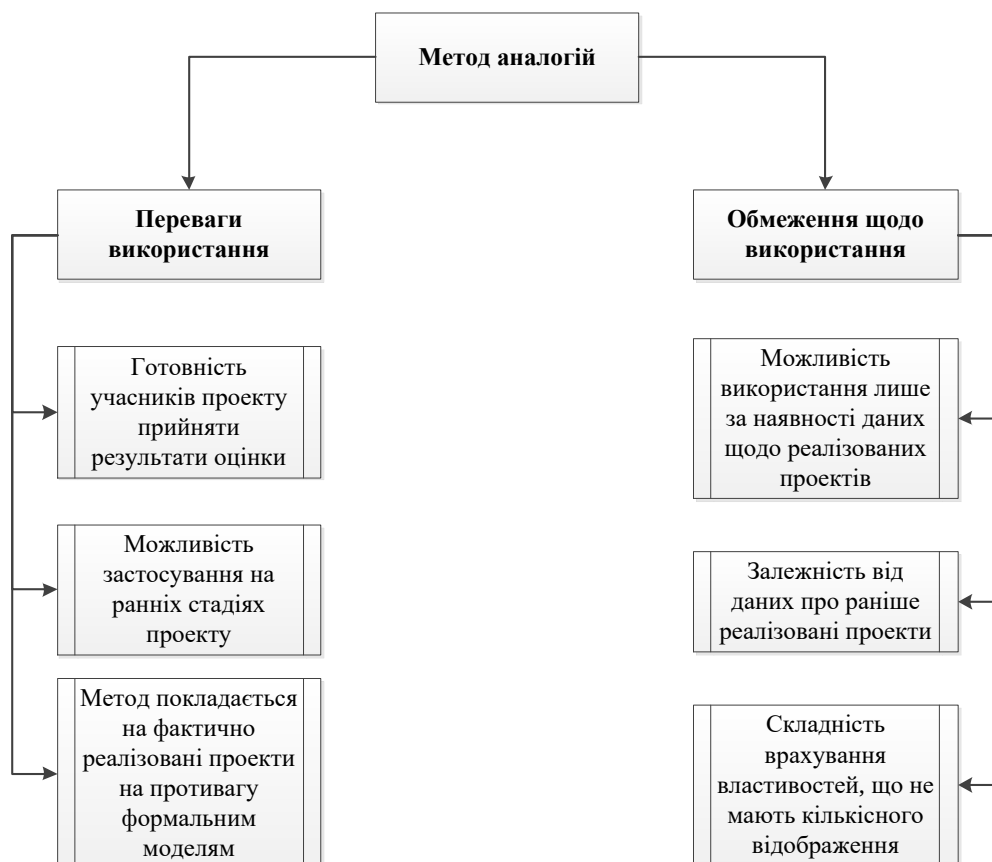


Рис. 3. Переваги та обмеження методу аналогій

Джерело: складено автором на основі [2; 5; 6; 12]

Як видно з рисунку, основними перевагами методу аналогій є його практична спрямованість, яка базується на тому, що прогноз будується спираючись на існуючі дані.

Серед обмежень, що накладає використання даного методу, можна відзначити необхідність мати дані високої якості за уже реалізованими проектами, що не завжди доступно. Також залишається актуальним питання щодо врахування низки параметрів, які мають важливе значення, проте складно піддаються кількісному вираженню.

Зважаючи на розповсюдженість методу аналогій та на обмеження, які він пред'являє, дослідниками було запропоновано цілий ряд нововведень, які дозволяють зменшити вплив наявних обмежень та зробити даний інструмент більш гнучким та таким, що надає якісно нові результати використання з точки зору точності та надійності прогнозів.

Так, у роботі [7] автори пропонують техніку відбору для методу аналогій, яка зменшує всю базу проектів до невеликої підмножини, що складається з лише представницьких проектів. Більше того, дана техніка поєднується з функцією зважування для подальшого вдосконалення методу аналогій. Запропоновані методи перевірені на чотирьох наборах даних (два реальних і два штучні набори) і порівняні зі звичайними варіантами використання методу аналогій.

Іншим варіантом покращення методу аналогій є наступний, у якому автори пропонують новий гнучкий метод під назвою AQUA, що здатен подолати обмеження попереднього методу аналогій. Метод AQUA поєднує ідеї двох відомих оцінок на основі аналогії техніки: міркування на основі конкретних випадків та спільна фільтрація. Метод застосовується для прогнозування зусиль, пов'язаних з будь-яким проектом а залежності від його характеристик. Відповідно до авторів методики, AQUA підтримує кількісні дані шляхом визначення подібності міри для різних типів даних. Також даний метод більш коректно працює там, де відсутні точні значення

показників. Враховуючи, що фіксована і невелика кількість аналогій може дати не найкращу точність прогнозування, дана методика передбачає гнучкий механізм, заснований на вивченні існуючих проектів для формування більш якісного набору базових даних [6].

Висновки та перспективи подальших досліджень. З огляду на вищесказане можна стверджувати, що в сучасних економічних умовах питання прогнозування вартості програмного забезпечення є одним з ключових з точки зору підвищення конкурентоспроможності компаній, які працюють в галузі розробки програмного забезпечення. Враховуючи цілий ряд чинників, які мають вплив на вартість програмного продукту, саме від коректної роботи з ними багато в чому залежить точність прогнозу.

Серед методів, що дозволяють побудувати прогноз трудомісткості або вартості програмного продукту, особливе місце посідає метод аналогій. Даний метод базується на уже реалізованих проектах та за умови належним чином відібраних вихідних даних може давати достатньо точні результати.

Проте беручи до уваги обмеження даного методу, серед яких є надзвичайна залежність від проектів, дані по яким використовуються у якості базових, а також складність оцінювання багатьох параметрів, вбачається необхідним подальший пошук способів оптимізації даного методу з метою підвищення якості отримуваних прогнозів.

Література

1. Біляченко О.Л. Особливості оцінки програмного забезпечення, створеного власними силами підприємства / О.Л. Біляченко. URL: <http://zsas.zhitomir.org/ru/forum/>
2. Angelis Lefteris & Stamelos Ioannis (2000). A Simulation Tool for Efficient Analogy Based Cost Estimation // Empirical Software Engineering. № 5. PP. 35-68. 10.1023/A:1009897800559.

3. App development Cost: Understand Your Budget To Build Powerful Apps.
URL: <https://medium.com/@MLSDevCom/app-development-cost-understand-your-budget-to-build-powerful-apps-91f933faf378>
4. Boehm B. Software Engineering Economics / Barry Boehm // IEEE Transactions on Software Engineering. 1984. №10. PP. 4–21.
5. Leung Hareton (2002). Estimating Maintenance Effort by Analogy // Empirical Software Engineering. № 7. PP. 157-175. doi: 10.1023/A:1015202115651.
6. Li Jingzhou & Ruhe Guenther & Al-Emran Ahmed & Richter Michael (2007). A flexible method for effort estimation by analogy // Empirical Software Engineering. № 12. PP. 65-106. doi: 10.1007/s10664-006-7552-4.
7. Li Y. & Xie Min & Goh T. (2009). A study of project selection and feature weighting for analogy based software cost estimation // Journal of Systems and Software. № 82. PP. 241-252. doi: 10.1016/j.jss.2008.06.001.
8. Mukhopadhyay T., Vicinanza S., Prietula M.J. (1992). Examining the feasibility of a case-based reasoning model for software effort estimation. MIS Quarterly. № 16(2). PP. 155-171.
9. Resmi V., & Vijayalakshmi S. (2020). Analogy-Based Approaches to Improve Software Project Effort Estimation Accuracy // Journal of Intelligent Systems. № 29(1). PP. 1468-1479. doi: 10.1515/jisys-2019-0023
10. Ruhe M., Jeffery R., Wiczorek I. (2003). Cost estimation for web application. ICSE 2003: Proceedings of 25th International Conference on Software Engineering. Oregon, USA. PP. 285–294.
11. Shepperd M., Schofield C. (1997). Estimating software project effort using analogies. IEEE Trans Softw Eng. № 23(12). PP. 736–743.
12. Walkerdien F., Jeffery R. (1999). An empirical study of analogy-based software effort estimation. Empir Software Eng. № 4(2). PP. 135–158.

References

1. Biljachenko O.L. Osoblyvosti ocinky programnogho zabezpechennja, stvorenogho vlasnymy sylamy pidpryjemstva / O.L. Biljachenko. URL: <http://zsas.zhitomir.org/ru/forum/>
2. Angelis Lefteris & Stamelos Ioannis (2000). A Simulation Tool for Efficient Analogy Based Cost Estimation // Empirical Software Engineering. # 5. PP. 35-68. 10.1023/A:1009897800559.
3. App development Cost: Understand Your Budget To Build Powerful Apps. URL: <https://medium.com/@MLSDevCom/app-development-cost-understand-your-budget-to-build-powerful-apps-91f933faf378..>
4. Boehm B. Software Engineering Economics / Barry Boehm // IEEE Transactions on Software Engineering. 1984. #10. PP. 4–21.
5. Leung Hareton (2002). Estimating Maintenance Effort by Analogy // Empirical Software Engineering. # 7. PP. 157-175. doi: 10.1023/A:1015202115651.
6. Li Jingzhou & Ruhe Guenther & Al-Emran Ahmed & Richter Michael (2007). A flexible method for effort estimation by analogy // Empirical Software Engineering. # 12. PP. 65-106. doi: 10.1007/s10664-006-7552-4.
7. Li Y. & Xie Min & Goh T. (2009). A study of project selection and feature weighting for analogy based software cost estimation // Journal of Systems and Software. # 82. PP. 241-252. doi: 10.1016/j.jss.2008.06.001.
8. Mukhopadhyay T., Vicinanza S., Prietula M.J. (1992). Examining the feasibility of a case-based reasoning model for software effort estimation. MIS Quarterly. # 16(2). PP. 155-171.
9. Resmi V., & Vijayalakshmi S. (2020). Analogy-Based Approaches to Improve Software Project Effort Estimation Accuracy // Journal of Intelligent Systems. # 29(1). PP. 1468-1479. doi: 10.1515/jisys-2019-0023

10. Ruhe M., Jeffery R., Wieczorek I. (2003). Cost estimation for web application. ICSE 2003: Proceedings of 25th International Conference on Software Engineering. Oregon, USA. PP. 285–294.
11. Shepperd M., Schofield C. (1997). Estimating software project effort using analogies. IEEE Trans Softw Eng. # 23(12). PP. 736–743.
12. Walkerden F., Jeffery R. (1999). An empirical study of analogy-based software effort estimation. Empir Software Eng. # 4(2). PP. 135–158.