

АНОТАЦІЯ

Дудник О.О. Інноваційні технології в управлінні портфелем проєктів ІТ-компаній. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 – Економіка. – Національний університет “Одеська політехніка” МОН України, Одеса, 2023.

Дисертаційну роботу присвячено застосуванню інноваційних технологій в процесі управління аутсорсингових ІТ-компаній в якості інструментально-аналітичного забезпечення ефективного управління ІТ-проєктами та обґрунтування економічних рішень на основі їх експертної оцінки.

На сьогоднішній день в Україні і світі наявна велика кількість аутсорсингових ІТ-компаній, які відповідають за розробку досить об'ємного сектору ІТ-проєктів. Процесам управління проєктами у межах аутсорсингової ІТ-компанії притаманна низка особливостей, найважливішими з яких є підвищення відповідальності стосовно підпроцесу розробки програмного забезпечення, знижена або взагалі відсутня відповідальність за усі інші підпроцеси та часткова фінансова залежність від компанії замовника.

У зв'язку з цим зростає інтерес до інноваційних підходів у розробленні інструментально-аналітичного забезпечення ефективного управління ІТ-проєктами та обґрунтування економічних рішень на основі експертної оцінки поточного статусу цих проєктів, що в свою чергу підвищує ефективність підпроцесу розробки програмного забезпечення, дозволяючи мінімізувати негативні наслідки фінансової залежності від компанії замовника.

У розділі 1 розглянуто теоретичні засади управління ІТ-проєктами та їх портфелями. Демонструється важливість економічних показників та метрик

успішності проєкту для досягнення успіху у проєктному менеджменті. Акцентується увага на важливості врахування не лише технічних, але й бізнес-аспектів ІТ-проєкту.

Проведено аналіз основних трендів інформаційної економіки. Встановлено, що світовими трендами є зростання обсягу даних, розвиток технологій штучного інтелекту та інтернету речей. Україна не є винятком і також активно розвивається в галузі ІТ. Роль інформаційної економіки в Україні є дуже важливою, оскільки ця галузь є джерелом збільшення ВВП та прискорення економічного розвитку. Напруження на глобальній арені, зокрема Російсько-Українська війна та пандемія COVID-19, також мають значний вплив на інформаційну економіку України. Це стало причиною серйозних викликів для бізнесу, зокрема для ІТ-компаній. Наприклад, падіння попиту на послуги та продукти, або недостатність фінансування можуть стати причиною кадрових скорочень та обмеження можливостей для виконання нових ІТ-проєктів. У світлі цих факторів набувають значення ефективні технології та процеси управління ІТ-проєктами, які дозволяють швидко реагувати на зміни і мінімізувати ризики.

Визначено основні проблеми та ризики управління проєктами в ІТ-компаніях. З одного боку, швидкий розвиток технологій може бути корисним для ІТ-компаній, адже нові інструменти та технології забезпечують більш ефективне виконання проєктів і зменшують витрати на програмну розробку. Однак, з іншого боку, постійні зміни створюють проблеми й ризики в управлінні проєктами: наприклад, зміни в ринкових умовах, технічні проблеми, недостатня кваліфікація персоналу, неправильне планування ресурсів та багато інших чинників. Окрім того, інформаційна економіка має вплив на ринкові умови та конкуренцію в галузі. Сучасні технології дозволяють ІТ-компаніям прискорити програмну розробку, що створює

більш жорстку конкуренцію та може впливати на ціну ІТ-послуг, оскільки інноваційні рішення зазвичай коштують більше, ніж традиційні. Таким чином, у разі неефективного управління ІТ-проєктами може виникнути затримка у їх виконанні, збільшення витрат або навіть повний провал проєктів.

Досліджено основні технології управління ІТ-проєктами. Серед них виділено Agile технологію та Stage-Gate фреймворк. Agile технологія заснована на ітераційному інкрементальному розробленні програмного продукту та активній участі замовника у процесі розробки. Перевагою використання цієї технології є швидке реагування на зміни вимог замовника та зменшення часу від розробки до випуску готового продукту. Однак, її недоліками є необхідність високого рівня комунікації та координації між членами команди розробників та замовником, що може призвести до затримок у виконанні ІТ-проєкту. Stage-Gate фреймворк, розроблений Робертом Купером, заснований на послідовному проходженні етапів розробки продукту, з встановленням точок прийняття рішень щодо переходу до наступних етапів. Його перевагами є більш структурований та прогнозований процес програмної розробки, що дозволяє більш точно визначити результати кожного етапу. Однак, недоліками є більш складна процедура ухвалення рішень на кожному етапі, що може призвести до затримок у виконанні проєкту.

Результати досліджень, відображені у розділі 1, дозволяють зробити висновок, що використання нечіткої логіки для розв'язання завдань управління ІТ-проєктами є достатньо рідким явищем. Більшу увагу приділяють процесу взагалі, будуючи різноманітні фреймворки, націлені на загальне описання процесу, а також на його подрібнення на менші завдання. Але процедури розв'язання цих завдань дослідники вивчають значно менше.

Наявні лише окремі дослідження щодо підзавдань процесу з використанням нечіткої логіки; майже не має прецедентів використання нечіткої логіки стосовно процесу в цілому. Використання нечіткої логіки для розв'язання задач управління ІТ-проєктами може бути ефективним, оскільки нечітка логіка дозволяє враховувати не тільки точні значення параметрів, а й їх нечіткі значення, що може покращити ступінь обґрунтованості та загальні результати прийняття економічних рішень; спростити процес їх реалізації.

В умовах зростаючої конкуренції на ринку стає все більш складною задача управління ІТ-проєктами. Управління портфелем ІТ-проєктів вимагає розуміння досить великої кількості факторів, які впливають на ефективність проєктування та розробки програмного забезпечення. Інструментально-аналітичне забезпечення є надзвичайно важливим інструментом управління ІТ-проєктами. Використання апарату нечіткої логіки дає змогу враховувати нечіткість даних та знань, що має важливе значення в умовах нестабільності процесу управління та значного ступеня невизначеності у взаємодії між учасниками проєкту.

У зв'язку з цим у *розділі 2* запропонована концептуальна модель обґрунтування й прийняття економічних рішень з управління проєктами в умовах невизначеного середовища і неточної інформації. Розглянуто основні теоретичні засади нечіткої логіки як математичного апарату, призначеного для роботи з нечіткими, неоднозначними, частковими та неповними даними. Розглянуто поняття нечіткої множини, функцій належності та нечіткого оператора. Виділено основні переваги нечітких інтелектуальних систем, реалізованих на основі математичного апарату нечіткої логіки.

Прикладна інструментально-аналітична база реалізації моделі обґрунтування й прийняття економічних рішень – нечітка експертна система FuzzyKIDE: авторська програмна оболонка, реалізована на основі нечіткої

логіки. В основі архітектури FuzzyKIDE лежить фазифікація даних, що дозволяє представити кожен елемент в базі даних у вигляді функції належності до деякої множини з бази знань. У порівнянні з іншими нечіткими експертними системами FuzzyKIDE використовує оптимізовану модель бази знань. Знання системи відносно об'єкту функціонування, що досліджується, описуються за допомогою нечітких правил виводу, лінгвістичних змінних та функцій належності. Кожна функція описує, наскільки елемент відповідає певній характеристиці, тобто описує ступінь належності до деякої нечіткої множини. Нечіткі правила визначають зв'язки між вхідними та вихідними лінгвістичними змінними. Такий підхід дає змогу легко модифікувати базу знань, додавати нові правила або вносити зміни в існуючі. Ще однією особливістю є використання SNEPS семантичних мереж у ядрі нечіткого виводу, що дозволяє зменшити кількість звернень до бази знань і бази даних та підвищити ефективність використання знань системи. Таким чином, FuzzyKIDE має багато переваг порівняно з класичними експертними системами, зокрема, структуровану модель бази знань та можливість використання семантичних мереж для оптимального зберігання та використання знань.

Запропоновано модифікацію Agile Stage-Gate фреймворку з використанням нечітких систем, що дозволяє врахувати особливості ІТ-проектів в цілому та особливості сучасних ітеративних циклів розробки. Особливістю запропонованої схеми є використання систем нечіткої логіки при переході від брам до наступних етапів. У способі розстановки брам між етапами є одна суттєва особливість – деякі з брам не є однонаправленими. Наприклад, брама після процесу пошуку проекту є однонаправленою, адже сам процес пошуку проекту не є ітераційним. Водночас, брама перед процесом Agile спринту є двосторонньою, адже після кожного спринту

проходить процес оцінки результатів на цій же брамі з метою визначити, чи є необхідність повторного переходу на попередній етап.

Запропонований у розділі математичний апарат спрямований на рішення широкого кола задач, пов'язаних з різноманітними аспектами обґрунтування стратегічних та оперативних економічних рішень, що потребують проведення комплексного аналізу впливу факторів різної природи; врахування ентропії та неповноти/неточності інформації стосовно внутрішнього й зовнішнього середовища досліджуваних процесів.

Працездатність розробленої інструментально-аналітичної бази прийняття рішень продемонстрована *в розділі 3* на результатах, отриманих в ході розв'язання типових задач управління ІТ-проєктами в аутсорсингових компаніях: пошук проєктів та формування складу й структури портфолію; моніторинг поточного статусу проєктів; стратегічної орієнтації ІТ-компанії (професійного спрямування та максимізації прибутку). Проведений порівняльний аналіз наявних історичних даних та даних, отриманих в результаті експлуатації програмної оболонки FuzzyKIDE, реалізованої в контурі модифікованого Agile Stage-Gate фреймворку, довів ефективність запропонованого підходу. Порівняння показало, що використання програмної оболонки значно підвищує ефективність процесу прийняття рішень і призводить до якісного покращення абсолютних та відносних економічних показників діяльності аутсорсингової ІТ-компанії.

Подальша експлуатація розробленого математичного апарату призведе до збагачення баз знань та даних, що сприятиме розвитку інформаційного забезпечення процесів підтримки прийняття обґрунтованих економічних рішень щодо управління ІТ-проєктами/ портфолію проєктів.

Результати дисертаційної роботи було впроваджено на підприємстві Invers B.V. Практична цінність та наукове значення результатів роботи

полягає в можливості застосування розроблених методик, моделей та прикладних програм для підтримки у процесі прийняття рішень, в тому числі у рамках процесу управління аутсорсинговими ІТ-проєктами.

Наукові результати дисертації використані у науково–дослідницькій діяльності Одеського національного політехнічного університету (довідка No 55/68-07 від 23.01.2023р.). Результати дисертації впроваджено у навчальний процес Одеського національного політехнічного університету МОН України, де їх використано при підготовці навчальних програм і методичного забезпечення дисциплін «Управління проєктами інформатизації» та «Експертні системи в формуванні стратегії розвитку підприємства» (довідка No 54/68-07 від 23.01.2023 р.).

Ключові слова: аутсорсингові ІТ-компанії, інноваційні технології, інформаційна економіка, ІТ-проєкт, інструментально-аналітичне забезпечення, управління ІТ-проєктами, обґрунтування економічних рішень, експертна оцінка, нечітка логіка, Stage-Gate фреймворк, FuzzyKIDE.

ABSTRACT

Dudnyk O.O. Innovative technologies in IT companies project portfolio management. – Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

PhD degree dissertation – Doctor of Philosophy in specialty 051 – Economics. – Odessa Polytechnic National University Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2023.

The dissertation is devoted to the application of innovative technologies in the process of managing outsourcing IT companies as instrumental and analytical support for effective management of IT projects and justification of economic decisions based on their expert assessment.

To date, there are a large number of outsourcing IT companies in Ukraine and the world, which are responsible for the development of a rather voluminous sector of IT projects. Project management processes within the outsourcing IT company are characterized by a number of features, the most important of which are increased responsibility for the software development sub-process, reduced or no responsibility for all other sub-processes, and partial financial dependence on the customer's company.

In this regard, there is a growing interest in innovative approaches in the development of instrumental and analytical support for effective management of IT projects and justification of economic decisions based on an expert assessment of the current status of these projects, which in turn increases the efficiency of the software development sub-process, allowing to minimize negative consequences financial dependence on the customer's company.

Chapter 1 deals with the theoretical principles of managing IT projects and their portfolios. The importance of economic indicators and project success metrics for achieving success in project management is demonstrated. Attention is focused

on the importance of taking into account not only technical, but also business aspects of the IT project.

An analysis of the main trends of the information economy was carried out. It has been established that the global trends are the growth of the volume of data, the development of artificial intelligence technologies and the Internet of Things. Ukraine is no exception and is also actively developing in the field of IT. The role of the information economy in Ukraine is very important, as this industry is a source of increasing GDP and accelerating economic development. Tensions on the global stage, including the Russian-Ukrainian war and the COVID-19 pandemic, also have a significant impact on Ukraine's information economy. This has become the cause of serious challenges for business, in particular for IT companies. For example, a drop in demand for services and products, or a lack of funding can lead to staff cuts and limited opportunities to implement new IT projects. In the light of these factors, effective technologies and IT project management processes, which allow quick response to changes and minimize risks, become important.

The main problems and risks of project management in IT companies have been identified. On the one hand, the rapid development of technologies can be useful for IT companies, because new tools and technologies ensure more efficient execution of projects and reduce costs for software development. However, on the other hand, constant changes create problems and risks in project management: for example, changes in market conditions, technical problems, insufficient qualification of personnel, improper planning of resources and many other factors. In addition, the information economy has an impact on market conditions and industry competition. Modern technologies allow IT companies to speed up software development, which creates tougher competition and can affect the price of IT services, as innovative solutions usually cost more than traditional ones.

Thus, in case of ineffective management of IT projects, there may be a delay in their implementation, an increase in costs, or even a complete failure of the projects.

The main IT project management technologies have been studied. Among them, Agile technology and Stage-Gate framework are highlighted. Agile technology is based on iterative incremental development of a software product and active participation of the customer in the development process. The advantage of using this technology is a quick response to changes in customer requirements and a reduction in the time from development to the release of the finished product. However, its disadvantages are the need for a high level of communication and coordination between members of the development team and the customer, which can lead to delays in the implementation of the IT project. The Stage-Gate framework, developed by Robert Cooper, is based on a sequential passage through the stages of product development, with the establishment of decision points for moving to the next stages. Its advantages are a more structured and predictable process of software development, which allows you to more accurately determine the results of each stage. However, the disadvantages are a more complex decision-making procedure at each stage, which can lead to delays in the implementation of the project.

The research results presented in Chapter 1 allow us to conclude that the use of fuzzy logic to solve IT project management tasks is a rather rare phenomenon. More attention is paid to the process in general, building various frameworks aimed at the general description of the process, as well as its fragmentation into smaller tasks. But the procedures for solving these problems are much less studied by researchers. There are only a few studies on process subtasks using fuzzy logic; there are almost no precedents for using fuzzy logic in relation to the process as a whole. The use of fuzzy logic for solving IT project management problems can be

effective, because fuzzy logic allows taking into account not only the exact values of parameters, but also their fuzzy values, which can improve the degree of validity and the overall results of economic decision-making; simplify the process of their implementation.

In the conditions of growing competition on the market, the task of managing IT projects is becoming more and more difficult. Managing a portfolio of IT projects requires understanding a fairly large number of factors that affect the effectiveness of software design and development. Instrumental and analytical support is an extremely important tool for managing IT projects. Using the apparatus of fuzzy logic makes it possible to take into account the vagueness of data and knowledge, which is important in the conditions of instability of the management process and a significant degree of uncertainty in the interaction between project participants.

In this regard, chapter 2 proposes a conceptual model of substantiation and making economic decisions on project management in the conditions of an uncertain environment and inaccurate information. The basic theoretical foundations of fuzzy logic as a mathematical apparatus designed for working with vague, ambiguous, partial and incomplete data are considered. The concepts of fuzzy set, membership functions and fuzzy operator are considered. The main advantages of fuzzy intelligent systems implemented on the basis of the mathematical apparatus of fuzzy logic are highlighted.

The applied instrumental and analytical base for the implementation of the economic decision-making model is the FuzzyKIDE fuzzy expert system: the author's software shell, implemented on the basis of fuzzy logic. FuzzyKIDE architecture is based on data fuzzification, which allows representing each element in the database as a function of belonging to some set from the knowledge base. Compared to other fuzzy expert systems, FuzzyKIDE uses an optimized

knowledge base model. The system's knowledge about the object of functioning under investigation is described by fuzzy inference rules, linguistic variables, and membership functions. Each function describes to what extent an element corresponds to a certain characteristic, that is, it describes the degree of belonging to some fuzzy set. Fuzzy rules define relationships between input and output linguistic variables. This approach makes it possible to easily modify the knowledge base, add new rules or make changes to existing ones. Another feature is the use of SNEPS semantic networks in the core of fuzzy inference, which allows you to reduce the number of calls to the knowledge base and database and increase the efficiency of using the knowledge of the system. Thus, FuzzyKIDE has many advantages compared to classical expert systems, in particular, a structured model of the knowledge base and the possibility of using semantic networks for optimal storage and use of knowledge.

A modification of the Agile Stage-Gate framework using fuzzy systems is proposed, which allows taking into account the features of IT projects as a whole and the features of modern iterative development cycles. A feature of the proposed scheme is the use of fuzzy logic systems when moving from the gates to the next stages. There is one significant feature in the way the gates are placed between the stages - some of the gates are not unidirectional. For example, the gate after the project search process is unidirectional, because the project search process itself is not iterative. At the same time, the gate before the Agile sprint process is two-way, because after each sprint there is a process of evaluating the results at the same gate in order to determine whether there is a need to go back to the previous stage.

The mathematical apparatus proposed in the section is aimed at solving a wide range of problems related to various aspects of the justification of strategic and operational economic decisions, which require a comprehensive analysis of the influence of factors of various nature; taking into account entropy and

incompleteness/inaccuracy of information regarding the internal and external environment of the studied processes.

The efficiency of the developed instrumental and analytical decision-making base is demonstrated in chapter 3 on the results obtained during the solution of typical tasks of IT project management in outsourcing companies: project search and formation of the composition and structure of the portfolio; monitoring of the current status of projects; strategic orientation of the IT company (professional orientation and profit maximization). A comparative analysis of available historical data and data obtained as a result of the operation of the FuzzyKIDE software shell, implemented in the outline of the modified Agile Stage-Gate framework, proved the effectiveness of the proposed approach. The comparison showed that the use of the software shell significantly increases the efficiency of the decision-making process and leads to a qualitative improvement of the absolute and relative economic indicators of the activity of the outsourcing IT company.

Further exploitation of the developed mathematical apparatus will lead to the enrichment of knowledge and data bases, which will contribute to the development of information support for the processes of supporting the adoption of sound economic decisions regarding the management of IT projects/portfolio projects.

The results of the dissertation work were implemented at the Invers B.V. enterprise. The practical value and scientific significance of the work results lies in the possibility of applying the developed methods, models and application programs to support the decision-making process, including within the framework of the outsourcing IT project management process.

The scientific results of the dissertation were used in the scientific and research activities of the Odessa National Polytechnic University (certificate No. 55/68-07 dated January 23, 2023). The results of the dissertation were implemented in the educational process of the Odesa National Polytechnic

University of the Ministry of Education and Culture of Ukraine, where they were used in the preparation of educational programs and methodological support for the disciplines "Management of informatization projects" and "Expert systems in the formation of enterprise development strategy" (reference No. 54/68-07 dated 23.01. 2023).

Keywords: outsourcing IT companies, innovative technologies, information economy, IT project, instrumental and analytical support, IT project management, justification of economic decisions, expert assessment, fuzzy logic, Stage-Gate framework, FuzzyKIDE.