

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГОЛОСКОКОВА АННА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 004.4:519.816 (043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ
МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЛАНУВАННЯ
ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Галузь знань 122 – комп'ютерні науки

Подається на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

А. О. Голоскокова

Науковий керівник
Годлевський Михайло Дмитрович,
доктор технічних наук, професор

Харків – 2018

АНОТАЦІЯ

Голоскокова А. О. Моделі та інформаційна технологія планування покращення якості процесу розробки програмного забезпечення. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології» (122–Компютерні науки). – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2018.

Об'єктом дослідження є процес розробки програмного забезпечення (ПР ПЗ).

Предметом дослідження є моделі поточного планування, динамічна модель і інформаційна технологія покращення якості ПР ПЗ, яка базується на методі ковзного планування.

Дисертацію присвячено вирішенню науково-практичної задачі – розробці моделей і інформаційної технології планування покращення процесу розробки програмного забезпечення.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зазначено зв'язок з науковими темами, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про практичне використання, апробацію результатів та їх висвітлення у публікаціях.

У першому розділі проведено аналіз процесу розробки програмного забезпечення як об'єкта дослідження і виділені проблеми, які на даний момент часу ще не вирішені і є актуальними з точки зору покращення якості розробки програмного забезпечення. Детально розглянуті мета і задачі, які стоять перед ПР ПЗ і наведені визначення різних авторів щодо програмної інженерії та самого ПР ПЗ. Відзначено, що центральним об'єктом вивчення програмної інженерії є ПР ПЗ. Основним шляхом його удосконалення є стандартизація. Розглянуто різні моделі життєвого циклу ПЗ і їх недоліки. Проведений аналіз існуючих моделей і технологій показав, що практично лічені наукові дослідження присвячені вирішенню проблеми покращення якості ПР ПЗ шляхом розробки його математичних моделей в умовах обмежених ресурсів.

Розглянуто існуючі проблеми, які є в інженерії програмного забезпечення стосовно покращення якості процесу розробки програмного забезпечення. Зазначено, що основними моделями оцінки якості ПР ПЗ є СММІ (Capability Maturity Model Integration) та SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination), які на вербальному рівні описують якість ПР ПЗ. Це не дозволяє розробити на їх основі математичні моделі підвищення рівня якості. Розроблені моделі та алгоритми в існуючих попередніх роботах не дозволяють вирішити задачу за прийнятний час.

Сформульовано постановку задачі дослідження тих проблем, які було виявлено при аналізі процесу розробки програмного забезпечення в якості об'єкта дослідження. Основними з цих проблем є підвищення адекватності розроблених моделей реальному ПР ПЗ та підвищення швидкості роботи алгоритму послідовного аналізу варіантів.

У другому розділі запропоновано формалізацію моделі СММІ на основі введення дискретних змінних, що визначають рівень можливості практик і фокусних областей моделі зрілості. З метою побудови моделі покращення якості ПР ПЗ запропоновано використовувати теорію корисності. На основі цієї теорії побудовані функції корисності (ФК), які є частинними критеріями, що визначають ступінь досягнення цільового профайла, який визначає заданий рівень можливості практик і фокусних областей моделі СММІ.

Розглянуто питання формування ФК частинних критеріїв, пов'язаних з ресурсним забезпеченням. На їх основі формуються два комплексних показника. Перший пов'язаний з фінансовими витратами на інфраструктуру і оплату праці співробітників компанії, які опановують нові знання. Другий показник визначає час, який необхідно витратити співробітникам компанії на освоєння нових рівнів можливості практик. Для побудови ФК ресурсного забезпечення вводяться булеві змінні, пов'язані з переходом на новий рівень можливості окремих практик фокусних областей.

Розглянуто формування статичних моделей для поточного планування. Далі розглядаються три постановки задачі багатокритеріальної оптимізації, які є найбільш актуальними на практиці.

Розглянуто методологію колективного експертного оцінювання: вихідного стану ПР ПЗ, який включає рівні можливості всіх практик фокусних областей; цільового профайлу ПР ПЗ; коефіцієнтів важливості практик, цілей і

фокусних областей; коефіцієнтів важливості різних типів функцій корисності моделі CMMI.

Третій розділ присвячено розробці динамічної моделі покращення якості ПР ПЗ ІТ-компанії. Цільова функція моделі формується на основі ФК статичної задачі і відображає приріст на плановому періоді інтегрованого комплексного критерію, який є згорткою ФК ступеня досягнення цільового профайлу і ресурсного забезпечення. Цільова функція моделі є адитивною. На змінні динамічної моделі накладаються обмеження. Перше пов'язано з фінансовими витратами, а друге визначає те, що рівень можливості окремої практики не може зменшуватися при переході на наступний підперіод планування.

Удосконалено алгоритм «Київський віник», який базується на методі послідовного аналізу варіантів. Його використання в попередніх дослідженнях показало необхідність прискорення його роботи, враховуючи те, що задача є NP-складною. Удосконалення алгоритму базувалося на двох складових. Перша була пов'язана з формуванням на кожному його кроці особливим чином дискретних множин з урахуванням обмежень на ресурси, що призвело до зменшення розмірності задачі, а значить, часу на повний перебір варіантів вирішення задачі. Друга складова технології підвищення швидкості роботи алгоритму пов'язана з тим, на кожному його кроці вирішуються оптимізаційні задачі булевого програмування замість повного перебору варіантів. Це дозволило на порядок збільшити швидкість роботи алгоритму і вирішувати задачу на реальній інформації у прийнятний час.

Розроблено технологію вирішення задачі покращення якості ПР ПЗ, яка базується на кожному плануванні. Технологію представлено у вигляді послідовності виконання окремих бізнес-процесів з використанням стандарту IDEF0 на базі програмного продукту CA ERWin Process Modeler. Представлена технологія є основою для розробки інформаційної технології системи підтримки прийняття рішень.

В четвертому розділі представлено основні етапи розробки інформаційної технології покращення якості ПР ПЗ на основі кожного планування. Згідно технології розробки ПЗ на першому етапі розробляються специфікації системних вимог: функціональні і не функціональні. На основі функціональних вимог формується діаграма варіантів використання. Наступний етап – розробка концептуальної моделі бази даних. На основі

аналізу можливих варіантів архітектури ПЗ в роботі обрана «клієнт-серверна» архітектура з виділеним сервером даних, яка представлена у вигляді діаграми розміщення компонентів програмної системи. В якості прикладів представлено декілька діаграм класів компонентів та діаграми для динамічного проектування. Обґрунтовано вибір інструментальних засобів реалізації ПЗ.

На основі вихідної інформації про поточний стан ПР ПЗ ІТ-компанії «Nix Solution» представлено результати дослідження динамічної та статичної задач ковзного планування покращення якості ПР ПЗ. Ці результати показали, що завдяки розробленій автором модифікації алгоритму «Київський віник» нема необхідності вирішувати п'ять окремих підзадач (як це було раніше). На теперішній час для її вирішення при повнорозмірній вихідній інформації потрібен час в межах однієї хвилини. Реалізація статичної моделі дозволила підвищити адекватність моделі реальному процесу і корегувати свої плани на першому підперіоді планування стосовно підвищення рівня зрілості ПР ПЗ в залежності від обсягу фінансування і вагових коефіцієнтів.

Наведено результати впровадження дисертаційного дослідження у ІТ-компаніях ТОВ «Nix Solutions» (м. Харків) та ТОВ «Telesens-IT» (м. Харків), у держбюджетних науково-дослідних роботах та навчальному процесі кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХП».

Ключові слова: інформаційна технологія, процес розробки програмного забезпечення, модель зрілості, ковзне планування, динамічна модель, статична модель, теорія корисності.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Голоскокова А. А. Улучшение качества процесса разработки программного обеспечения на основе методов последовательного анализа вариантов и локальной оптимизации / М. Д. Годлевский, Э. Е. Рубин, А. А. Голоскокова // Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 5-10.

2. Голоскокова А. А. Синтез статических моделей планирования улучшения качества процесса разработки программного обеспечения / М. Д. Годлевский, А. А. Голоскокова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. – 2015. – № 3/2 (75). – С. 23-29.

3. Голоскокова А. А. Динамическая модель планирования улучшения качества процесса разработки программного обеспечения / М. Д. Годлевский, Э. Е. Рубин, А. А. Голоскокова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 58 (1167). – С. 3-6.

4. Goloskokova A. A. Medium-term planning information technology for quality improvement of the software development process based on the CMMI model / M. D. Godlevskiy, A. A. Goloskokova, A. A. Chipizhenko // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 51 (1272). – С. 32-37.

5. Goloskokova A. A. Information technology of a static model solving for quality improvement of the software development process based on the CMMI model / M. D. Godlevskiy, A. A. Goloskokova, O. S. Bielous // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 55 (1276). – С. 26-30.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6. Голоскокова А. А. Пути повышения скорости работы алгоритма последовательного анализа вариантов применительно к математической модели зрелости CMMI / А. А. Голоскокова, М. Д. Годлевский // Тези доповідей XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – Ч. 1. – С. 7.

7. Голоскокова А. А. Подходы к усовершенствованию математической модели планирования улучшения качества процесса разработки программного обеспечения / М. Д. Годлевский, А. А. Голоскокова // Матеріали 16-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та

інформаційні технології SAIT 2014». – Київ : УНК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2014. – С. 361.

8. Голоскокова А. А. Планирование улучшения качества процесса разработки программного обеспечения на основе модели зрелости СММІ / М. Д. Годлевский, А. А. Голоскокова // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерні науки: освіта, наука, практика». – Миколаїв : НУК, 2014. – С. 48-49.

9. Голоскокова А. А. Модели скользящего планирования улучшения качества процесса разработки программного обеспечения / Э. Е. Рубин, М. Д. Годлевский, А. А. Голоскокова // Тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку ІТ-індустрії». – Харків : ХНЕУ імені Семена Кузнеця, 2016. – С. 21.

10. Голоскокова А. А. Технология планирования улучшения качества процесса разработки программного обеспечения / Э. Е. Рубин, М. Д. Годлевский, А. А. Голоскокова // Матеріали 18-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології SAIT 2016». – Київ : УНК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2016. – С. 149-150.

11. Голоскокова А. А. Информационная технология скользящего планирования улучшения качества процесса разработки программного обеспечения / А. А. Голоскокова, А. С. Белоус, А. А. Чипиженко // Тези доповідей XXVI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – Ч. 1. – С. 16.

SUMMARY

Goloskokova A. O. Models and information technology for planning the quality improvement of the software development process. – Manuscript.

Thesis for a candidate in technical science (Ph.D.), specialty 05.13.06 “Information technologies” (Computer Sciences). – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2018.

Object of research is a software development process (SWDP).

Subject of research is current planning models, a dynamic model and an information technology for the quality improvement of the SWDP, based on the rolling planning method.

The dissertation is devoted to the solution of the scientific and practical problem – development of the models and information technology for planning the quality improvement of the SWDP.

The introduction substantiated the relevance of the topic of the dissertation, specified the connection of work with scientific themes, formulated the purpose and tasks of the research, defined the object, subject and research methods, showed the scientific novelty and practical significance of the obtained results, provided information about practical use, testing of the results and their coverage in publications.

The first section delves into the analysis of the process of software development as an object of research accentuating the problems that have not been solved yet and are considered to be topical from the standpoint of improvement of software development. A detailed consideration was given to the objective and problems faced by those involved in the SWDP, providing the definitions of software engineering and SWDP given by different authors. It was accentuated that the SWDP is the key object of the studies of program engineering. And the standardization is the basic tool of its improvement. Consideration was given to different SW life cycle models and their drawbacks. The analysis of available models and technologies showed that actually a few research papers are devoted to the solution of the problem related to the SWDP quality improvement through the development of mathematical models within the conditions of limited resources.

Consideration was also given to the problems available in the software engineering with regard to the improvement of software development process. It was noted that the basic models used for the assessment of SWDP quality are

CMMI and SPICE that describe the SWDP quality at a verbal level. As a result, these cannot be used for the development of mathematical models that would assist in the bringing of SWDE quality up to the standard. The developed models and algorithms that were described in previous research papers fail to solve the problem in a preset time.

The research problem was set for the challenges that were elucidated during the analysis of the process of software development as an object of research. The main challenges were to improve the level of adequacy of developed models to the real SWDP and increase the algorithm operation speed for the sequential analysis of variants.

The second section suggests the formalization of CMMI model based on the introduction of discrete variables that define a capability level of the practices and the focus domains of a maturity model. The utility theory was suggested for the construction of the model that would improve the SWDP quality. Based on that theory the utility functions (UF) were constructed that serve as partial criteria for the definition of the level of achievement of a desired profile that specifies a prescribed capacity level of the practices and the focus domains of CMMI model.

Consideration was given to the generation issue of the UF of partial criteria related to the resource software. Two complex indices were generated on their basis.

The first one is related to financial expenditures for the infrastructure and payment for the labor of company employees that gain new knowledge. Another index defines the time that company employees are supposed to spend to master the new capability levels of practices. To construct the UF for the resource software Boolean variables were introduced when passing to a new capability level of some practices of focus domains.

Consideration was given to the generation of static models for the current planning. The three problem statements of multicriteria optimization that are the most topical in practice have been examined.

Consideration was given to the methodology of shared expert estimate of the output state of SWDP that includes equal opportunities for all the practices of focus domains, the desired SWDP profile, the importance factors of practices, objectives and focus domains and the importance factors of different types of the utility functions used for the CMMI model.

The third section is devoted to the development of dynamic model that would improve the SWDP quality for IT companies. The objective function of the model is

generated on the basis of UF for a static problem and it reflects an increment in the function at the planning period of integrated complex criterion that is the UF resultant for the level of achievement of a desired profile and the provision of resources. The objective function of the model is additive. The restrictions are imposed on dynamic model variables. The first restriction is imposed on financial expenditures and the second restriction is imposed to define the fact that the capability level of a special practice cannot be decreased when passing to the next planning subperiod.

The algorithm “Kyivsky Vinyk” that is based on the method of sequential analysis of variants was improved. The use of it for previous investigations showed the need for speeding up its operation taking into consideration the fact that the problem is NP-compound. The algorithm improvement was based on the two components. The first was related to the generation of discrete sets in a special manner at each step of it taking into consideration the resource restrictions that resulted in a reduction of the dimension of problem and time required for the exhaustive scanning of variants. The second component of the technology used for an increase in the algorithm operation speed is related to the fact that the optimization problems of Boolean programming are solved at each step of it instead of exhaustive scanning of variants. It enabled an increase in the algorithm operation speed by one order of magnitude and allowed us to solve the problem using real information in specified time.

The technique was developed for the solution of the problem of improvement of SWDP quality that is based on the rolling planning. The technique is represented in the form of the flow of execution of some business processes using the IDEF0 standard based on the CA ERWin Process Modeler program product. The given technique serves as a basis for the development of information technology for the decision-making support system.

The forth section describes the main steps of the development of information technology for the improvement of SWDP quality based on the rolling planning. According to the software development technique, the first step deals with the development of the specifications for system requirements both functional and nonfunctional. The use case diagram is generated on the basis of functional requirements. The next step deals with the conceptual database model. Based on the analysis of possible options of software architecture we selected for our research the “client-server” architecture with the isolated data server that is given in the form of

the deployment diagram of software system components. Some diagrams of component classes and diagrams for dynamic design were given as an example. The choice of programming tools used for the software implementation has been substantiated.

Based on the output information about the current state of SWDP of IT-companies, in particular “Nix Solution”, the research data were obtained for dynamic and static problems of rolling planning used to improve the SWDP quality. These data showed that there is no need for the solution of five individual problems (as it was done in the past) due to the modification of “Kyivsky Vinyk” algorithm done by the author. Today, it takes just one minute to solve the problem provided that the full-sized output information is available. The realization of static model enabled an increase in the adequacy of the model to the real process and adjustment of own plans at the first subperiod of planning to increase the SWDP maturity level depending on the scope of financing and weight coefficients.

Thesis research data were implemented at IT companies in the city of Kharkiv, in particular “Nix Solutions” LLC and “Telesens-IT” LLC and these were used for some state-budgeted research papers including the teaching process at the Department for Program Engineering and Information Management Technologies of NTU “KhPI”.

Keywords: information technology, software development process, maturity model, rolling planning, dynamic model, static model, utility theory.

LIST OF APPLICANT PUBLICATIONS

Scientific papers, in which the main results of the dissertation are published:

1. Goloskokova A. A. Uluchshenie kachestva protsessa razrabotki programmnoho obespecheniya na osnove metodov posledovatel'nogo analiza variantov i lokal'noy optimizatsii / M. D. Godlevskyi, E. E. Rubin, A. A. Goloskokova // Visnyk Nacional'nogo tehničnogo universytetu «KhPI». Serija: Systemnyj analiz, upravlinnja ta informacijni tehnologii'. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2014. – № 55 (1097). – S. 5-10.

2. Goloskokova A. A. Sintez staticheskich modeley planirovaniya uluchsheniya kachestva protsessa razrabotki programmnoho obespecheniya / M. D. Godlevskyi, A. A. Goloskokova // Skhidno–Yvropeys'kyy zhurnal peredovykh tehnologiy. – Kharkiv. – 2015. – № 3/2 (75). – S. 23-29.

3. Goloskokova A. A. Dinamicheskaya model' planirovaniya uluchsheniya kachestva protsessa razrabotki programmnoho obespecheniya / M. D. Godlevskiy, E. E. Rubin, A. A. Goloskokova // Visnyk Nacional'nogo tehničnogo universytetu «KhPI». Serija: Systemnyj analiz, upravlinnja ta informacijni tehnologii'. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 58 (1167). – С. 3-6.

4. Goloskokova A. A. Medium-term planning information technology for quality improvement of the software development process based on the CMMI model / M. D. Godlevskiy, A. A. Goloskokova, A. A. Chipizhenko // Visnyk Nacional'nogo tehničnogo universytetu «KhPI». Serija: Systemnyj analiz, upravlinnja ta informacijni tehnologii'. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2017. – № 51 (1272). – С. 32-37.

5. Goloskokova A. A. Information technology of a static model solving for quality improvement of the software development process based on the CMMI model / M. D. Godlevskiy, A. A. Goloskokova, O. S. Bielous // Visnyk Nacional'nogo tehničnogo universytetu «KhPI». Serija: Systemnyj analiz, upravlinnja ta informacijni tehnologii'. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2017. – № 55 (1276). – С. 26-30.

Published works of approbatory character:

6. Goloskokova A. A. Puti povysheniya skorosti raboty algoritma posledovatel'nogo analiza variantov primenitel'no k matematicheskoy modeli zrelosti CMMI / A. A. Goloskokova, M. D. Godlevskiy // Tezy dopovidej XXII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferenciyi «Informacijni tehnologiyi: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ya». – Ch. 1. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2014. – S. 7.

7. Goloskokova A. A. Podkhody k usovershenstvovaniyu matematicheskoy modeli planirovaniya uluchsheniya kachestva protsessa razrabotki programmnoho obespecheniya / M. D. Godlevskiy, A. A. Goloskokova // Materialy 16-yi Mizhnarodnoyi naukovo-tehničnoyi konferenciyi «Systemnyj analiz ta informacijni tehnologiyi SAIT 2014». – Kyiv : UNK «IPSA» NTUU «KPI», 2014. – S. 361.

8. Goloskokova A. A. Planirovanie uluchsheniya kachestva protsessa razrabotki programmogo obespecheniya na osnove modeli zrelosti CMMI / M. D. Godlevskiy, A. O. Goloskokova // Materialy Mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferenciyi «Komp'yuterni nauky: osvita, nauka, praktyka». – Mykolayiv : NUK, 2014. – S. 48-49.

9. Goloskokova A. A. Modeli skol'zyashchego planirovaniya uluchsheniya kachestva protsessa razrabotki programmogo obespecheniya / E. E. Rubin, M. D. Godlevskiy, A. A. Goloskokova // Tezy dopovidej VIII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferenciyi «Problemy ta perspektyvy rozvytku IT-industriyi». – Kharkiv : KhNEU imeni Semena Kuznecya, 2016. – S. 21.

10. Goloskokova A. A. Tekhnologiya planirovaniya uluchsheniya kachestva protsessa razrabotki programmogo obespecheniya / E. E. Rubin, M. D. Godlevskiy, A. A. Goloskokova // Materialy 18-yi Mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferenciyi «Systemnyj analiz ta informacijni tehnologiyi SAIT 2016». – Kyiv : UNK «IPSA» NTUU «KPI», 2016. – S. 149-150.

11. Goloskokova A. A. Informatsionnaya tekhnologiya skol'zyashchego planirovaniya uluchsheniya kachestva protsessa razrabotki programmogo obespecheniya / A. A. Goloskokova, A. S. Belous, A. A. Chipizhenko // Tezy dopovidej XXVI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferenciyi «Informacijni tehnologiyi: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ya». – Ch. 1. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2018. – S. 16.

ЗМІСТ

Перелік позначень та скорочень	4
Вступ.....	5
1 Аналіз процесу розробки програмного забезпечення в якості об'єкта дослідження. Постановка задачі	11
1.1 Процес розробки програмного забезпечення та його провідна роль у програмній інженерії	11
1.2 Існуючі моделі і технології оцінки та покращення якості процесу розробки програмного забезпечення.....	23
1.3 Проблеми покращення якості процесу розробки програмного забезпечення	34
1.4 Постановка задачі дослідження.....	38
1.5 Висновки до розділу 1	41
2 Статичні моделі покращення якості процесу розробки програмного забезпечення при поточному плануванні	44
2.1. Синтез і аналіз функцій корисності частинних критеріїв ступеня досягнення цільового профайла.....	44
2.2. Синтез і аналіз функцій корисності частинних критеріїв, пов'язаних з ресурсним забезпеченням.....	51
2.3. Моделі і алгоритми поточного планування (статична постановка задачі).....	56
2.4 Застосування методології колективного експертного оцінювання при формуванні моделей покращення якості процесу розробки програмного забезпечення	65
2.5 Висновки до розділу 2	71
3 Динамічна модель, алгоритм та технологія планування покращення якості процесу розробки програмного забезпечення	73
3.1. Модель середньострокового планування (динамічна постановка задачі)	73

3.2 Алгоритми планування покращення якості процесу розробки програмного забезпечення при динамічній постановці задачі.....	78
3.3 Технологія покращення якості процесу розробки програмного забезпечення на основі ковзного планування	87
3.4 Висновки до розділу 3	92
4 Інформаційна технологія системи підтримки прийняття рішень. Аналіз результатів дослідження	94
4.1 Основні етапи розробки інформаційної технології покращення якості процесу розробки програмного забезпечення на основі ковзного планування.....	94
4.1.1 Розробка специфікації системних вимог	94
4.1.2 Розробка концептуальної моделі бази даних	97
4.1.3 Вибір цільової системної архітектури	99
4.1.4 Компоненти діаграми розміщення	103
4.1.5 Діаграми для динамічного проектування	109
4.1.6 Обґрунтування вибору інструментальних засобів реалізації програмного забезпечення	110
4.2 Вихідна інформація про поточний стан процесу розробки програмного забезпечення ІТ-компанії	112
4.3 Аналіз результатів дослідження	114
4.4 Висновки до розділу 4	117
Висновки	118
Список джерел інформації	120
Додатки.....	134
Додаток А Документи, які підтверджують використання результатів дисертаційної роботи	134
Додаток Б Список публікацій здобувача	138
Додаток В Оцінка рівнів можливостей практик	141