

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,
СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

БД	База даних
ЗВ	Зручність використання
ЖЦ	Життєвий цикл
ІС	Інформаційні системи
ПС	Програмні системи
ПП	Програмний продукт
ACID	Atomicity Consistency Isolation Durability
CASE	Computer Aided Software Engineering
HCD	Human-Centered Design
ER	Entity Relations
QFD	Quality Function Deployment
UML	Unified Modeling Language
UMM	Usability Maturity Model
XML	Extended Markup Language

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: “ Дослідження методів і засобів забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу ” // Дипломна робота // Кнюх Андрій Миколайович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп’ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, група СІм-61 // Тернопіль, 2015 // с. – 131 , рис. – 31 , табл. –8, аркушів А1 – 8 , додат. – 3 , бібліогр. – 47 .

Ключові слова: ЯКІСТЬ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ЗРУЧНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ, СУПРОВІД .

Основними задачами дипломної роботи є дослідження сучасного стану методів і засобів забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу, виявлення недоліків у підходах до забезпечення якості програмних систем, обґрунтування моделі розрахунку оптимального часу тестування модулів, розробка методу управління зручністю використання програмних систем на етапі супроводу і засобу його підтримки, які в комплексі дали б змогу підвищити ефективність забезпечення якості програмного продукту.

У першому розділі дипломної роботи проведено аналіз сучасного стану щодо способів забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу, встановлено, що зручність використання є ключовою характеристикою якості на цьому етапі, досліджено існуючі підходи щодо оцінювання та управління якістю та сформульовано актуальність задач дослідження.

У другому розділі дипломної роботи розроблено метод забезпечення якості програмних систем при їх супроводі, в основі якого лежить управління зручністю використання на основі відгуків користувачів, обґрунтовано та формалізовано модель оцінювання якості програмних систем, визначено атрибути та метрики для опису характеристик якості на етапі супроводу програмного продукту.

У третьому розділі розроблено архітектуру та реалізовано web-орієнтований програмний комплекс підтримки методу забезпечення якості

програмних систем на етапі їх супроводу із застосування технологій Oracle і JSP .

У четвертому розділі проведено розрахунки економічної доцільності проведення науково-дослідної роботи і визначено техніко-економічні показники щодо необхідності проведення таких робіт.

У дипломній роботі також розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, екології.

ABSTRACT

The theme of the thesis: " Research of methods and tools for quality assurance of software during their maintenance " // Master thesis// Knyuh Andriy Mykolayovych// // Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and software engineering, group CIm -61 // Ternopil, 2015 // p. - 131, fig. - 31 Table. -8 Sheets A1 - 8, Add. - 3, Ref. - 47.

KEY WORDS: QUALITY, SOFTWARE, USABILITY, SUPPORT.

The main objectives of the thesis is to study the current state of methods and means to ensure the quality of software systems during their maintenance, identify gaps in approaches to zabezpechchennya quality software systems justification model for calculating the optimal time testing modules to develop a method of management usability of software systems at the stage support and means its support, which together would allow to increase the effectiveness of quality assurance software.

In the first chapter of the thesis analyzes the current state on how to ensure the quality of software systems during their maintenance found that usability is a key characteristic of quality at this stage, investigated existing approaches for assessing and managing the quality and relevance of research tasks are formulated.

In the second chapter of the thesis a method for quality assurance of software systems for their support, which is based on management usability based on user feedback, grounded and formalized model of evaluation of quality software systems defined attributes and metrics to describe quality characteristics at the stage tracking software.

The third section architecture designed and implemented web-oriented software system support method of quality assurance of software systems during their use of technology to support Oracle and JSP.

The fourth section calculations conducted feasibility conduct research and determine technical and economic parameters regarding the need for such work.

In the thesis work also deals with issues of safety and security in emergency situations, ecology.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ.....	14
1.1. Поняття зручності використання програмних систем	14
1.2. Підходи до оцінювання зручності у використанні.....	19
1.2.1. Оцінювання на основі відгуків користувачів.....	21
1.2.2. Експерти як джерело оцінки зручності використання.....	23
1.2.3. Оцінювання на основі моделей	25
1.2.4. Автоматизація задач оцінювання зручності використання програмного продукту	30
1.3. Управління зручністю використання програмних продуктів	32
1.4. Висновки до розділу	39
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ЕТАПІ ЇХ СУПРОВОДУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ	40
2.1. Метод забезпечення якості програмних систем при їх супроводі.....	40
2.2. Моделі оцінювання та забезпечення якості програмних систем.....	45
2.2.1. Регресійний аналіз	56
2.3. Кількісний та якісний аналіз узгодженості експертів.....	62
2.4. Вибір методів Data Mining для аналізу структури ранжувань.....	65
2.5. Визначення ваги метрик, показників та атрибутів ЗВ	69
РОЗДІЛ 3 ЗАСІБ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ СУПРОВОДУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	73

3.1. Розробка функціональних вимог та архітектури програмної системи підтримки процесу управління зручністю використання програмних продуктів в процесі їх створення та супроводу	73
3.2. Характеристика компонентів архітектури програмної системи супроводу програмного забезпечення	77
3.2.1. Web-сервер JSP.....	77
3.2.2. Реалізація схеми бази даних	79
3.2.3. Компонент «Аналізатор»	80
3.2.4. Збір даних та підсистема завантаження і первинного аналізу даних опитування	84
3.2.5. Підсистема оцінки ЗВ та узгодженості відповідей користувачів/експертів	87
3.2.6. Підсистема визначення залежності між показниками ЗВ.....	89
3.2.7. Підсистема розрахунку варіантів забезпечення ЗВ.....	91
3.3. Висновки до розділу	92
РОЗДІЛ 4 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	93
4.1. Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи	93
4.2. Розрахунок витрат на проведення НДР	94
4.3. Розрахунок ціни НДР та економічної ефективності від використання засобу підтримки процесу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу	101
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	105
5.1. Охорона праці.....	105
5.2. Організація протипожежного захисту та проведення протипожежної профілактики на промисловому підприємстві.....	107

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ.....	113
6.1. Вимоги до моніторів (ВДТ) та ПЕОМ	113
6.2. Робота з банками екологічної інформації.....	115
ВИСНОВКИ.....	118
Додаток А Тексти наукових публікацій	119
Додаток Б Оцінка web-браузеру Chromium 12 користувачами.....	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	128

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні технології розробки програмного забезпечення дають змогу доволі швидко реалізувати функціонально-складні програмні комплекси практично для будь-якої галузі, починаючи від простих систем опрацювання даних, закінчуючи військово-промисловими комплексами реального часу. Однак, забезпечуючи високу функціональну повноту та продуктивність систем, розробники мало уваги приділяють таким характеристикам якості як зручність у використанні, ефективність, мобільність, супроводжуваність та ряд інших. Враховуючи той факт, що технології програмування розвиваються досить стрімко, підтримувати (супроводжувати) програмні комплекси стає дедалі складніше, оскільки вони починають морально застарівати і в деякий момент часу необхідно приймати рішення щодо їх «утилізації». Тому досить актуальною є задача забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу та розробка методів управління зручністю використання програмних продуктів. Характеристика якості «зручність використання» є ключовою при супроводі програмного забезпечення, оскільки з однієї сторони – це міра задоволеності кінцевого користувача, а з іншої – репутація розробника ПЗ.

Дослідженням якості програмних систем займаються такі вітчизняні учені як П. Андон, К. Лавріщева, Г.Коваль, Т. Коротун, О. Харченко, М. Сидоров, В. Суслов, І. Туркін та ряд інших. Серед закордонних учених, які зробили вагомий вклад у розвиток інженерії якості, необхідно відмітити N. Bevan, B. Boehm, A. Cooper, Sh. Laskowski, J. McCall, J. Nielsen, A. Holzinger, J. Scholtz.

Недосконалість або відсутність в інструкціях зі створення програмних продуктів методів забезпечення зручності використання, особливо для ітераційних моделей життєвого циклу, ускладнює ефективну інтеграцію процесів управління якістю програмних продуктів. Як правило, це заважає на ранніх етапах створення ПЗ діагностувати проблеми зручності використання,

а тому збільшує витрати на їх вирішення у майбутньому. Тому актуальною є задача розробки методу та засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу.

Метою роботи є забезпечення якості (зручності використання) програмних продуктів на етапі їх супроводу з врахуванням рекомендацій міжнародних стандартів та оптимізація процесу управління зручністю використання. Для досягнення зазначеної мети, у магістерській роботі сформульовано наступні **задачі**:

- аналіз існуючих методів забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу;
- розробка методу забезпечення якості (зручності використання) програмних продуктів на етапі їх супроводу;
- розробка архітектури та прототипу програмної системи (ПС) управління якістю програмних систем, яка реалізує запропонований метод;
- апробація запропонованих методу, моделей та програмного засобу.

Об'єкт дослідження – процеси забезпечення якості програмних систем та управління зручністю використання програмних продуктів.

Предмет дослідження – моделі, методи і засоби забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу.

Методи дослідження. Для виконання задач дипломної роботи магістра використано наступні методи:

- аналіз та синтез – при дослідженні підходів до забезпечення якості програмних систем;
- формалізація та моделювання, багатокритеріальна оптимізація – при дослідженні та побудові математичних моделей управління зручністю використання;
- об'єктно-орієнтований аналіз і програмування – при проектуванні та конструюванні програмного засобу забезпечення якості програмних систем

на етапі їх супроводу;

- анкетування та експертне оцінювання – при вирішенні задачі застосування запропонованого в роботі методу і засобу.

Наукова новизна одержаних результатів:

- уперше розроблено метод забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу, на основі процесного підходу до управління якістю із застосуванням апарату теорії прийняття рішень, що дає змогу розв’язувати задачі планування, контролю, забезпечення й управління змінами зручності використання;

- уперше обґрунтовано модель забезпечення зручності використання, яку отримано з моделі оцінювання шляхом введення цільової функції для трудомісткості та обмежень при використанні методу головного критерію, що дає змогу виконувати дії з досягнення заданого рівня якості в результаті розв’язку оптимізаційної задачі.

- спроектовано архітектуру програмного засобу, який дає змогу автоматизувати запропонований метод та моделі в процесі забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення, одержаних у дипломній роботі магістра, результатів полягають у розробці архітектури програмного засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу та сприяє підвищенню ефективності управління проектами за критеріями зручності використання.

Публікації. Результати дослідження апробовано на VIII Всеукраїнській студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" (23-24 квітня 2015 р.) та IV Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (25-26 листопада 2015 року) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя у вигляді тез конференцій.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

1.1. Поняття зручності використання програмних систем

Дослідження якості програмних систем науковцями і практиками дає поштовхи до формалізації та уніфікації тлумачень у цій галузі, однак багато аспектів все ж залишаються незгодженими [1]. Тому при дослідженні якості на етапі супроводу програмних систем будемо опиратись на термінологію, визначену у стандартах ISO 9241-11 [2] та ISO/IEC 25010:2011 (оновлений ISO/IEC 9126-1:2001) [3]. Ключовою характеристикою якості на цьому етапі є зручність використання:

Зручність використання (usability) – ступінь, в якому програмний продукт може бути використаний певними користувачами для досягнення визначених цілей з ефективністю, економічністю та задоволеністю у певному контексті використання.

У ISO/IEC 25010:2011 [3] зручність використання розглядається у двох моделях: безпосередньо – у моделі якості програмного продукту (product quality model); опосередковано – у моделі якості у використанні (quality in use model).

Модель якості програмної системи формують вісім характеристик: функціональна придатність (functional suitability), продуктивність (performance efficiency), сумісність (compatibility), зручність використання (usability), надійність (reliability), безпека (security), супроводжуваність (maintainability) і переносимість (portability). Вона пов'язана з властивостями програмного продукту, які можуть бути кількісно виражені під час створення, а також використання ПП на операційній системі та апаратному забезпеченні.

При визначенні підхарактеристик (subcharacteristics) зручності використання у ISO/IEC 25010:2011 [3] вживається словосполучення «продукт

або система». При цьому зазначається, що система може розглядатися як продукт або сервіси, які він надає. Тому вище і надалі в означеннях використовується лише термін «продукт», під яким розуміється програмний продукт як сукупність комп'ютерних програм, процедур і, можливо, відповідної документації та даних.

Зручність використання, згідно моделі якості програмних продуктів, має шість підхарактеристик:

- розпізнавання сумісності (*appropriateness recognisability*) – ступінь відповідності продукту потребам користувачів;
- можливість навчання (*learnability*) – ступінь, у якому продукт може бути використано визначеними користувачами для досягнення визначених цілей в навчанні використовувати продукт з ефективністю, економічністю, свободою від ризику та задоволеністю у визначеному контексті використання;
- операбельність (*operability*) – ступінь, у якому продукт має властивості, що дозволяють легко оперувати ним та здійснювати контроль;
- захист від помилок користувача (*user error protection*) – ступінь, у якому продукт захищає користувача від помилок;
- естетика користувацького інтерфейсу (*user interface aesthetics*) – ступінь, у якому користувацький інтерфейс надає приємну та задовільну взаємодію для користувача;
- доступність (*accessibility*) – ступінь, у якому продукт може бути використаний людьми з різноманітними здібностями та можливостями для досягнення визначеної мети у визначеному контексті використання.

Модель якості у використанні представлена п'ятьма характеристиками, а саме: ефективність (*effectiveness*), економічність (*efficiency*), задоволеність (*satisfaction*), свобода від ризику (*freedom from risk*) та межі контексту (*context coverage*). Якість у використанні пов'язана з результатами впливу ПП на користувачів. Такий вплив визначається якістю програмного продукту, апаратного забезпечення, особливостями самих користувачів, виконуваних ними завдань та соціального середовища. У вказаній моделі зручність

використання не представлена прямо, але опосередковано через цілі виходить на характеристики ефективності, економічності та задоволеності, означення яких відповідають ISO 9241-11:

- ефективність – точність і повнота, з якими користувач досягає визначених цілей;
- економічність – витрачені ресурси відносно точності та повноти, з якими користувач досяг цілей;
- задоволеність – ступінь задоволеності користувацьких потреб при використанні ПП у визначеному контексті.

Особливістю є те, що «задоволеність» має наступні підхарактеристики:

- корисність (usefulness) – ступінь задоволеності користувача отриманими практичними результатами, що включає результати та наслідки використання;
- довіра (trust) – ступінь довіри користувача або іншої зацікавленої сторони тому, що продукт буде поводитись як заплановано;
- приємність (pleasure) – ступінь задоволеності користувача від задоволення персональних потреб;
- комфорт (comfort) – ступінь задоволеності користувача фізичним комфортом.

Підхарактеристики зручності використання та відповідні характеристики якості у використанні у вищезгаданих моделях не суперечать одна одній, наприклад, естетика користувацького інтерфейсу пов'язана із задоволеністю, а можливість навчання – з ефективністю і т.п.

Характеристики та підхарактеристики можуть бути кількісно виражені через зовнішні міри, значення яких показують, наскільки можливості ПП забезпечуються системою, що містить даний ПП. Зовнішні міри ЗВ пов'язані з використанням ПП на операційній системі та апаратному забезпеченні, тобто з динамічними властивостями ПП. Приклади таких мір наведені в ISO/IEC TR 9126-2 [5] (буде замінено на ISO/IEC 25022).

Для кожної підхарактеристики ЗВ можливості ПП також визначаються множиною статичних внутрішніх властивостей, які можуть бути виміряні під час створення ПП. Приклади пов'язаних внутрішніх мір наведені в ISO/IEC TR 9126-3 [6] (буде замінено на ISO/IEC 25023).

Оскільки ЗВ впливає на якість у використанні, то визначають міри для властивостей, пов'язаних із використанням продукту в певному контексті та впливом ПП на користувача в рамках системи, яка включає програмне та апаратне забезпечення, завдання користувача та соціальне середовище. Приклади таких мір наведено в ISO/IEC TR 9126-4 [7] (буде замінено на ISO/IEC 25024).

Питання визначення характеристик/підхарактеристик/атрибутів ЗВ для конкретних програмних продуктів вивчається вже більше тридцяти років різними авторами. Спираючись на стандарти, вони намагаються розширити перелік та адаптувати їх до реальних проектів з метою вимірювання ЗВ. Огляд атрибутів ЗВ, які зазначалися в різних моделях та визначеннях, наведено в [1] і представлено в додатку А.

ЗВ, окрім аспектів дослідження статичних та динамічних властивостей ПП та впливу на якість у використанні, також розглядається в аспекті процесів, які застосовуються для створення зручного у використанні ПП. Зокрема, процес людино-орієнтованої розробки (human-centered design, HCD) [8], який забезпечує врахування вимог користувачів. У ISO/IEC 25010:2011 [3] термін «користувач» (user) застосовується для позначення окремої особи або групи осіб, які взаємодіють із продуктом або отримують користь від його використання. Розрізняють основних та вторинних користувачів. До перших належать люди, які взаємодіють з ПП для досягнення головних цілей; до других – ті, хто забезпечує супровід. Також вживається термін «зацікавлена сторона» (stakeholder), якою, окрім користувача, можуть бути представники організації з поглядами на ЗВ з точки зору менеджменту та вартості, розробники ПП, власники, фахівці із забезпечення якості тощо. Термінологічна база для визначення та оцінки зручності використання у

відповідності до процесу людино-орієнтованої розробки також описана в ISO/IEC 25060 [8].

ISO 9241-210 [9] містить ключові напрямки діяльності при людино-орієнтованій розробці, які мають обов'язковий характер. У стандарті описуються: методи документування контексту використання продукту та користувацьких вимог з деталізацією, достатньою для прийняття рішень зі створення інтерфейсу; рекомендації з проведення аудиту ЗВ та виправлення можливих помилок. Підкреслюються такі принципи людино-орієнтованої розробки як ітераційність оцінки ЗВ, управління і покращення процесу розробки шляхом оцінки, орієнтованої на користувачів.

У ISO TR 18529 [10] описуються дії, які необхідно виконувати протягом життєвого циклу ПП для того, щоб розробка була людино-орієнтованою. Ці дії входять у процеси, які містяться в моделі зрілості організації з точки зору використання людино-орієнтованої розробки – UMM (Usability Maturity Model). Даються рекомендації для переходу організації на більш високі рівні зрілості.

Дотримання вищенаведених принципів та виконання відповідних дій, передбачених при людино-орієнтованій розробці, сприяє досягненню ЗВ та аналізу майбутньої поведінки ПП при використанні, а також підвищенню конкурентоспроможності програмних продуктів.

Залежності між аспектами ЗВ показано на рис. 1.1.

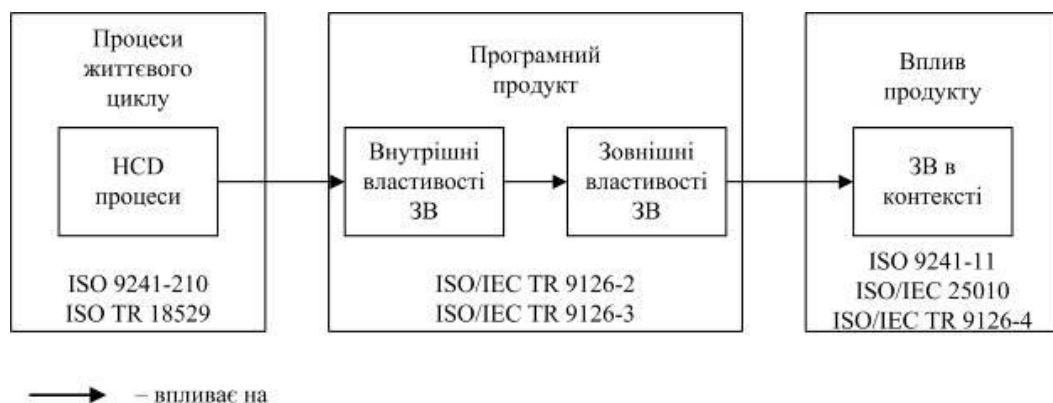


Рис. 1.1 Зручність використання у міжнародних стандартах

Існує ряд вітчизняних державних стандартів, які узгоджені з [11], з яких базовим є ДСТУ 2850-94 [12]. Основні поняття про якість програмного забезпечення та її складові характеристики також зафіксовані у ДСТУ 2844-94 [13], який визначає ЗВ як «групу властивостей ПЗ, яка зумовлює забезпечення певному колу користувачів необхідних умов для використання ПЗ»

1.2. Підходи до оцінювання зручності у використанні

Вимірювання та оцінювання якості програмних продуктів відіграють важливу роль в процесі досягнення зручності використання. ЗВ зображається як сукупність пов'язаних підхарактеристик (subcharacteristics). Вони утворюють базис для специфікації вимог до зручності використання та її оцінювання. Підхарактеристикам відповідають набори властивостей (properties) ПЗ, яким задають у відповідність міри (measures) [3]. Значення мір отримують у результаті застосування функції вимірювання (measurement function) до елементів мір (measure elements) (рис. 1.2).

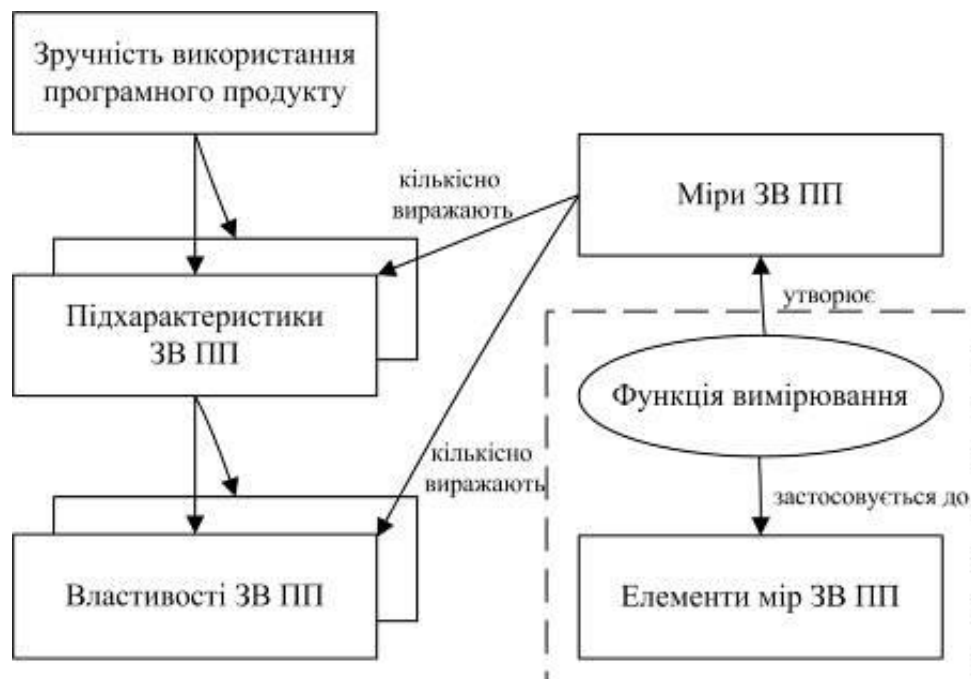


Рис. 1.2 Модель вимірювання ЗВ

Вимірювання – це сукупність операцій, метою виконання яких є знаходження значення міри [14]. Функція вимірювання – це алгоритм, що використовується для комбінації елементів мір. Елемент міри – це поєднання конкретного методу вимірювання та шкали вимірювання (засобу, використовуваного для структурування отримуваних значень); змінна, якій надається значення в результаті вимірювання. Метод вимірювання – це логічна послідовність операцій, що використовується для отримання значення властивостей згідно обраної шкали. Назви мір зазвичай однойменні назвам елементів мір.

Для обробки даних, отриманих в результаті вимірювань, використовують різноманітні методи оцінювання. У ISO/IEC 25040 [14] зазначається, що оцінка – це систематичне визначення ступеня відповідності сутності визначеним критеріям. Дано наступне означення:

Оцінювання зручності використання – процес визначення реального стану програмного продукту відносно бажаного стану з точки зору можливості використання певними користувачами для досягнення визначених цілей з продуктивністю, ефективністю та задоволеністю у певному контексті використання; а також результат такого процесу у числовій формі.

Під станом ПП розуміємо множину кількісно виражених властивостей, які визначають поведінку ПП.

Область оцінювання зручності використання узагальнюється як сукупність усіх форм методів, які можуть допомогти в розумінні шляхів підвищення зручності роботи з ПП, проблем з використанням у всіх контекстах або навіть строків використання.

Історія розвитку підходів до оцінювання зручності використання [15] нараховує близько сорока років та зображена у вигляді графіку на рис.1.3.

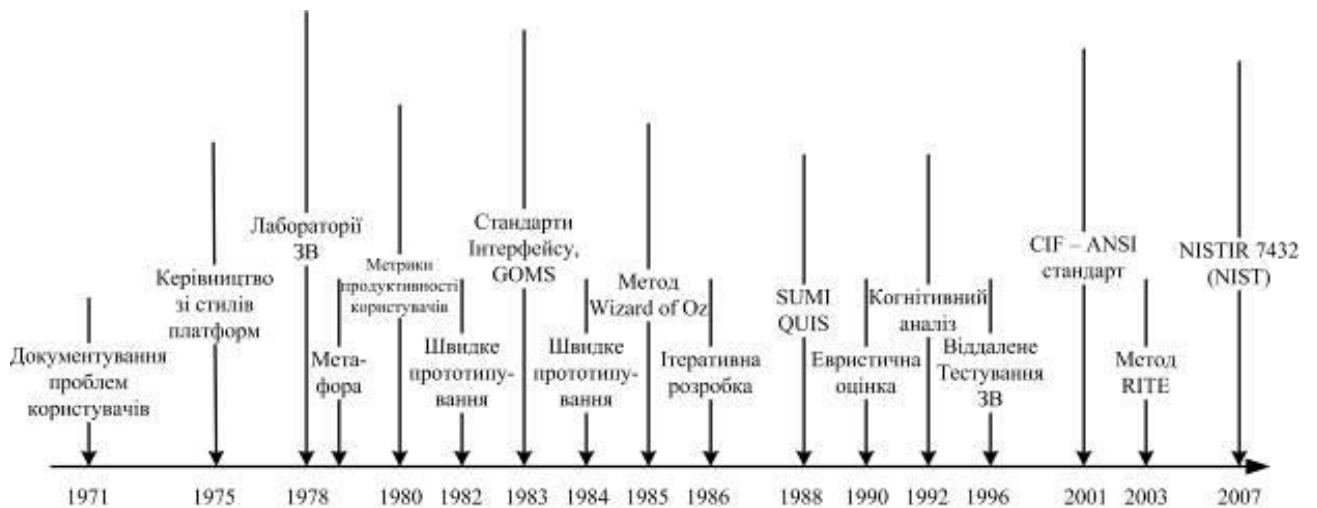


Рис. 1.3 Розвиток підходів до оцінки ЗВ

Залежно від джерела вхідних даних про зручність використання методи оцінювання поділяються на три групи (рис. 1.4): оцінювання на основі відгуків користувачів, експертне оцінювання та оцінювання на основі моделей [15]. Всі три методи пов'язані з діяльністю під час розробки та супроводу ПП та виконуються інженерами або фахівцями зі зручності використання.

1.2.1. Оцінювання на основі відгуків користувачів

Найстарішим джерелом оцінювання зручності використання є відгуки користувачів. Вона здійснюється шляхом визначення типових користувачів, завдань та створення процедур для висвітлення проблем, які можуть виникати під час використання певного програмного ПП при виконанні тих чи інших завдань. Протягом етапів проектування/тестування/розробки програмного забезпечення проводиться два види оцінювання: формуюча та підсумкова оцінки. Формуюча оцінка використовується для аналізу отриманої від користувачів інформації і подальшого її використання в проектуванні. Результати підсумкової оцінки використовуються для визначення ефективності, раціональності та рівня задоволеності користувача програмним

продуктом. Проведення обох видів оцінювання є важливим для забезпечення людино-орієнтованої розробки [8, 16-18].



Рис. 1.4 Класифікація методів оцінювання зручності використання залежно від джерела вхідних даних

Формуюча оцінка направлена на отримання перших відгуків користувачів щодо ранніх концептів ПП та пов'язана здебільшого з користувацьким інтерфейсом. Основне джерело даних формуючої оцінки – словесні дані, отримані від користувачів. Для ранньої оцінки можуть використовуватися паперові прототипи або проекти початкових екранних форм. Пізня оцінка може здійснюватися на окремих прототипах або прототипах окремих компонентів інтерфейсу користувача. Якщо можливо, то використовується і спеціальне програмне забезпечення для реєстрації та відслідковування взаємодії з ПП. Опитування належить до одного з найкращих джерел отримання інформації для формуючої оцінки. Часто його використовують для визначення причин, які призводять до плутанини в інтерфейсі.

Підсумкова оцінка. Для неї характерна більша формалізація, ніж при формуючій оцінці. Проводиться для отримання числових значень під-характеристик ЗВ. Рекомендована кількість користувачів, які залучаються до

оцінки, становить 5-7 осіб на один клас функціональних користувачів. Основою для ефективної підсумкової оцінки є детально продуманий етап тестування: хто та за яких умов буде використовувати даний ПП. Завдання, які даються під час оцінки, як правило, спрямованні на випробування основних функціональних можливостей ПП, але можуть використовуватися і завдання для тестування нових або вдосконалених функцій. Вказівки та матеріали, які видаються користувачам, попередньо мають бути випробувані на пілотній версії оцінки. Це необхідно для того, щоб пересвідчитися, що матеріал викладено чітко та зрозуміло. Бажаний рівень ЗВ має визначатися на етапі проектування, а результати підсумкової оцінки порівнюються з ним.

Переваги та недоліки оцінки ЗВ на основі відгуків користувачів. Головна перевага такої оцінки – залучення користувачів до самого процесу, оскільки результат оцінки базується на підставі даних про вади, які призводять до проблем під час взаємодії типових користувачів з ПП. Таке залучення сприяє вирішенню протиріч представлень розробників та користувачів про властивості зручного у використанні ПП. Особливо ефективним є виконання підсумкової оцінки в процесі створення ПП, оскільки вона є основою для управління ЗВ. Недоліки полягають в тому, що залучення користувачів витратна справа, як за коштами, так і за часом. Виникають труднощі з пошуком типових користувачів, які мають представляти окрему групу використання ПП. Проведення оцінки вимагає спеціального лабораторно-технічного обладнання та роботи експертів-аналітиків. Одним із складних є питання вибору завдань, що максимально відображають задачі, з якими зустрічається користувач повсякденно.

1.2.2. Експерти як джерело оцінки зручності використання

Методи експертного оцінювання почали використовуватися з 90-х років. Найбільш використовувані: огляд стандартів та керівництв з використання, когнітивний аналіз та евристичне оцінювання.

Деякі організації, окрім загальновизнаних стандартів в галузі якості ПЗ та забезпечення ЗВ, використовують власні керівництва зі зручності використання. Вони розробляються шляхом аналізу експертами великої кількості результатів досліджень, які часом протирічать один одному. Написання рекомендацій щодо створення ПП залежить, зокрема, від цільового призначення, типу функціональних користувачів та середовища, в якому даний ПП буде використовуватися. Керівництва з використання в основному орієнтовані на статичний вигляд інтерфейсу користувача. Аспекти дизайну оцінюються відособлено один від одного та безвідносно до контексту використання під час виконання завдання в реальному середовищі. З метою вирішення цієї проблеми було розроблено метод когнітивного аналізу. Для проведення такого аналізу необхідно мати детальний опис інтерфейсу користувача, завдання, дані щодо демографічного стану функціональних користувачів, дані щодо контексту використання ПП, дані щодо успішної послідовності дій, які мають виконуватися. Спочатку виконується аналіз ПП, потім, згідно з визначеними для завдання діями, оцінюється, наскільки користувач буде здатний вибрати потрібну дію, зможе визначити, що вибрана дія вірна і чи буде помітно прогрес у вирішенні завдання. Аналіз ЗВ ґрунтується на інформації про те, що має знати користувач перед виконанням завдання та що він має засвоїти під час його виконання.

Евристична оцінка. Найбільш вживана як метод інспекції та вимагає невеликої кількості оцінювачів, які роблять висновки щодо ЗВ. У табл. 1.1 подано приклади евристик, які використовуються при оцінюванні. Кожний експерт оцінює ЗВ незалежно один від одного, після чого збирають усі напрацювання. Рекомендована кількість оцінювачів для великих ПП становить 5 осіб і не менше 3-х для інших.

Приклади евристик

№ з/п	Назва евристики
1.	Можливість дізнаватися статус системи (програмного продукту)
2.	Рівень відповідності системи (програмного продукту) вимогам реального світу
3.	Самостійність, тобто наскільки самостійно користувач може керувати системою (програмним продуктом)
4.	Узгодженість
5.	Здатність передбачати виникнення помилок
6.	Гнучкість та ефективність використання
7.	Естетичність та оформлення
8.	Можливість допомоги користувачам в розпізнаванні та діагностуванні помилок
9.	Наявність документації та довідкової інформації

Евристичне оцінювання менш витратне порівняно з оцінюванням на основі відгуків користувачів. Когнітивний аналіз ПП може проводитися з використанням лише текстового опису інтерфейсу користувача і тому може здійснюватися ще на початкових етапах розробки ПП. Проте згадані методи оцінки ЗВ не містять дії щодо вирішення проблем. Більше того, слід перевіряти експертні оцінки на узгодженість, оскільки досліджувані питання різняться між собою та мають різні рівні складності. Евристична оцінка ефективніша при виявленні можливих проблем, ніж огляд стандартів та когнітивний аналіз. За допомогою згаданих методів оцінки ЗВ можна виявити до 50% помилок.

1.2.3. Оцінювання на основі моделей

Даний вид оцінювання ЗВ ґрунтується, як правило, на використанні програмних засобів, які реалізують розроблені моделі. Слід зазначити, що

більшість з них дозволяють оцінити лише окремі властивості ЗВ. Серед відомих засобів виділяють наступні.

Програмні інструменти на основі моделей GOMS (Goals, Operators, Methods, Selection rules) [19]. Модель GOMS складається з цілей, операторів, методів і правил вибору. Розробник інтерфейсу має провести аналіз завдань, які буде виконувати користувач, та вказати, використовуючи набір операторів та правил вибору, доступних в моделі, яким чином цілі будуть досягнуті при використанні розроблюваного ПП. Модель застосовується для кількісної оцінки ефективності процедурного аспекту ЗВ. Існує декілька різновидів даної моделі. Перший та найпростіший описано Кардом, Мораном та Ньювелом [20]. Він розроблений для оцінки кількості часу, необхідної середньому користувачу на вирішення конкретної задачі, шляхом знаходження суми часу, який витрачається на виконання кожної окремої елементарної дії, пов'язаної із задачею. Найбільш складний різновид моделі CPM-GOMS [21]. Відповідний програмний інструмент дає можливість побачити на діаграмі залежності між перцепційними, когнітивними та рухальними процесами, а критичний шлях вказує на час виконання завдання.

Executive-Process/Interactive Control (EPIC) [22]. Реалізує модель, подібну до GOMS. За допомогою ефекторів, сенсорів та процесорів (когнітивного, перцепційного та рухального) програмна система імітує сприйняття інформації, швидкість її обробки та виконання операцій, які б мав виконати користувач для досягнення певних цілей, подібно до того як це здійснюється мозком людини. Ефективна для оцінки інтерфейсів, користувачі яких працюють з декількома завданнями одночасно. Застосування EPIC системи потребує написання правил щодо використання інтерфейсу і створення середовища для імітації поведінки користувача.

Quality in Use Integrated Measurement Editor (QUIM Editor) [23]. Реалізує модель QUIM, яка містить 10 підхарактеристик ЗВ, яким поставлено у відповідність 26 властивостей і 128 мір. Модель враховує наступні підхарактеристики ЗВ: економічність, ефективність, продуктивність,

задоволеність, можливість навчання, безпека, довіра, доступність, універсальність і корисність. Відповідний інструмент розроблений для практиків, які не обов'язково мають бути експертами зі ЗВ. Редактор підтримує перегляд та вивчення відношень між множинами підхарактеристик, властивостей, мір та даних; містить інформацію про збір даних, необхідних для обчислення мір; надає можливість створення та збереження репозиторію планів з вимірювання ЗВ для різних комбінацій під характеристик, властивостей та мір; містить декілька майстрів для допомоги розробникам або тестувальникам при вимірюванні ефективності систем з особливими вимогами до безпеки або доступності Web-застосувань.

Diagnostic Recorder for Usability Measurement (DRUM) [24]. Представляє собою програмний інструмент для аналізу оцінок, отриманих від користувачів, і представлення цих даних відповідній стороні, наприклад, інженеру зі зручності використання. Цей інструмент використовується для обчислення мір ЗВ, пов'язаних з динамічними властивостями ПП, в тому числі:

- час завдання або загальний час, необхідний для виконання кожного завдання;
- час пошуку, тобто час, який користувачі витрачають, вирішуючи проблеми пошуку або непродуктивного блукання системою;
- ефективність, яка залежить від кількості та якості виконаного завдання, а також від досягнення користувачем цілей при роботі з системою;
- економічність, яка пов'язує ефективність з часом виконання завдання і, таким чином, рівень виконання завдання;
- відносна ефективність, яка показує, як ефективно завдання виконується звичайним користувачем в порівнянні з досвідченим користувачем в тій же системі або з тим же завданням в іншій системі;
- продуктивний період, або відношення часу завдання, що не проводився у пошуку допомоги, до загального часу виконання завдань (тобто кількість корисного часу роботи).

Переваги та недоліки оцінки на базі моделей. Безпосереднє використання моделей для оцінювання взаємодії користувачів з ПП менш витратна справа, ніж емпірична оцінка або оцінка на основі відгуків користувачів. Однак можна визначити наступні недоліки: першим кроком у створенні опису моделі є проведення когнітивного аналізу завдання; моделі мають перевірятися на відповідність, що досягається шляхом спостереження за виконанням завдань людьми і подальшим програмуванням їхньої поведінки для порівняння з моделлю.

У роботі [25] наведено класифікацію (рис. 1.5) існуючих методів оцінки ЗВ за наступними ознаками: клас методу – визначає тип виконуваної оцінки (наприклад, тестування або симуляція); тип методу – визначає конкретний спосіб виконання оцінки всередині класу методу, наприклад, аналіз системного журналу (клас тестування) або моделювання мереж Петрі (клас симуляції); рівень зусиль – визначає кількість зусиль, необхідних для застосування методу (наприклад, розробка моделі або використання інтерфейсу).

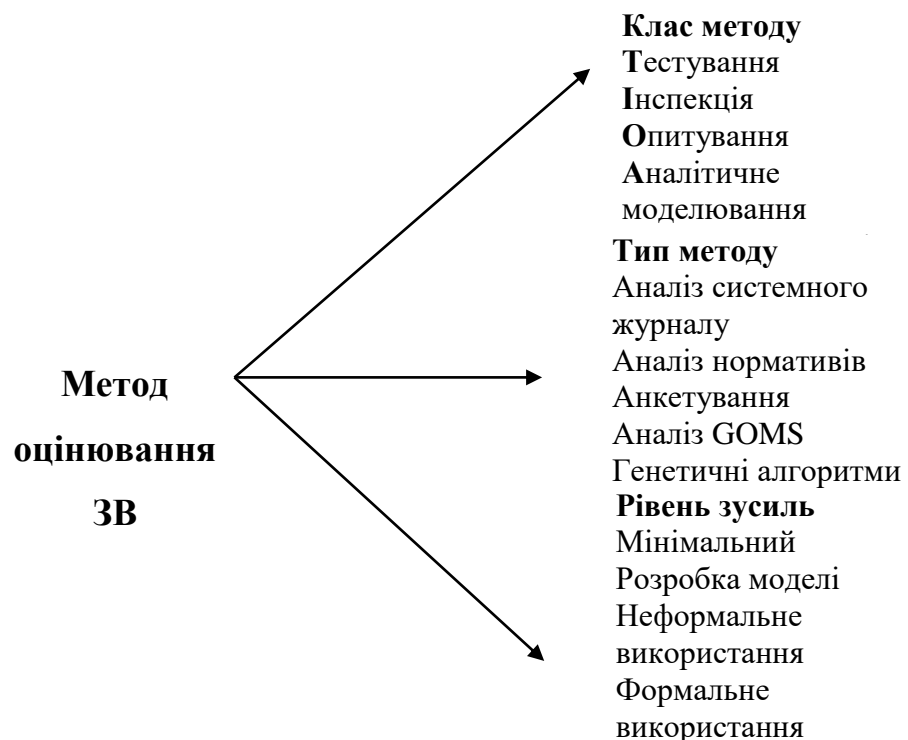


Рис. 1.5 Класифікація методів оцінки зручності використання

Методи оцінки згідно класифікації [25] можуть належати до класів:

- тестування (Т): спостереження за виконанням користувачами завдань або віддалене тестування; включає підходи, які дають кількісну оцінку мір на основі зібраних даних щодо використання;
- інспекція (І): використання ряду критеріїв або отриманих дослідним шляхом тверджень для виявлення потенційних проблем ЗВ. Передбачається робота експертів, зокрема перевірка відповідності ПП вимогам стандартів;
- опитування (О): надання користувачами оцінки ЗВ шляхом інтерв'ю, анкет тощо. Також сюди відносять спостереження за використанням ПП в середовищі користувача;
- аналітичне моделювання (АМ): використання моделей користувачів та інтерфейсів для прогнозування;
- симуляція (С): застосування моделей користувачів та інтерфейсів для імітації взаємодії користувача з ПП та створення звітів щодо результатів такої взаємодії.

Усередині кожного класу існує багато методів оцінки ЗВ. Пов'язані між собою методи об'єднуються в типи. Характеристика останніх не наводиться в даній роботі через їх чисельність.

Залежно від зусиль, необхідних для застосування методу, виділяють наступні рівні (наведені в порядку зростання трудовитрат) [25]:

- мінімальний: не потребує використання інтерфейсу або моделювання;
- розробка моделі: вимагає розробки моделі користувацького інтерфейсу і/або моделі користувача;
- неформальне використання: потребує виконання довільно обраних завдань;
- формальне використання: вимагає виконання спеціально обраних завдань.

1.2.4. Автоматизація задач оцінювання зручності використання програмного продукту

Оцінювання зручності використання може бути досить дорогим, зважаючи на час та людські ресурси, тому автоматизація сприяє зниженню витрат. Наявні підходи до автоматизованої оцінки ЗВ ґрунтуються на методах, що забезпечують прискорення обрахунків, ширшу аудиторію для тестування ЗВ та створенні засобів, які мають вбудовані аналітичні можливості.

Методи оцінки ЗВ можуть бути спрямовані на автоматизацію однієї з задач [25, 26]:

- фіксація (Ф): використання програмних пристроїв для запису відповідної інформації щодо користувача та ПП (наприклад, візуальних даних, мовної діяльності, дій з клавіатурою);
- аналіз (А): автоматизоване визначення потенційних проблем ЗВ;
- критика (К): виявлення недоліків та пропонування покращень шляхом автоматизованого аналізу.

У [25] наведено огляд більшості існуючих методів оцінки ЗВ та статистику, яка показує, що автоматизація такої оцінки використовується недостатньо. Методи без автоматизованої підтримки складають 67%, відповідно, методи з автоматизацією – 33 %. Із цих 33 % фіксація складає 13 %, аналіз – 18 %, а методи автоматизованої критики – усього 2 %. Останні належать класу методів інспекції.

Аналіз джерел показав, що переважна більшість методів [27-33] стосується, як правило, оцінки web-інтерфейсів та графічних інтерфейсів користувача. У [34] наводяться результати web-опитування щодо методів оцінки ЗВ при гнучкій розробці, основою якого стали кількісні та якісні методи дослідження. Зауважимо, що назва методу оцінки ЗВ співпадає з назвою діяльності, на основі якої така оцінка виконується (наприклад, «низькорівневе прототипування» означає метод оцінки на основі

низькорівневого прототипування, тобто оцінку створеного прототипу за певними критеріями). Подамо найбільш популярні неавтоматизовані методи оцінки ЗВ (рис.1.6), використавши класифікацію [25], у вигляді Назва/тип методу {англомова назва} (клас методу):

- низькорівневе прототипування {Low-Fidelity Prototyping} (I);
- концептуальне проектування {Conceptual Design} (O);
- спостереження за користувачами {Observational Studies of Users} (O);
- експертна оцінка {Usability Expert Evaluations} (I);
- польові дослідження {Field Studies} (O);
- створення уявних користувачів {Personas} (I);
- швидке ітеративне тестування {Rapid Iterative Testing} (T);
- лабораторне тестування {Laboratory Usability Testing} (T);
- аналіз потреб {Needs Analysis} (I);
- цільове проектування {Goal-Directed Design} (I);
- віддалене тестування {Remote Usability Testing} (T);
- концептуальне опитування {Conceptual Inquiry} (O).

Пункт «Інші» містить наступні неавтоматизовані методи: контекстне опитування, неформальне дослідження ЗВ, залучення до проектування інтерфейсів з використанням специфікацій, високорівневе прототипування і опитування на основі моделей (model-driven inquiry).

Як видно з рис. 1.6, автоматизована оцінка ЗВ в процесі створення ПП використовується найменше та стосується переважно інтерфейсу користувача, естетика якого є лише однією з підхарактеристик ЗВ. Аналогічні результати досліджень для інших технологій розробки знаходимо у роботах [35-38].

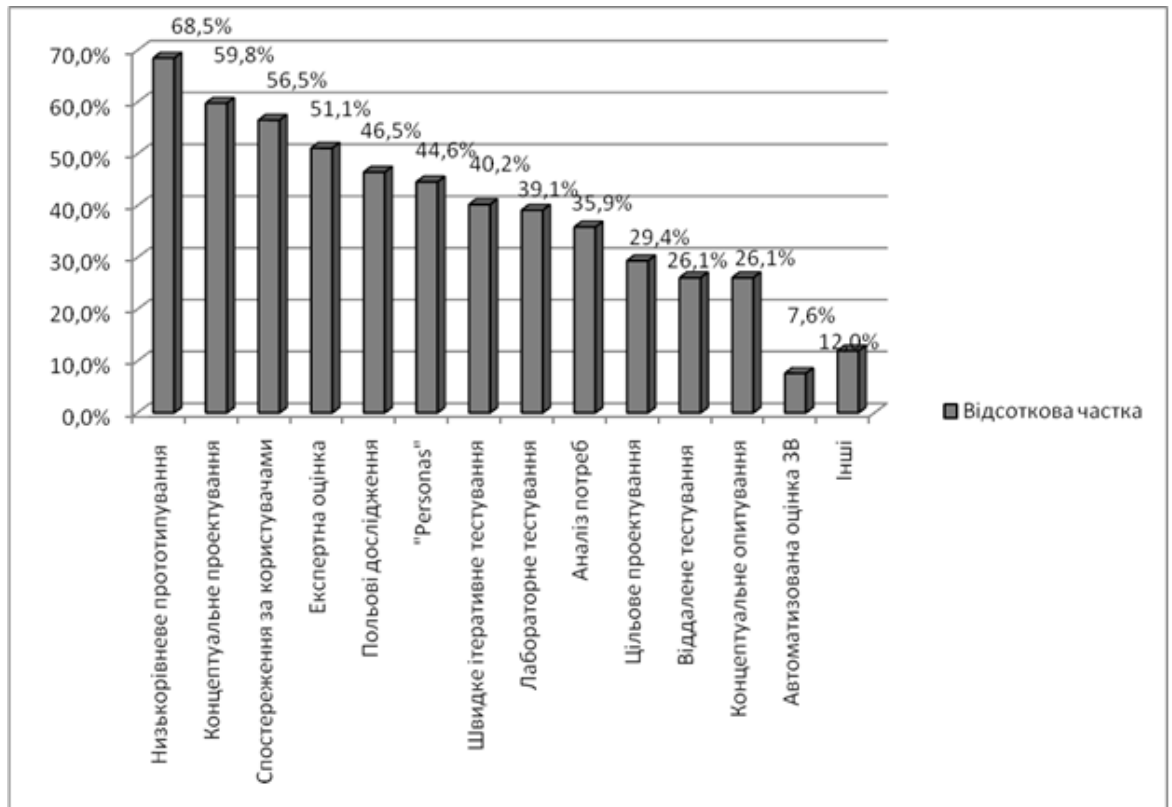


Рис. 1.6 Використання підходів до оцінювання зручності використання при розробці програмних продуктів

Таким чином, можна зробити висновок про недостатність ефективності методів оцінювання ЗВ, які автоматизують вирішення задачі виявлення недоліків та пропонування покращень шляхом автоматизованого аналізу. Розробка та використання таких методів є основою для управління зручністю використання.

1.3. Управління зручністю використання програмних продуктів

У процесі створення та супроводу програмних продуктів виникає необхідність не лише в оцінюванні досягнутої ЗВ, але і в ефективних діях, які забезпечують створення зручного у використанні ПП, тобто – в управлінні ЗВ. У теорії управління вирізняють декілька підходів, серед яких найбільшого розповсюдження набув процесний підхід [39, 40]. Він є одним із базових принципів, покладених в основу Міжнародних стандартів на системи

менеджменту якості. З точки зору процесного підходу можна дати наступне означення управління ЗВ:

Управління ЗВ – процеси із застосування необхідних управляючих дій з метою створення програмного продукту, який відповідає очікуванням користувачів, із зручністю використання не нижче заданого рівня. Під рівнем ЗВ будемо розуміти ступінь відповідності ЗВ вимогам. Розрізнятимемо поточний і заданий (розробником) рівні ЗВ.

Основними процесами управління є планування, забезпечення та контроль [41]. Модель процесів управління ЗВ представлено на рис.1.7.

Планування ЗВ – процес, який включає вибір вимог і/або стандартів, застосовних до створюваного ПП, та розробку способів задоволення обраних вимог і/або стандартів. *Забезпечення ЗВ* – процес приймання планових систематичних мір, які забезпечують виконання всіх передбачених процесів, необхідних для того, щоб ПП задовольняв вимогам до ЗВ. Як правило, разом із процесом забезпечення розглядають пов'язаний процес управління змінами. Контроль ЗВ – процес контролю та фіксації результатів виконання дій із забезпечення ЗВ з метою оцінки виконання та розробки рекомендацій відносно необхідних змін. Включає в себе оцінку поточного рівня ЗВ на відповідність встановленим вимогам та визначення шляхів усунення причин, які викликають незадовільні результати.

Дії з управління ЗВ мають місце в моделі зрілості можливостей організації з впровадження людино-орієнтованої розробки (Usability Maturity Model, UMM).

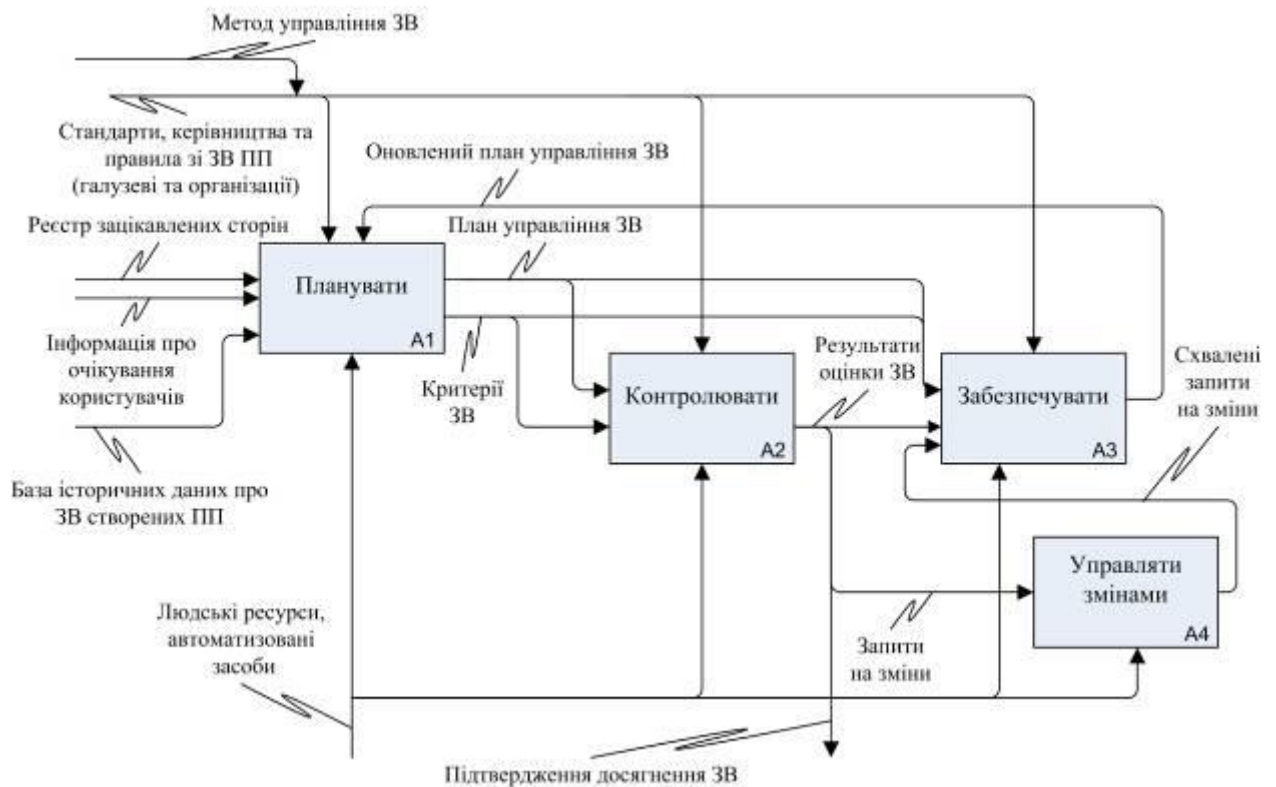


Рис. 1.7. Модель процесів управління зручністю використання

HCD.1 Забезпечення передумов для людино-орієнтованої розробки. Процес включає дослідження потреб користувачів, аналіз можливих змін в майбутніх потребах, визначення очікуваного контексту використання майбутнього ПП, оцінку вартості впровадження HCD-процесів.

HCD.2 Планування та управління. Основними діями є визначення та планування шляхів залучення користувачів до кожного етапу розробки ПП; вибір методів людино-орієнтованої розробки та визначення їх місця в розробці ПП; управління участю користувачів в процесі розробки.

HCD.3 Визначення вимог зацікавлених сторін. Процес включає такі основні дії: визначення цілей, виконання яких буде забезпечувати майбутній ПП; аналіз важливості ПП для кожної з зацікавлених сторін; оцінка ризиків; визначення вимог до ПП з боку зацікавлених сторін; вибір критеріїв вимірювання ЗВ та відповідних підхарактеристик якості у використанні.

HCD.4. Визначення контексту використання. Процес складається з: визначення та документування характерних рис користувачів, їх завдань, особливостей соціального, технічного та фізичного середовища.

HCD.5. Розробка рішень зі створення зручного у використанні ПП. Основними діями є: розподіл функцій між людиною та ПП; опис варіантів використання ПП; прототипування; розробка сервісів ПП для підтримки користувача.

HCD.6. Оцінка отриманих результатів на відповідність вимогам. Метою є збір відгуків користувачів стосовно розроблених рішень. Вона досягається шляхом: визначення змісту оцінки; оцінки ранніх прототипів з метою коригування вимог до ПП; оцінки пізніх прототипів з метою їх покращення; оцінка ЗВ на відповідність вимогам зацікавлених сторін наприкінці розробки та в контексті використання.

HCD.7. Введення в експлуатацію та супровід з точки зору взаємодії користувача з ПП. Процес включає наступні дії: визначення впливу ПП на зацікавлених сторін; забезпечення навчання користувачів; підтримка користувачів.

У UMM описано шість рівнів зрілості організації-розробника, перебування на кожному з яких залежить від ступеня можливостей виконання HCD-процесів:

Рівень 0 Незавершений. Організація-розробник не підтримує людино-орієнтований процес розробки ПП.

Рівень 1 Виконуваний. Забезпечуються базові дії для досягнення ЗВ.

Рівень 2 Керований. HCD-процеси забезпечують прийнятні результати з врахуванням обмежень загальних ресурсів та часу.

Рівень 3 Встановлений. Процес людино-орієнтованої розробки та його ресурси чітко визначені організацією-розробником.

Рівень 4 Передбачуваний. HCD-процеси виконуються постійно в рамках визначених вимог до їх якості та ресурсів.

Рівень 5 Оптимізований. Процес людино-орієнтованої розробки може бути надійно адаптований до окремих вимог.

На виконуваному рівні UMM представлені усі HCD-процеси в початковому вигляді. Перехід організації на кожен наступний рівень зрілості з розробки зручного у використанні ПП відбувається через вдосконалення управлінських дій. Згідно таких дій, передбачених у UMM для п'ятого рівня зрілості, необхідно:

- визначати можливості покращень HCD-процесів;
- розробляти стратегію впровадження змін;
- підтверджувати ефективність виконаних змін.

Досягнення організацією оптимізованого рівня зрілості можливе лише при наявності процесного підходу до управління ЗВ (див. рис. 1.7), який має забезпечуватись відповідним методом і засобом (рис. 1.8). HCD.6, тобто процес оцінки отриманих результатів з забезпечення ЗВ на відповідність вимогам, на оптимізованому рівні викликає особливий інтерес. Аналіз підходів до оцінки ЗВ, показав відсутність методів і засобів, які б забезпечували виконання процесу HCD.6 на вказаному рівні. Адже необхідно не лише оцінювати ЗВ на відповідність встановленим вимогам, але й визначати причини, які викликають незадовільні результати досягнення ЗВ, та шляхи їх усунення, виконувати відповідні зміни. Підтвердження ефективності змін, враховуючи рекомендації ISO 9241-210 [8], вимагає забезпечення ітераційності оцінки ЗВ ПП і покращення процесу розробки шляхом оцінки, орієнтованої на користувачів. Тому для досягнення та підтримки ЗВ актуальним є розроблення методу та засобу управління ЗВ, які ґрунтуються на ітераційній оцінці ЗВ на основі відгуків користувачів. Управління ЗВ певною мірою обмежено ресурсами організації або вимагає оптимального їх використання для досягнення позитивного економічного ефекту. Тому доцільно, щоб у методі також враховувалася оптимізація досягнення ЗВ.

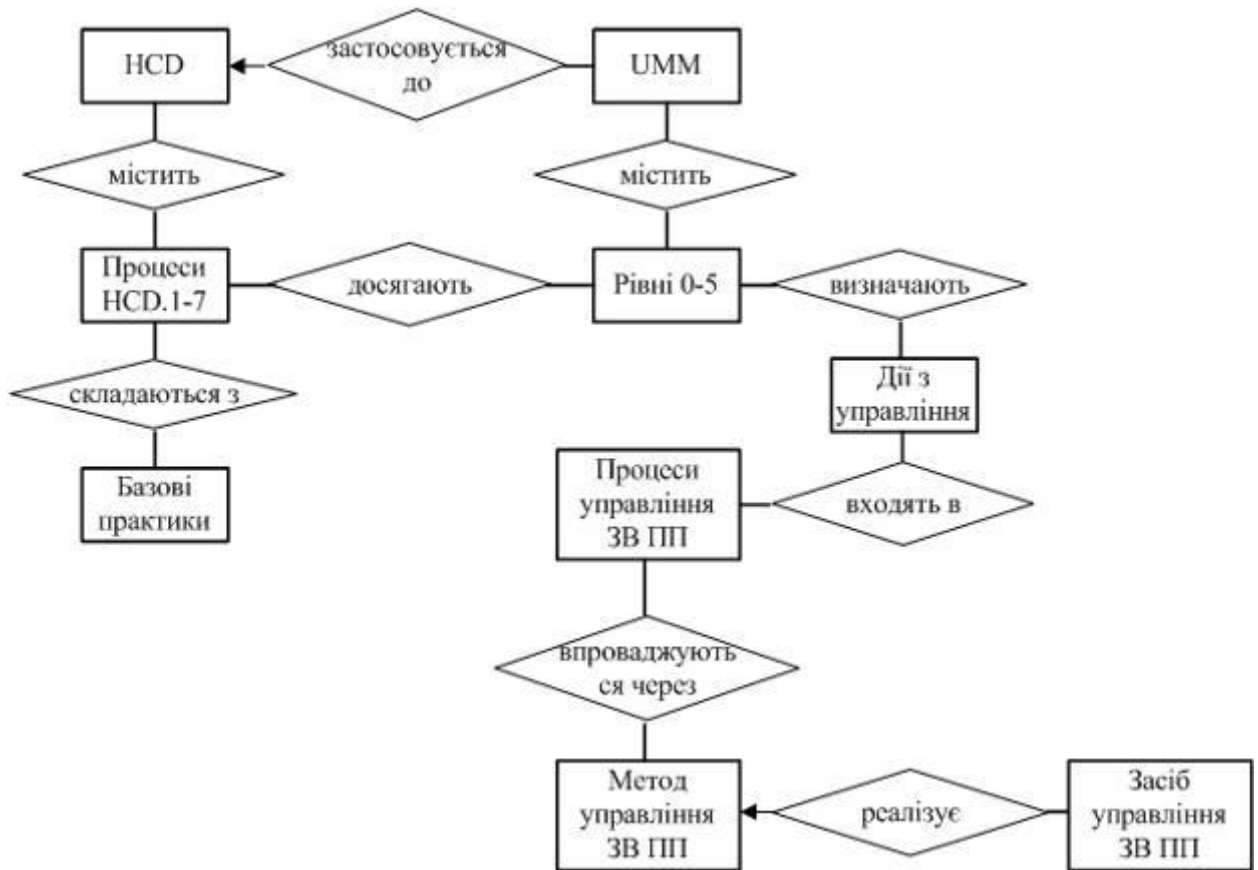


Рис. 1.8 Діаграма «сутність – зв’язок» для UMM (нотація Чена)

Важливість методу та засобу управління ЗВ показано в представленій на рис. 1.9 онтології, побудованій на основі понять, терміни яких складають словник досліджуваної предметної галузі, та зв’язків між ними. Використано схематичну мову IDEF5. Відношення «part-of» застосовується в композиційній частині схеми та відображає склад об’єкту; «subkind-of» – в класифікаційній частині схеми та вказує на різновид об’єкту [42].

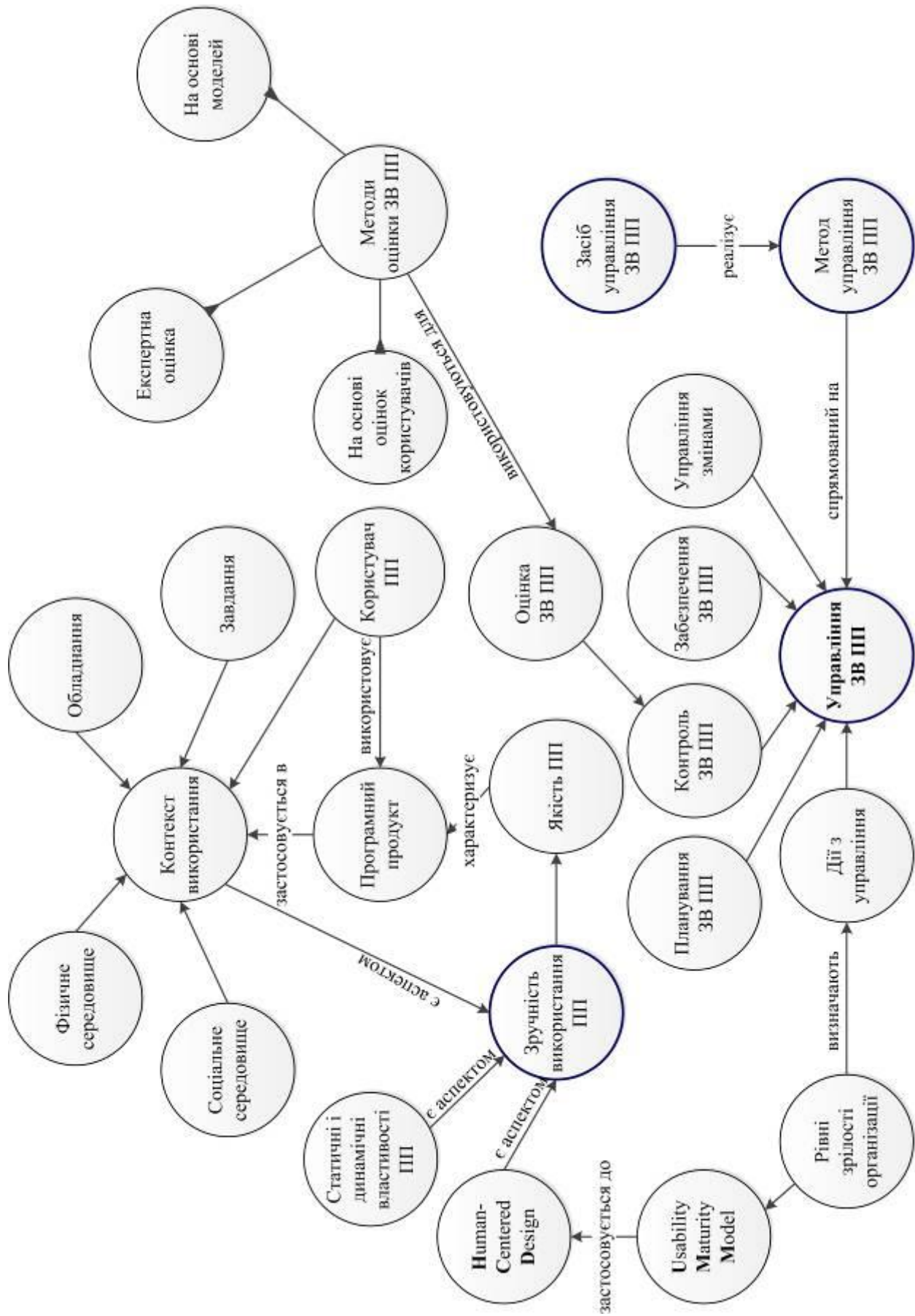


Рис. 1.9 Схема онтології зручності використання програмних продуктів

1.4. Висновки до розділу

У дипломній роботі магістра зручність використання (usability) розглядається як ступінь, у якій програмний продукт може бути використаний певними користувачами для досягнення визначених цілей з ефективністю, економічністю та задоволеністю у певному контексті використання. Термін «користувач» (user) застосовується для позначення окремої особи або організації, які використовують систему для виконання визначених функцій.

Зручність використання, окрім аспектів дослідження статичних та динамічних властивостей ПП та впливу на якість у використанні, також розглядається в аспекті процесів, які застосовуються для створення зручного у використанні ПП. Зокрема, важливим є процес людино-орієнтованої розробки (human-centered design, HCD), який необхідний для врахування вимог користувачів, розробників та власників ПП.

Основні результати даного розділу полягають в наступному:

1. Існуючі методи досягнення зручності використання в основному містять кроки щодо вимірювання та оцінки ЗВ, а дії з виявлення недоліків та пропонування покращень шляхом автоматизованого аналізу ЗВ в процесі створення ПП не запропоновано. Такі дії лежать в основі управління зручністю використання.

2. Дії з управління зручністю використання мають місце в моделі зрілості можливостей організації з впровадження людино-орієнтованої розробки (УММ). Для досягнення організацією оптимізованого рівня зрілості необхідно не лише оцінювати ЗВ на відповідність встановленим вимогам, але й визначати причини, які викликають незадовільні результати досягнення ЗВ, та шляхи їх усунення, виконувати відповідні зміни. Підтвердження ефективності змін вимагає забезпечення ітераційності оцінки ЗВ і покращення процесу розробки шляхом оцінки, орієнтованої на користувачів. Тому необхідним є розроблення методу та засобу управління ЗВ, які ґрунтуються на ітераційній оцінці ЗВ на основі відгуків користувачів.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ЕТАПІ ЇХ СУПРОВОДУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ

2.1. Метод забезпечення якості програмних систем при їх супроводі

Ітераційну оцінку зручності використання при застосуванні методу забезпечення якості на етапі супроводу програмного продукту (управління зручністю використання) в ітераційних методологіях розробки слід розуміти як таку, що проводиться на кожній ітерації, тобто завершеному циклі розробки, який приводить до випуску продукту або його версії. Для неітераційних методологій розробки ітераційність оцінки зручності використання означає її повторюваність у процесі управління.

Зручність використання декомпозуємо на атрибути (властивості), показники та метрики. Атрибут – це невід’ємна властивість сутності, яка може бути охарактеризована кількісно чи якісно людиною або за допомогою автоматизованих засобів [3]. Показник – це кількісна характеристика атрибутів ПП, які розглядаються стосовно конкретних умов розробки та експлуатації [4]. Метрика – це комбінація конкретного методу вимірювання (способу отримання значень) показника та шкали вимірювання [47].

Вирішення задачі управління зручністю використання згідно процесного підходу, містить наступні етапи:

1. Побудова експертами ієрархічної структури зручності використання. Включає розробку метрик структурним методом зверху-вниз (top – down) [48] і містить такі рівні:

- а) верхній рівень ієрархії – атрибути зручності використання. Вибір атрибутів виконується на основі сформованих вимог до ЗВ з використанням галузевих стандартів, власної бази історичних даних про ЗВ створених ПП та інформації про очікування користувачів. Встановлюються пріоритети та

зв'язки атрибутів з вимогами, а також допустимі коридори для числових значень атрибутів (за допомогою менеджерів та/або замовника);

б) середній рівень ієрархії – показники ЗВ. Виконується декомпозиція атрибутів ЗВ у обчислювані показники;

с) нижній рівень ієрархії – метрики ЗВ. Показники ЗВ декомпонуються в метрики, які визначають міри, що можуть бути безпосередньо оцінені в числовій формі користувачами при використанні ПП. На основі метрик обчислюються поточні значення показників та атрибутів верхніх рівнів ієрархії.

2. Обчислення значень показників ЗВ на підставі метрик, значення яких отримані на основі оцінок користувачів.

3. Побудова математичної моделі оцінки ЗВ, що дозволяє, відповідно до ієрархічної моделі, зводити окремі значення критеріїв ЗВ, отримані на основі оцінок користувачів та ранжувань експертів, в єдину числову оцінку. Якщо виявлений рівень ЗВ рівний або більше заданого, то формується звіт, у протилежному випадку необхідно перейти до п. 4.

4. Побудова математичної моделі забезпечення ЗВ. Математична модель оцінки ЗВ доповнюється функцією трудомісткості зміни показників ЗВ, тим самим отримується модель забезпечення встановленого рівня ЗВ.

5. Формування оптимального варіанта забезпечення встановленого рівня ЗВ. Результатом буде набір показників, що потребують покращення (з урахуванням величини зміни кожного показника). Для визначення впливу змінюваних показників на ЗВ пропонується встановити наявність та форму зв'язку між парами розглядуваних показників.

6. Впровадження отриманого варіанта змін показників та контроль досягнення встановленого рівня ЗВ на наступній ітерації, при необхідності – коригування моделей.

На рис. 2.1 представлено діаграму діяльності, що ілюструє метод, а на рис. 2.2 показано відповідність розробленого методу та моделі процесів управління ЗВ (рис. 1.7).

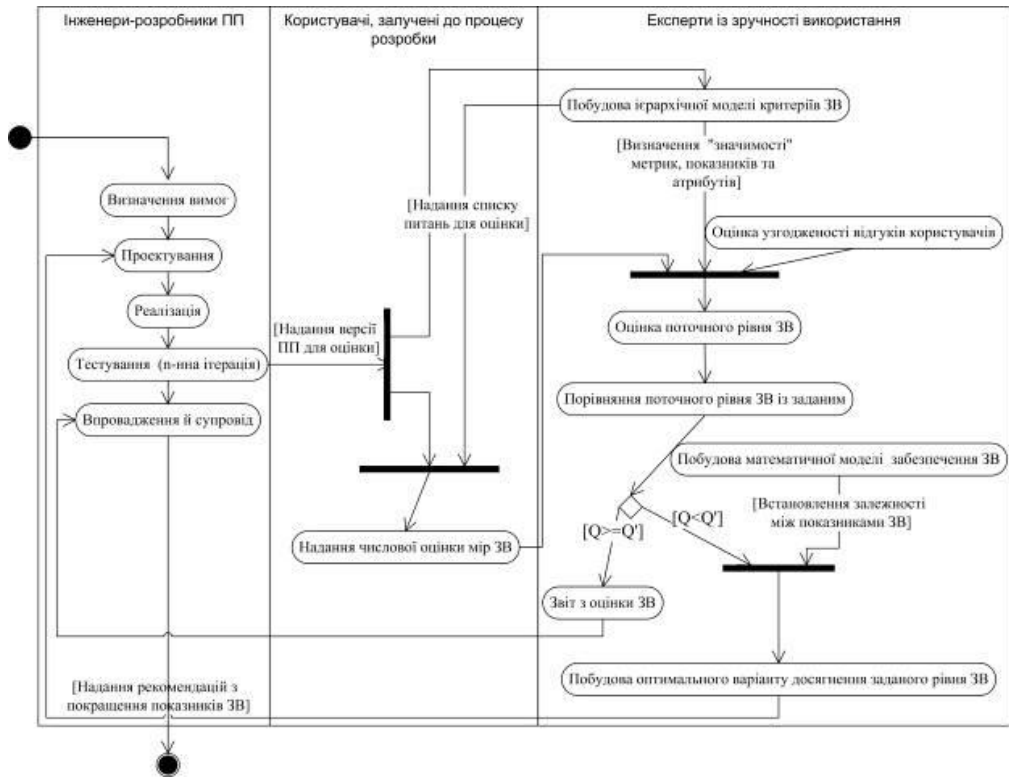


Рис. 2.1 Схема виконання етапів методу управління зручністю використання

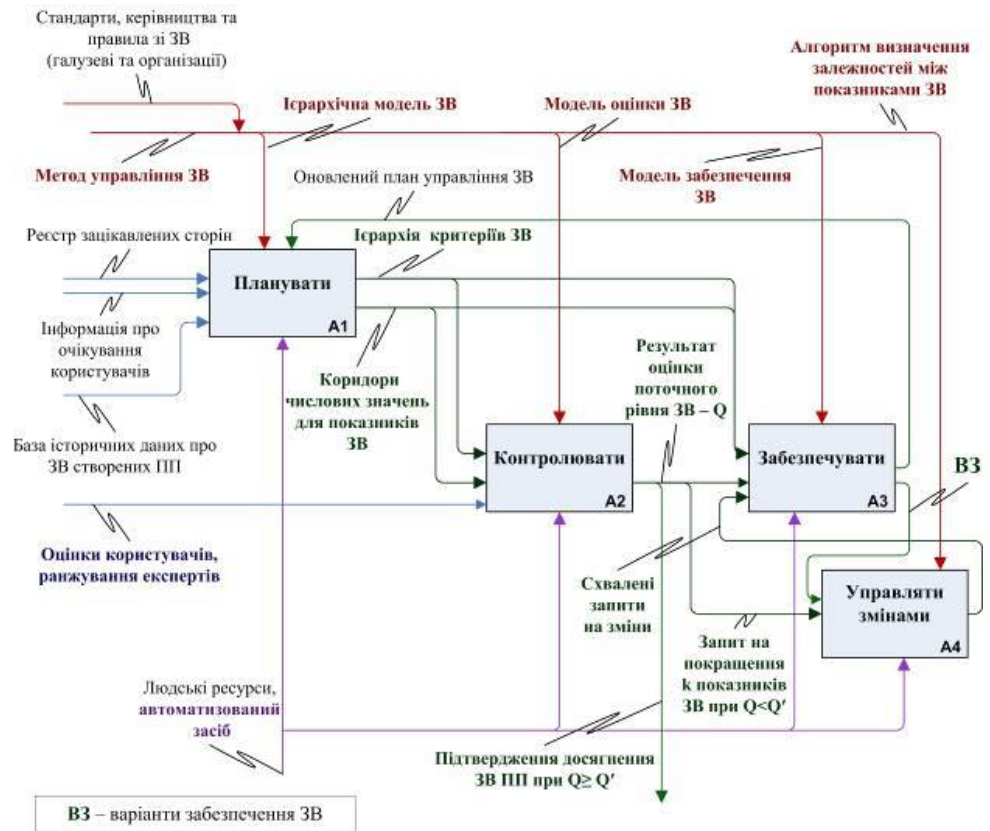


Рис. 2.2 Метод управління зручністю використання в контексті процесного підходу

Принциповою особливістю даного методу є те, що в ньому передбачається не лише оцінювання, але й управління ЗВ в процесі створення ПП.

Останнє досягається за рахунок автоматизованої побудови варіанту забезпечення заданого рівня ЗВ на наступній ітерації оптимальним чином на основі математичних моделей оцінки та забезпечення ЗВ, орієнтованих на використання відгуків користувачів. Під варіантом забезпечення ЗВ мається на увазі одна з можливих реалізацій зміни показників ЗВ, при якій отримуємо заданий розробником рівень ЗВ. Класифікація створеного методу представлена на рис. 2.3.

Важливим є питання щодо етапів життєвого циклу (ЖЦ) ПП, на яких мають впроваджуватися рекомендації з покращення показників ЗВ, а також характеру впливу таких рекомендацій на робочі продукти. Властивості ЗВ пов'язані з архітектурою ПП і можуть бути розглянуті, при застосуванні розробленого методу, в рамках концепції патернів ЗВ (usability patterns) [39].

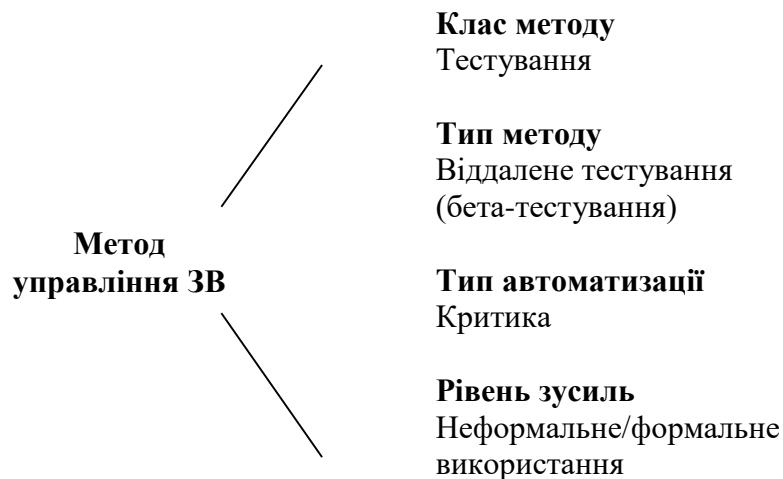


Рис. 2.3 Класифікація методу управління ЗВ

Патерн ЗВ - це метод або механізм, який застосовується для розробки архітектури ПП з метою забезпечення визначених властивостей ЗВ [39-41]. Патерн може бути пов'язаний з декількома показниками ЗВ і, навпаки, показник може бути покращений за рахунок декількох патернів. Ефективність

використання тих чи інших патернів ЗВ та їх перелік залежить від особливостей створюваного ПП та має визначатись фахівцями в конкретних умовах створення ПП. На рис. 2.4 наведено приклад зв'язків між атрибутами (властивостями), показниками та патернами ЗВ [39].

Опис архітектурних рішень, які покращують властивості ЗВ за конкретними показниками, наведено в роботах [30-31].

З вищенаведеного слідує, що при необхідності покращення ЗВ, зміни необхідно розпочинати з етапу проектування, на якому основним результатом є опис базової архітектури ПП. Уточнення архітектури та її компонентів, окрім впливу на робочі продукти наступних етапів ЖЦ ПП, можуть привести до необхідності перевизначення вимог, тобто внесення змін на початковому етапі – формування та аналізу вимог. У такому випадку вартість виконуваних робіт з досягнення заданого рівня ЗВ буде найбільшою.

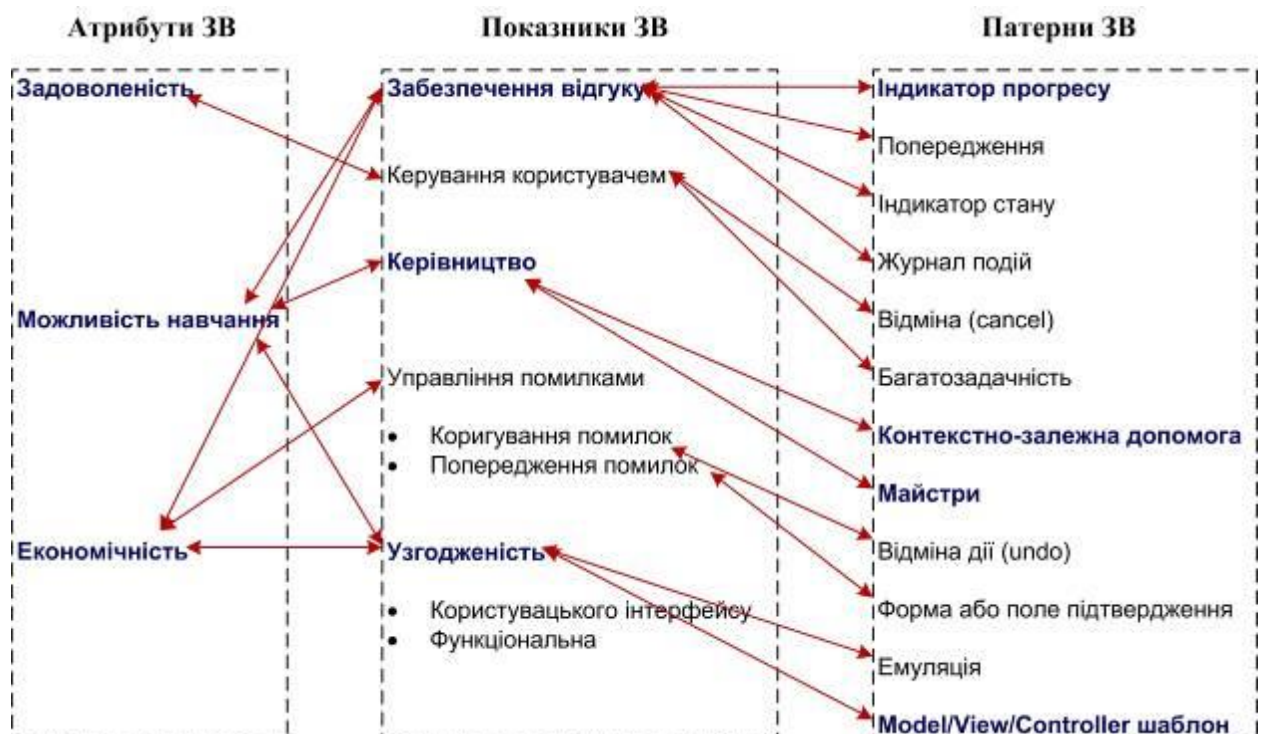


Рис. 2.4 Зв'язок між ЗВ та архітектурою ПП

2.2. Моделі оцінювання та забезпечення якості програмних систем

У рамках дослідження розглядається загальне трактування зручності використання як відповідності певній ієрархічній моделі [3, 23]. ЗВ декомпозиується на атрибути, кожен з яких – на відповідні показники, а ті в свою чергу – на метрики. Така декомпозиція ґрунтується на відповідних стандартах, керівництвах, експертних судженнях тощо. Будемо розглядати поняття «зручність використання програмного продукту» як сукупність складових, поступово деталізуючи її доти, доки не буде досягнуто рівня абстракції, прийнятого для формування кількісних значень m_{ij1}, \dots, m_{ijk} (k – кількість метрик, що відповідають j -му показнику i -го атрибуту).

Побудуємо формальну модель оцінки ЗВ, спираючись на зведення значень окремих показників атрибутів в інтегральну оцінку Q [42]. Представимо ЗВ як чотирирівневу ієрархічну структуру. Кожен критерій вищого рівня ієрархії містить критерії нижчого рівня. Допускається введення додаткових критеріїв на кожному з рівнів (рис. 2.3).

Критерії рівнів ієрархії, окрім першого рівня, характеризується двома числовими параметрами – кількісним значенням та ваговим коефіцієнтом. Числові значення показників ЗВ розраховуються на основі відповідних метрик, значення яких обчислюється як середнє арифметичне оцінок користувачів.

Для вирішення задачі отримання оцінки ЗВ, яка є основою для побудови моделі забезпечення ЗВ, найчастіше використовують наступні методи: метод зваженої суми; адитивна згортка; мультиплікативна згортка [43].

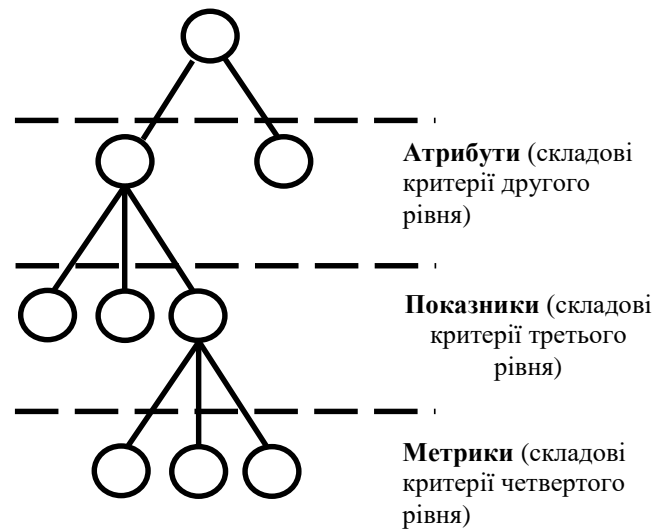


Рис. 2.3 Графічне зображення ієрархії складових критеріїв ЗВ

Розглядатимемо багатокритеріальні моделі, тобто такі, у яких кожна альтернатива (варіант) оцінюється множиною критеріїв. Найбільш відомими багатокритеріальними моделями є багатомірні функції корисності, моделі багатомірного шкалювання, модель (метод) аналізу ієрархій (Сааті). Найчастіше використовують адитивні та мультиплікативні функції корисності. Адитивна функція малочутлива до зміни показників з малою вагою; мультиплікативна, навпаки, сильно залежить від зміни показників з малими значеннями оцінок корисності [43]. Пропонується для вирішення задачі отримання інтегральної оцінки зручність використання визначати як адитивну функцію корисності та застосувати адитивну згортку відповідно. Узагальнена формула адитивної функції корисності має вигляд:

$$Q(x) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \hat{Q}_i(x), \quad (2.1)$$

де Q – функція корисності варіанта x ; p_i – вага критерія i ; $\hat{Q}_i(x)$ – оцінка корисності варіанта x за критерієм i .

Для аналітичної оцінки всієї ієрархічної структури зручності використання застосуємо метод вкладених скалярних згорток [44]. Тоді модель оцінювання ЗВ можна описати функцією адитивної скалярної згортки:

$$\begin{aligned} Q(x) &= \sum_{i=1}^n p_i a_i(x) = \sum_{i=1}^n p_i \sum_{j=1}^m q_j a_{ij}(x) = \\ &= \sum_{i=1}^n p_i \sum_{j=1}^m q_j \sum_{k=1}^l r_k a_{ijk}(x), \end{aligned} \quad (2.2)$$

де $Q(x)$ – загальний критерій для оцінок користувачів $x \in X$; $\{a_i(x)\}_1^n$, $\{a_{ij}(x)\}_1^m$, $\{a_{ijk}(x)\}_1^l$ – набори складових критеріїв відповідних рівнів ієрархії; n , m , l – кількість критеріїв на рівнях; p_i , q_j , r_k – вага складових критеріїв a_i , a_{ij} , a_{ijk} . Для важливості (ваги) виконується умова нормування:

$$\sum_{i=1}^n p_i = \sum_{j=1}^m q_j = \sum_{k=1}^l r_k = 1 \quad (2.3)$$

Для критеріїв зручності використання на всіх рівнях використовується єдина шкала оцінки від 0 до 1. Виходячи з вищенаведеного, можемо оцінити складовий критерій третього рівня:

$$\begin{aligned} a_{ij} &= \sum_{k=1}^l r_k a_{ijk}, \\ 0 < a_{ijk} &\leq 1, \\ 0 < r_k < 1 \wedge \sum_{k=1}^l r_k &= 1 \quad \Bigg| \Rightarrow 0 < r_k a_{ijk} < 1 \Rightarrow \\ \Rightarrow (\exists r_k, a_{ijk}, k = \overline{1, l}, k, l \in N) &(0 < a_{ij} < 1) \wedge \\ \wedge (\exists r_k, a_{ijk}, k = \overline{1, l}, k, l \in N) &(a_{ij} \geq 1). \end{aligned} \quad (2.4)$$

Аналогічно a_i та підсумкова оцінка Q також можуть приймати значення більші 1 або в межах від 0 до 1. Достатність рівня ЗВ визначається шляхом порівняння отриманої загальної оцінки та розрахованих значень показників з відповідними аналогами, що приймаються за еталонний зразок. Аналогами обирають реально існуючий програмний продукт того самого функціонального призначення, з такими ж основними параметрами, подібної структури та умовами експлуатації.

Задачу багатокритеріальної оцінки даної ієрархічної структури (рис.2.3), у якій Q виступає як функція оцінки ЗВ, будемо розглядати як базову при дискретній багатокритеріальній оптимізації, у якій Q виступає як цільова функція [44].

Введемо функцію оцінки трудомісткості забезпечення заданого рівня ЗВ як критерій на верхньому (першому) рівні розглядуваної ієрархії. У загальному вигляді така функція залежить від поточних значень показників ЗВ та величини їх зміни:

$$H = H(a_{1j}, \dots, a_{nj}, \Delta a_{1j}, \dots, \Delta a_{nj}). \quad (2.5)$$

Визначимо методом оцінки трудовитрат (в людино-місяцях) на розробку програмних продуктів є СОСОМО II [45], головною особливістю якої є те, що для виконання розрахунків необхідно знати розмір програмного продукту (або його компонентів) в тисячах рядків вихідного коду (KSLOC). Також досить відомим є метод PERT [46], в основі якого лежить оцінка мінімально/максимально можливої та найбільш ймовірної трудомісткості виконання кожного елементарного пакету робіт, які входять в розробку ПП. Використання вказаних методів не дає можливості виразити залежність між трудовитратами та величиною Δa_{ij} зміни показників ЗВ.

Нехай \tilde{a}_{ij} – значення показника ЗВ, яке необхідно досягнути, $\tilde{a}_{ij} = a_{ij} + \Delta a_{ij}$, де a_{ij} – поточне значення показника, Δa_{ij} – величина зміни показника. Мають місце наступні твердження:

1. Чим більше значення \tilde{a}_{ij} , тим більше відповідне значення H_{ij} .
2. Існує верхня границя a_{max} для \tilde{a}_{ij} .
3. Трудомісткість покращення показника a_{ij} на величину Δa_{ij} при $a_{ij} \rightarrow a$ більша за трудомісткість його покращення на ту саму величину при $a_{ij} \rightarrow a_{max}$.

Враховуючи вищенаведене, доцільно описати залежність між зміною значення показника ЗВ та трудомісткістю його покращення за допомогою рівняння S-подібної кривої, а саме – кривої Гомперца (рис. 2.4) [47]:

$$\tilde{a}_{ij} = a_{max} \cdot b^c \cdot H_{ij}^c, \quad (2.6)$$

де b і c – параметри, $b > 0$ і $0 < c < 1$.

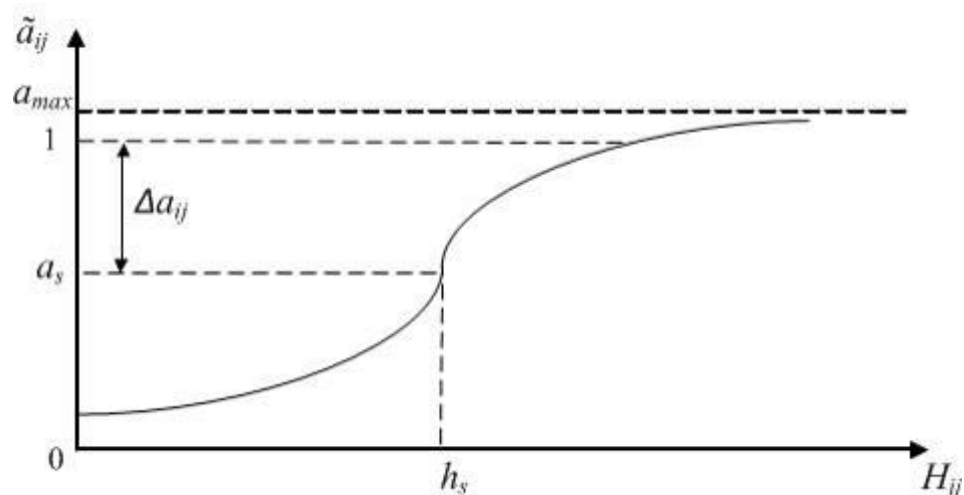


Рис. 2.4 Вид кривої Гомперца для $\tilde{a}_{ij} = \tilde{a}_{ij}(H_{ij})$

Точка $S(h_s; a_s)$ – точка перегину, а пряма $\tilde{a}_{ij} = a_{max}$ – горизонтальна асимптота кривої Гомперца.

Оцінка параметрів b і c виконується за характерними точками кривої [58], наприклад, значенням функції в початковій точці ($H_{ij} = 0 \Rightarrow \tilde{a}_{ij} = a_{ij} = a_{max} \cdot b^{c^0} = a_{max} \cdot b \Rightarrow b = \frac{a_{ij}}{a_{max}}$), точці перегину (друга похідна прирівнюється до нуля) та кінцевій точці ($\tilde{a}_{ij} \rightarrow a_{max}$). Значення функції в згаданих точках залежать від особливостей розробки програмного продукту та мають визначатись із застосуванням відповідної статистики історичних даних з трудомісткості досягнення заданого рівня ЗВ.

З рівняння (2.6) виразимо H_{ij} (приймавши $a_{max} = 1$):

$$H_{ij}(\tilde{a}_{ij}) = \log_c \log_b \tilde{a}_{ij}.$$

Ця функція є нелінійною, спадною ($0 < c < 1$) та неперервною на області визначення $\log_b \tilde{a}_{ij} > 0$.

Для сумарної трудомісткості виконується рівність (за аналогією з методом PERT):

$$H(\tilde{a}_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{ij}(\tilde{a}_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \log_c \log_b \tilde{a}_{ij}, \quad (2.7)$$

при цьому що більше незалежні між собою заплановані роботи з покращення окремих показників ЗВ, то точніша сумарна оцінка трудовитрат.

Задачу забезпечення ЗВ представимо як двокритеріальну (на верхньому рівні ієрархії) задачу оптимізації, при якій найкращий варіант визначатиметься як такий, для якого функція оцінки ЗВ буде максимальна, а функція оцінки трудомісткості досягатиме при цьому мінімально можливого значення. Для вирішення задачі доцільно використати метод головного критерію [44], а саме: мінімізувати критерій трудомісткості при заданих обмеженнях на значення функції оцінки ЗВ. У якості критеріїв, екстримізація яких має забезпечити необхідне значення функції оцінки ЗВ, розглядатимемо критерії третього

рівня ієрархічної структури (рис. 2.3) – показники ЗВ. Це пояснюється тим, що інформація про відповідні зміни показників є достатньою для формування необхідних управляючих дій з досягнення ЗВ, а кількість критеріїв на цьому рівні, як правило, прийнятна для використання методу перебору.

На основі проведеного аналізу пропонується наступна формальна постановка задачі забезпечення ЗВ.

Введемо позначення:

n – кількість показників зручності використання;

k – значення, яке обмежує кількість показників, за якими одночасно ведеться пошук;

Q' – необхідний рівень ЗВ;

$Q(a_{1j}, \dots, a_{nj})$ – функція оцінки ЗВ;

$H(\tilde{a}_{ij})$ – функція оцінки трудомісткості, $\tilde{a}_{ij} = a_{ij} + \Delta a_{ij}$;

a_{ij} – поточні значення показників ЗВ;

Δa_{ij} – величина зміни показників ЗВ.

Необхідно знайти такі значення показників ЗВ (обрати відповідний варіант), при яких досягатиметься рівень ЗВ не нижче заданого, а цільова функція трудомісткості зміни показників буде досягати мінімуму

$$\min_{\delta_{ij}, \tilde{a}_{ij} \in D} H(\delta_{ij}, \tilde{a}_{ij}) = \min_{\delta_{ij}, \tilde{a}_{ij} \in D} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_{ij} \cdot \log_c \log_b (a_{ij} + \Delta a_{ij}) = H^*$$

при області допустимих рішень D та обмеженнях:

$$Q(a_{1j} + \delta_{1j} \Delta a_{1j}, \dots, a_{nj} + \delta_{nj} \Delta a_{nj}) \geq Q', \quad (2.4)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_{ij} \leq k, \quad \delta_{ij} \in \{0,1\} \quad (2.8)$$

$$a_{ij}, (\Delta a_{ij} + a_{ij}) \in [0;1],$$

$$\Delta a_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Вказана задача має розв'язки згідно умов (2.6) і (2.7), остання з яких штучно обмежує кількість показників, за якими одночасно ведеться пошук, для зосередження зусиль на головних напрямках покращення показників ЗВ програмного продукту. Таке обмеження є необхідним при використанні ітераційних технологій розробки ПП з огляду на коротку тривалість ітерацій.

Оскільки при обмеженні кількості показників ЗВ, які оптимізуються, кількість варіантів, з яких обирається найкращий розв'язок задачі забезпечення ЗВ, є відносно невеликою, то використовуватимемо метод комбінаторної оптимізації – метод прямого перебору (з поверненням) [39]. Зауважимо, що остаточний вибір варіанту, який має оптимальне співвідношення отриманого рівня ЗВ та трудомісткості, виконується експертами. Розв'язком поставленої задачі буде набір показників a_{ij} (де $\delta_{ij} = 1$) на яких досягається мінімальне (або одне з мінімальних) значення функції трудомісткості при забезпеченні рівня ЗВ не нижче заданого. Також надається інформація про початкове значення показників та величину зміни, яка необхідна для досягнення заданого рівня ЗВ.

Згідно заданих умов, у якості моделі забезпечення ЗВ виступає n -вимірний простір (n – кількість показників). Значення показників змінюються від поточного до абсолютного (одиниці) з кроком Δ . У точках простору задано: рівень ЗВ в заданий момент часу – Q , значення трудомісткості забезпечення даного рівня у точці – H . Задача зводиться до відшукування точки у просторі, для якої виконується: $Q \geq Q'$; $\forall(Q', H'): H' < H = H^* \Rightarrow Q' < Q$.

При застосуванні описаної моделі виникає запитання щодо впливу коригуючих дій із покращення певних показників на рівень ЗВ. Уникнути зниження останнього можна, встановивши існування зв'язку між показниками ЗВ за допомогою кореляційно-регресійного аналізу.

У попередньому параграфі зазначалося, що важливим є питання визначення залежності між показниками ЗВ. Однак, не завжди експерт, який розробляє моделі оцінки та забезпечення ЗВ, може в явному вигляді виразити існуючі залежності між змінними. В рамках дослідження пропонується використати алгоритм знаходження явного виду емпіричних залежностей для двох показників, який ґрунтується на кореляційно-регресійному аналізі.

У випадку оцінки користувачами метрик ЗВ дані, якими є обчислені показники, задаються числовими рядами значень. Розглядаючи будь-яку пару показників, ми припускаємо, що один із них представлений числовим рядом значень залежної величини (y_k), а інший - незалежної (x_k), кожна з яких в загальному випадку крім певної регулярної (детермінованої) складової може містити й випадкові складові різної природи, зумовлені як статистичною природою досліджуваних процесів, так і зовнішніми факторами процесів вимірювань і перетворення даних. Незалежна змінна x_k зазвичай покладається детермінованою, а, отже, її випадкова складова "переноситься" на залежну змінну y_k . Припускається також, що значення випадкової складової залежної змінної (як власні, так і "сумарні") розподілені за деяким ймовірнісним законом (наприклад, нормальним). Залежність однієї випадкової величини від значень, які приймає інша випадкова величина (показник ЗВ), є регресією. Процедура пошуку передбачуваної залежності між рядами значень показників ЗВ включає наступні етапи:

- Встановлення сили та значущості зв'язку між ними (кореляційний аналіз);
- Можливість подання цієї залежності у формі математичного виразу - рівняння регресії (регресійний аналіз).

Кореляційний аналіз. Для кількісної оцінки існування зв'язку між досліджуваними сукупностями випадкових величин використовується спеціальний статистичний показник - коефіцієнт кореляції r . Коефіцієнт r - це безрозмірна величина, вона може змінюватися від 0 до ± 1 . Чим ближче значення коефіцієнта до одиниці (неважливо, з яким знаком), тим з більшою

впевненістю можна стверджувати, що між двома розглянутими показниками зручності використання існує лінійний зв'язок. Якщо виявиться, що $r = 1$ (або -1), то має місце класичний випадок чисто функціональної залежності (тобто реалізується ідеальний взаємозв'язок). Існують різні аналітичні прийоми визначення коефіцієнта кореляції. При дослідженні використовувались формули для лінійного та рангового коефіцієнта кореляції, розрахунок яких реалізовано в програмному комплексі.

Лінійний коефіцієнт кореляції (коефіцієнт кореляції Пірсона) розраховується таким чином, що у випадку лінійного зв'язку між показниками, він точно встановлює тісноту цього зв'язку. Використання даного коефіцієнту припускає, що показники мають нормальний розподіл. Формула для розрахунку має наступний вигляд [40]:

$$r_{XY} = \frac{\text{cov}_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2.9)$$

де x_i - числові значення, які приймає показник X,

y_i - числові значення, які приймає показник Y ,

\bar{x} - математичне сподівання по X,

\bar{y} - математичне сподівання по Y.

Знаючи коефіцієнт кореляції, можна дати якісно-кількісну оцінку щільності зв'язку. У дослідженні використовується шкала Чеддока, представлена в таблиці 2.1.

Оцінка значимості коефіцієнта парної кореляції проводиться шляхом порівняння його абсолютної величини з табличним (або критичним) показником $r_{\text{крит}}$, значення якого беруться зі спеціальної таблиці, наведеної, наприклад, в [41].

Таблиця 2.1

Якісна оцінка тісноти зв'язку за Чеддоком

Величина коефіцієнта парної кореляції	Характеристика сили зв'язку
До 0,3	Практично відсутній
0,3 – 0,5	Слабкий
0,5 – 0,7	Помітний
0,7 – 0,9	Сильний
0,9 – 0,99	Дуже сильний

Якщо $|\mathbf{r}_{\text{розрах}} \geq \mathbf{r}_{\text{крит}}|$, то із заданою ймовірністю (зазвичай 95 %) можна стверджувати, що між розглядуваними показниками існує значимий лінійний зв'язок. У зворотному випадку робиться висновок про відсутність такого зв'язку.

Коефіцієнт кореляції Спірмена, заснований на використанні рангів, використовується найчастіше для оцінки зв'язку якісних ознак, вимірюваних в порядковій шкалі. Але також може застосовуватись і для кількісних ознак при умові ранжування їх значень. Відповідна формула має вигляд:

$$p = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (2.9)$$

d_i – різниця між рангами факторної та результативної ознак,

n – кількість парних членів ряду значень показників.

Коефіцієнт рангової кореляції застосовується в дослідженні при перевірці узгодженості ранжувань експертів, про що йтиметься далі. Для визначення сили зв'язку між показниками ЗВ застосовується лінійний коефіцієнт кореляції.

Для випадку, коли розподіл значень показників не є нормальним, передбачено наступні основні перетворення вхідних даних:

1. $x' = \lg x$. При логарифмуванні вхідних даних ліва гілка кривої розподілу сильно розтягується, і розподіл приймає наближено нормальний характер.

2. $x' = \lg(x \pm a)$. Має місце при асиметричному розподілі з однією вершиною.

3. $x' = \frac{1}{x}$. Перетворення «обернена величина» вважається найбільш потужним.

4. $x' = x^a$. Степеневе перетворення слугує для нормалізації зсунутого вправо розподілу. При цьому $a = 1,5$ при помірному і $a = 2$ при сильно вираженому правому зсуненні.

Алгоритм визначення сили та значимості зв'язку між обчисленими, на основі користувацьких оцінок метрик, значеннями показників зручності використання представлено на рис. 2.5.

2.2.1. Регресійний аналіз

У випадку, коли на етапі кореляційного аналізу були визначені пари показників ЗВ, які мають значимий та сильний зв'язок, постає питання опису його форми, тобто рівняння регресії. Для точного опису рівняння регресії необхідно знати умовний закон розподілу залежного показника Y за умови, що показник X приймає значення x . На практиці отримати таку інформацію, як правило, не вдається, оскільки дослідник має лише вибірку пар значень (x_i, y_i) обмеженого об'єму n .

У даному випадку мова може йти лише про оцінку (апроксимацію) за вибіркою функції регресії. Такою оцінкою є вибіркова лінія (крива) регресії [42]:

$$\hat{y} = \hat{\varphi}(x, b_0, b_1, \dots, b_p), \quad (2.10)$$

де \hat{y} - умовна групова середня показника Y при фіксованому значенні показника $X = x$, b_0, b_1, \dots, b_p - параметри кривої.

Апроксимуючі рівняння (емпіричні формули) доцільно використовувати, оскільки:

1. Точний аналітичний вираз залежності між досліджуваними показниками ЗВ може залишатись невідомим і тому за необхідністю доводиться обмежуватись наближеними формулами емпіричного характеру.

2. Точна функціональна залежність виражається формулою настільки складною, що її безпосереднє застосування при обчисленнях є проблематичним.

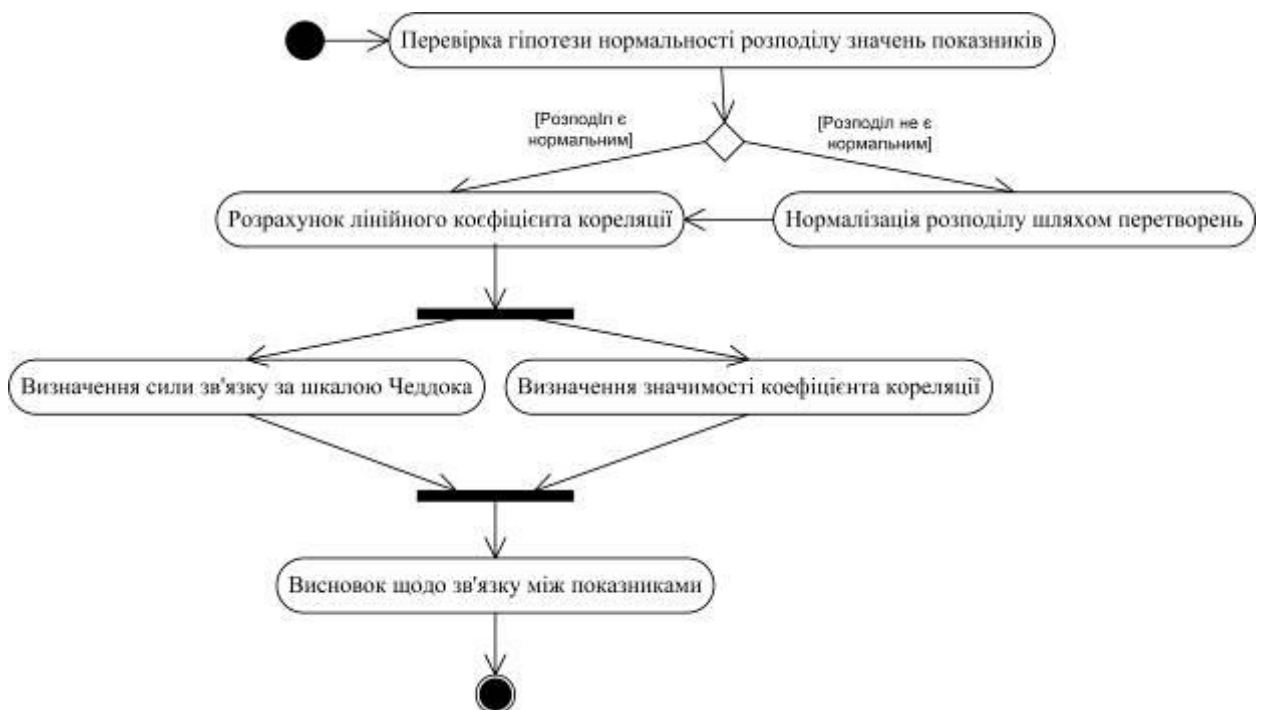


Рис. 2.5 Алгоритм визначення зв'язку між показниками ЗВ

Апроксимуючі рівняння (емпіричні формули) доцільно використовувати, оскільки:

3. Точний аналітичний вираз залежності між досліджуваними показниками ЗВ може залишатись невідомим і тому за необхідністю доводиться обмежуватись наближеними формулами емпіричного характеру.

4. Точна функціональна залежність виражається формулою настільки складною, що її безпосереднє застосування при обчисленнях є проблематичним.

Залежність між однією й тією ж самою парою показників можна виразити різними за видом рівняннями регресії. Найточніша апроксимація характеризується найбільшим співпадінням значень, обчислених за формулою, з дослідними даними.

Рівняння регресії перевіряється на значимість (адекватність моделі) за допомогою F-критерія (критерія Фішера):

$$F_{\text{емп}} = \frac{S_X^2}{S_Y^2}, \quad (2.11)$$

де S_X^2 і S_Y^2 - відповідно дисперсії двох вибірок, членами яких є значення залежних показників.

Перед застосуванням критерію Фішера необхідно перевірити виконання наступних умов:

1. Значення показників вимірюються в шкалі інтервалів або відношень.
2. Значення досліджуваних залежних показників ЗВ розподілені за нормальним законом.
3. Більша за величиною дисперсія знаходиться в чисельнику, а менша – в знаменнику.

Отже, якщо гіпотеза нормальності розподілу не підтверджується, то необхідно виконати відповідні математичні перетворення вхідних даних.

Для оцінки величини похибки в передбаченні емпіричних результатів використовуються табличні значення $F_{крит}$ [41]. Якщо $F_{емп} < F_{крит}$, то модель визнається адекватною, тобто з заданим ступенем достовірності вона вірно передбачає реальний результат. Якщо $F_{емп} > F_{крит}$, то робиться обернений висновок [40].

Результат виявлення форми зв'язку показників суттєво залежить від наступних основних факторів:

1. Вибору міри близькості залежної змінної (показника) до шуканої функції і методу побудови наближення (параметрів математичної моделі).
2. Вибору відповідного класу функції апроксимації (степеневі, логарифмічної тощо), який відповідає фізичній природі залежності між показниками ЗВ.
3. Методу оптимізації порядку модельної функції або числа членів ряду апроксимуючого виразу.

В рамках дослідження вищевказані фактори визначені наступним чином:

1. Міра наближення – квадратична. Реалізується в методі найменших квадратів (МНК) та забезпечує максимальну правдоподібність функції наближення при нормальному розподілі випадкової складової залежного показника Y :

$$\sum_k [y_k - \varphi(x_k)]^2 \rightarrow \min, \quad (2.12)$$

де $\varphi(x_k)$ - значення апроксимуючої функції.

2. У роботі розглядаються та програмно реалізовані наступні функції апроксимації:

- лінійна: $y = ax + b$;
- експоненціальна: $y = a + b \cdot e^{cx}$;
- логарифмічна: $y = a + b \cdot \ln x$;

- гіпербола: $y = a + \frac{b}{x}$;
- квадратична: $y = a + bx + cx^2$;
- кубічна: $y = a + bx + cx^2 + dx^3$;
- поліном степеня 4: $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$;
- поліном степеня 5: $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5$.

При інших рівних умовах доцільно використовувати функції з мінімальною кількістю параметрів, що забезпечує більше число степенів свободи, тобто менші значення дисперсії залишків.

3. Порядок моделі, як показали експериментальні дослідження на реальних оцінках користувачів, пропонується в більшості випадків використовувати не більше третього. При підвищенні порядку моделі в функцію апроксимації входить не лише регулярна складова даних, але все більша частка випадкових складових, яка з певного моменту не лише не наближує функцію апроксимації до регулярних складових, а навпаки – збільшує розходження.

Для оцінки якості наближення використовується коефіцієнт детермінації:

$$R^2 = \frac{D_\varphi}{D_Y}, \quad D = \frac{\left\{ \sum_k [y_k - \varphi(x_k)]^2 \right\}}{k - m}, \quad (2.13)$$

де D_φ та D_Y - дисперсії функції наближення та даних відповідно, m – кількість параметрів функції наближення, $(k - m)$ – число степенів свободи.

Якість апроксимації тим більша, чим ближче до 1 значення коефіцієнта детермінації [42].

Алгоритм регресійного аналізу залежності між показниками ЗВ зображено на рис. 2.6. Алгоритми кореляційного та регресійного аналізу, представлені на рис. 2.5 і рис. 2.6, були реалізовані в рамках розробленої ПС.

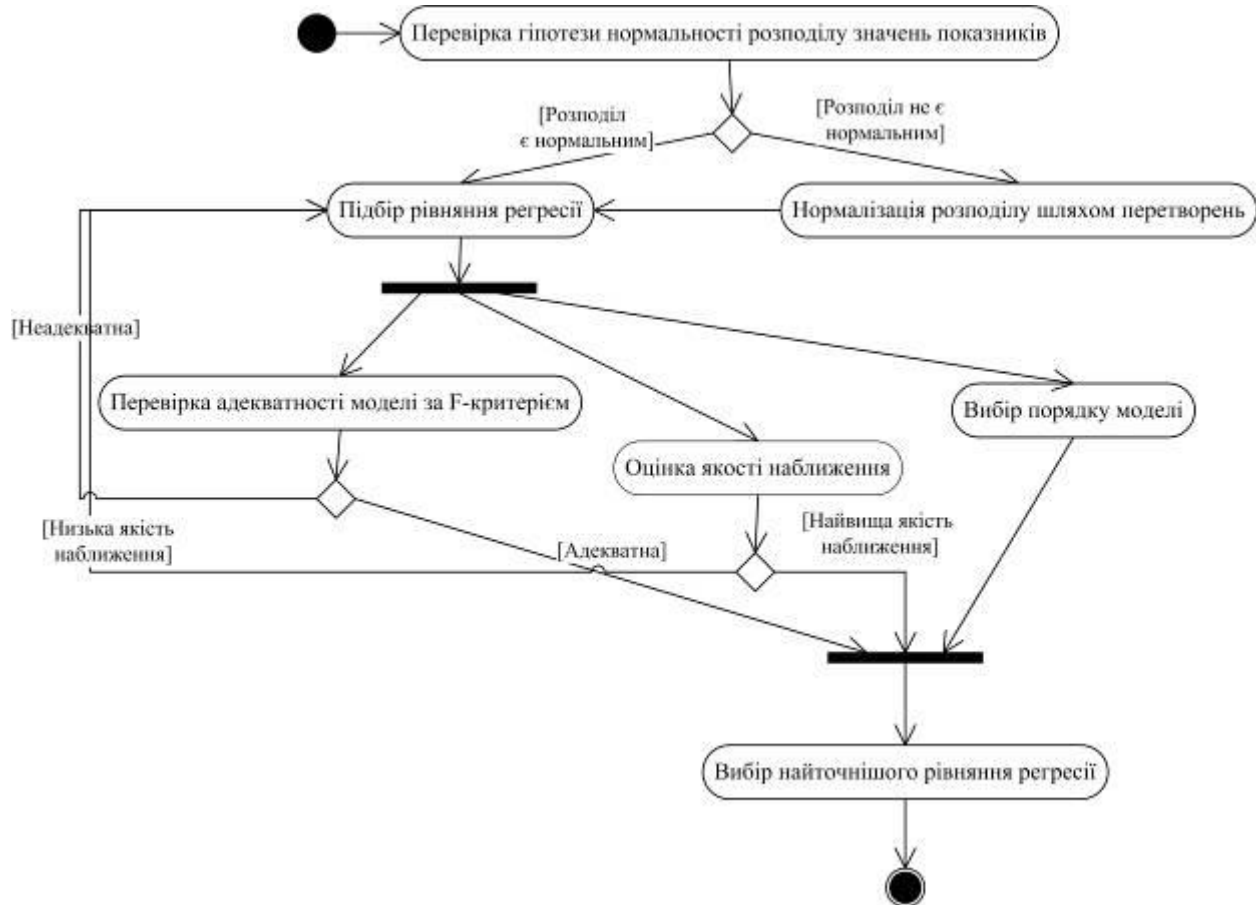


Рис. 2.6 Регресійний аналіз залежності між показниками ЗВ

Пропонується методика реалізації процесу управління змінами ЗВ, заснована на математичному апараті кореляційно-регресійного аналізу, що дозволяє встановити залежності між показниками ЗВ на основі оцінок користувачів. Встановлені залежності враховуються при аналізі впливу коригуючих дій на рівень ЗВ. Методика включає наступні етапи:

1. Встановлення сили та значущості зв'язку між показниками ЗВ. За умови ненормального розподілу значень показників ЗВ виконуються основні математичні перетворення вхідних даних.

2. Зображення залежності між показниками, за умови сильного і значущого зв'язку, у формі математичного виразу – рівняння регресії.

3. Аналіз варіанта забезпечення ЗВ на наявність показників, пов'язаних з іншими. Якщо такі показники є, то:

- а) при прямій залежності показників варіант може бути використаний;
- б) при оберненій залежності показників необхідно відкинути цей варіант зміни показників ЗВ.

2.3. Кількісний та якісний аналіз узгодженості експертів

Експертиза представляє собою потужний засіб обробки низько формалізованих даних, який дозволяє виділити найбільш обґрунтовані твердження спеціалістів-експертів та використовувати їх для підготовки різних рішень [43]. Виробленню колективного рішення щодо значимості(ваги) окремих метрик, показників та атрибутів ЗВ має передувати дослідження результатів експертного опитування з метою виявлення узгодженості суджень усіх експертів.

Оцінки експертів часто вимірюють у порядковій шкалі (типовими є задачі ранжування та класифікації об'єктів). Як показали численні дослідження, людина більш вірно і з меншими утрудненнями відповідає на питання якісного, порівняльного характеру, ніж кількісного [43].

Специфічними є підходи до перевірки узгодженості, що використовуються при оцінці об'єктів методом ранжування. У цьому випадку результатом роботи експерта є ранжування, що представляє собою послідовність рангів (для експерта j): $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}$.

Узгодженість між ранжуваннями двох експертів можна визначити за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Спірмена:

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2}{n(n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (2.14)$$

де x_{ij} – ранг, наданий і-му об'єкту j-им експертом;

x_{ik} – ранг, наданий і-му об'єкту k-им експертом;

d_i – різниця між рангами, наданими і-му об'єкту;

n – число парних членів ряду, або об'єм вибірки.

Величина r може змінюватися від -1 до $+1$. При повному співпадінні оцінок коефіцієнт дорівнює 1 , при найбільшому розходженні – -1 .

При необхідності визначення узгодженості ранжувань більше, ніж двох експертів, розраховується коефіцієнт конкордації – загальний коефіцієнт рангової кореляції для групи, що складається з m експертів. Він інтерпретується як нормована сума відхилень сумарного рангу і-го об'єкту від середнього сумарного рангу. Коефіцієнт конкордації обчислюється через статистику Фрідмана [44]. При відсутності зв'язаних (однакових) рангів:

$$W = \frac{S}{m(n-1)}, \quad (2.15)$$

$$\text{де } S = \frac{12}{m \cdot n(n+1)} \sum_{i=1}^n \left(\left(\sum_{j=1}^m x_{ij} \right)^2 - 3m(n+1) \right) - \text{ статистика Фрідмана (або } \chi^2$$

– хі-квадрат).

Коефіцієнт конкордації змінюється в діапазоні від 0 до 1 . Чим ближче коефіцієнт до 0 , тим менш узгодженими є оцінки експертів. Для оцінки ступеня узгодженості використовуватимемо шкалу Чеддока (табл. 2.1), а для значимості – порівняння S із табличним значенням S_T [41].

В аналізі експертної бази на узгодженість застосовують найчастіше розрахунок коефіцієнта конкордації Кендела. Останній не дає можливості якісного аналізу ситуації, оскільки не вказує на експертів, які є причиною

неузгодженості, а також не дає інформації про параметри, що мають найбільші розбіжності при ранжуванні експертами [45-46]. До того ж при обчисленні коефіцієнта конкордації перевіряється нульова гіпотеза, згідно якої ранжування незалежні та рівномірно розподілені на множині усіх ранжувань. Якщо ця гіпотеза приймається, то не можна говорити про узгодженість думок експертів. Якщо відхиляється – також не можна. Оскільки, наприклад, може бути два (або більше) центри, навколо яких групуються думки. Отже, точність коефіцієнта конкордації напряду залежить від однорідності об'єктів. Скупчення в розподілі можуть внести похибки в розрахунки.

На противагу недолікам обчислення коефіцієнту конкордації, було запропоновано метод узгодження кластеризованих ранжувань [44], що дозволяє «загнати» протиріччя всередину спеціальним чином побудованих кластерів (груп), у той час як упорядкування кластерів відповідає усім вихідним упорядкуванням. Це дозволяє побачити те загальне, що знаходиться у первинних ранжуваннях, та в певній мірі якісно оцінити ситуацію.

Для більш повного аналізу узгодженості експертних оцінок в дисертаційному дослідженні пропонується застосовувати методи інтелектуального аналізу даних (Data Mining) для вирішення задачі кластеризації, додатково розраховуючи коефіцієнт конкордації Кендела. Така рекомендація знаходиться в контексті концепції стійкості, яка наголошує на використанні різних методів для обробки одних і тих самих даних з метою виділити висновки, що отримуються одночасно при всіх методах. У той час як результати, що змінюються від метода до методу, залежать від суб'єктивізму дослідника.

2.4. Вибір методів Data Mining для аналізу структури ранжувань.

Інтелектуальний аналіз даних (Data Mining) — це процес виявлення в «сирих» даних практично корисних і доступних інтерпретації знань, необхідних для прийняття рішень в різних сферах людської діяльності.

Перший напрямок Data Mining – статистичні методи, які класифіковано на чотири групи [47]: описовий аналіз та опис первинних даних; аналіз зв'язків (сюди входить і розрахунок коефіцієнту рангової кореляції Спірмена); багатомірний статистичний аналіз (зокрема обчислення коефіцієнту конкордації Кендела та кластерний аналіз); аналіз часових рядів.

Другий напрямок Data Mining – кібернетичні методи. Це сукупність підходів, об'єднаних ідеєю комп'ютерної математики та використання теорії штучного інтелекту. Сюди входять шість груп методів [47]: штучні нейронні мережі, які поряд із задачами розпізнавання та прогнозу, також виконують і задачу кластеризації; еволюційне програмування; генетичні алгоритми; асоціативна пам'ять; нечітка логіка; дерева рішень; системи обробки експертних знань.

При класифікації методів Data Mining в залежності від задач вирізняють описові та прогнозуючі методи. До методів, направлених на отримання описових результатів, відносять ітеративні методи кластерного аналізу, у тому числі: алгоритм k-середніх, k-медіани, ієрархічні методи кластерного аналізу, карти Кохонена, різноманітні методи візуалізації тощо.

За способом розбиття на кластери алгоритми бувають ієрархічні та неієрархічні. Класичні ієрархічні алгоритми працюють лише з категорійними атрибутами, коли будується повне дерево вкладених кластерів. Відповідно для задачі визначення узгодженості оцінок експертів, які визначені на порядковій (числовій) шкалі, ієрархічні методи не підходять. Серед неієрархічних методів найбільш відомі алгоритм k-середніх та його модифікація – k-медіан. Цей алгоритм занадто чутливий до викидів, які можуть викривляти середнє; повільно працює на великих базах даних; не підходить для застосування на

даних, де можливі кластери, що перетинаються. З огляду на вказані недоліки відкидаємо алгоритм k -середніх для задачі оцінки узгодженості думок експертів.

Карти Кохонена, що застосовуються для кластеризації багатовимірних векторів, мають наступні переваги:

- використання універсального апроксиматора – нейронної мережі;
- навчання без учителя;
- самоорганізація мережі;
- простота реалізації;
- гарантоване отримання відповіді. Вони призначені для роботи з будь-якими числовими даними (у тому числі і порядковими).

Серед недоліків визначають питання мінімізації мережі та необхідність задання кількості кластерів (як і в алгоритмі k -середніх).

З огляду на наведений аналіз пропонується застосувати карти Кохонена для вирішення задачі оцінки узгодженості думок експертів шляхом вивчення структури сукупності ранжовань.

Карти Кохонена в загальному випадку представляють собою двошарову нейронну мережу, яка розбиває вхідний n -вимірний простір на m областей (кластерів), тобто мережа Кохонена складається з n нейронів вхідного шару і m нейронів вихідного шару [38].

Мережі, що називаються картами Кохонена (Self-Organizing Kohonen Maps, SOM), – це один із різновидів нейронних мереж, однак принциповою відмінністю є використання неконтрольованого навчання. При цьому навчальна множина складається лише із значень вхідних змінних, у процесі навчання немає порівняння виходів нейронів з еталонними значеннями. Головна мета – не мінімізація помилки, а налаштування ваги (внутрішніх параметрів нейронної мережі) для найбільшого співпадіння з вхідними даними. Така мережа вчиться розуміти структуру даних.

Карта Кохонена є спеціальним випадком мережі, що навчається методом змагання, у якій визначається просторовий окіл для кожного вихідного

елемента. Локальний окіл може бути квадратом, прямокутником чи колом. Початковий розмір околу встановлюється в межах від 1/2 до 2/3 розміру мережі й скорочується згідно певного закону (наприклад, згідно експоненційної спадної залежності). Під час навчання модифікуються усі ваги, пов'язані з переможцем та його сусідніми елементами.

Алгоритм навчання самоорганізованих карт досить стійкий щодо помилок та містить наступні кроки [38]:

1. Випадковим чином ініціюються вагові коефіцієнти нейронної мережі – w_i , $i = \overline{1, n}$, де n - кількість нейронів вхідного шару.

2. Задається початкове значення номеру ітерації – $t=1$.

3. На вхід мережі по черзі подаються усі вхідні образи. Для кожного образу виконуються наступні операції:

– визначається номер k нейрона-переможця, для якого $S_k = \max_j S_j$,

$j = \overline{1, m}$, $S = \sum_{i=1}^n w_i x_i$ - зважена сума, $\bar{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ - вектор вагових коефіцієнтів, $\bar{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ - вектор вхідних даних,

– розраховується активність вихідних нейронів

$$y_j = F(S_j) = \begin{cases} 1, & j = k, \\ 0, & j \neq k. \end{cases}$$

– змінюються вагові коефіцієнти нейрона-переможця за наступним правилом $\bar{w}_k(t+1) = \bar{w}_k(t) + \gamma(\bar{X} - \bar{w}_k(t))$, де параметр $0 < \gamma < 1$ називають швидкістю навчання.

4. Збільшується номер ітерації – $t = t + 1$.

5. Процедура навчання повторюється з кроку 3 доти, доки не буде отримано необхідну ступінь кластеризації або не перестануть змінюватися вагові коефіцієнти.

Застосування карти Кохонена до аналізу структури експертних ранжувань потребує попереднього самостійного визначення розміру карти (відповідно – кількості кластерів). Основні критерії:

- не повинно бути порожніх кластерів;
- середнє значення змінних в кластерах має суттєво відрізнитись (у протилежному випадку не має сенсу розглядати декілька кластерів замість одного).

У дослідженні пропонується використовувати розрахунок коефіцієнта конкордації Кендела разом із кластеризацією ранжувань експертів для визначення їх узгодженості на кількісному та якісному рівнях. Відповідний алгоритм представлено на рис. 2.7, а також реалізовано в розробленій програмній системі.

Зауважимо, що метод кластеризації може також застосовуватися для визначення узгодженості оцінок користувачів, які вони надають метрикам ЗВ. Замість коефіцієнта конкордації в цьому випадку доцільно використовувати статистичні характеристики – міри розсіювання, – оскільки застосовується шкала інтервалів:

- Варіаційний розмах $R = x_{\max} - x_{\min}$, де x_{\max} - максимальна оцінка метрики, x_{\min} - мінімальна оцінка метрики.

- Середнє квадратичне відхилення $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2}{m-1}}$, де x_j - оцінка, дана j-им користувачем, m – кількість користувачів, \bar{x} - середнє арифметичне оцінок користувачів.

- Коефіцієнт варіації $V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$.

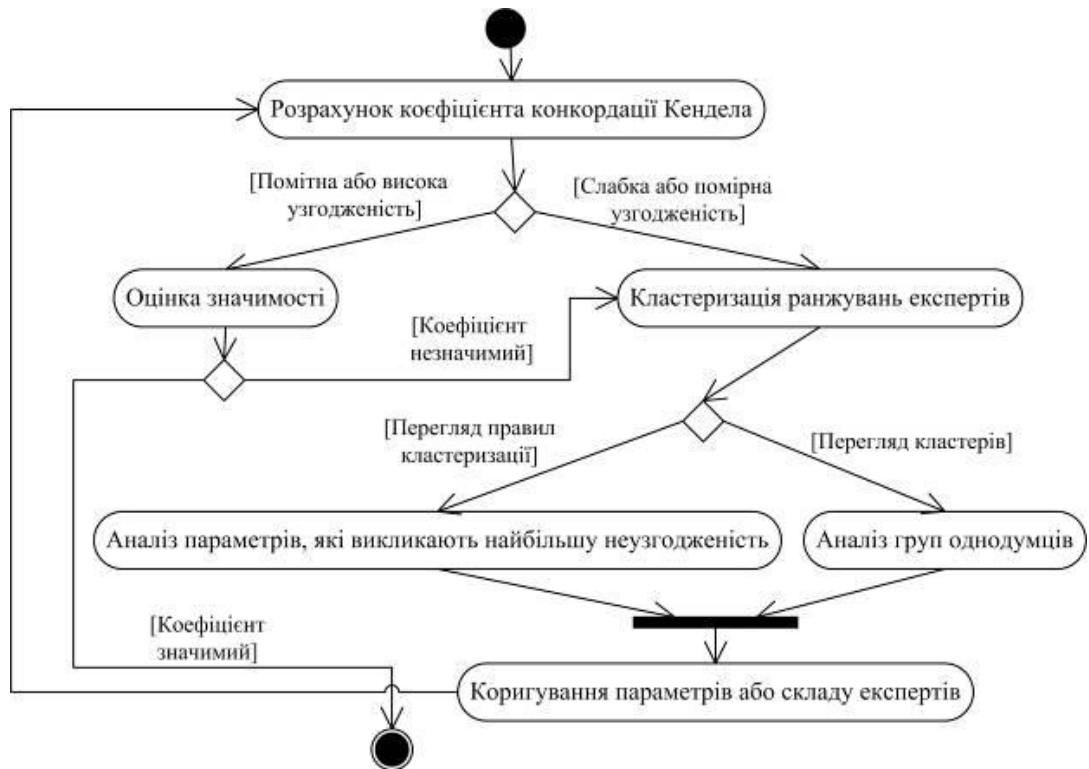


Рис. 2.7 Схема методики аналізу узгодженості ранжувань експертів

2.5. Визначення ваги метрик, показників та атрибутів ЗВ

Визначення ваги метрик, показників та атрибутів ЗВ з наступним обчисленням вагових коефіцієнтів – одна з основних задач ефективного використання описаної математичної моделі забезпечення ЗВ (формула (2.1)). Відповідні існуючі методи експертного опитування можна умовно розділити на дві групи: ті, що ґрунтуються на безпосередньому і ті, що ґрунтуються на опосередкованому порівнянні критеріїв за важливістю. Найбільш розповсюдженими методами визначення експертами значимості критеріїв є безпосередня оцінка, ранжування та повне парне порівняння [43]. В рамках розробленого методу управління ЗВ використовується ранжування.

Передбачається впорядкування критеріїв відповідно зі зменшенням їх відносної важливості. При цьому кожному складовому критерію нижчого рівня ієрархії (див. рис. 2.3) приписується ранг в рамках критерію вищого рівня, до якого він входить, – натуральне число, що характеризує його

порядковий номер. При неможливості розрізнити за важливістю два або декілька критеріїв використовується один і той самий ранг, значення якого є середнє суми місць, поділених цими критеріями. Результатом роботи експерта є ранжування, що представляє собою послідовність рангів (для експерта j):

$$x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}.$$

Якщо думки експертів виявляються узгодженими, то наступним кроком є визначення загального підсумкового ранжування. Оскільки відповіді експертів виміряні в порядковій шкалі, то для них неправомірно проводити усереднення методом середніх арифметичних.

Для побудови загальної думки експертів введемо скінченномірний дискретний простір рангів та метрику в ньому. Ранжування j -го експерта представляє собою точку R_j в просторі рангів. Метрика $d(R_i, R_j)$ - це відстань між ранжуваннями експертів i та j . Медіана Кемені дозволяє визначити групову думку як точку в просторі рангів, сума відстаней від якої до всіх інших точок є мінімальною [39]:

$$R_M = \arg \min_R \sum_{j=1}^m k_j d(R_j, R), \quad (2.16)$$

де R_M - медіана Кемені або підсумкове ранжування, k_j - коефіцієнт компетентності експерта j , R - поточне ранжування, за яким проводиться мінімізація.

Метрику відстані визначимо наступним чином [30]:

$$d(R_i, R_j) = \sum_{k=1}^n |x_{ki} - x_{kj}|, \quad (2.17)$$

де k – кількість критеріїв в ранжуванні.

Медіана Кемені має стійкість відносно незначної зміни складу експертної комісії, а при збільшенні числа експертів вона наближається до деякої границі. Цю границю природно розглядати як істинну думку експертів, від якої кожен із них відхиляється з випадкових причин. Обчислення медіани Кемені - завдання цілочисельного програмування. Для її знаходження використовуються різні алгоритми дискретної математики, зокрема, засновані на методі гілок і границь [29].

Виходячи з підсумкового ранжування, можемо визначити ваговий коефіцієнт для кожного критерію ЗВ програмного продукту, використовуючи шкалу Фішберна [41]:

$$p_i = \frac{2(n - i + 1)}{n(n + 1)} \quad (2.18)$$

де p_i – коефіцієнт значимості i -го критерію; i – ранг поточного критерія в підсумковому ранжуванні ; n – кількість критеріїв.

2.6. Висновки по розділу

1. Розроблено метод управління зручністю використання програмних продуктів, принциповою особливістю якого є те, що в ньому передбачається не лише оцінка, але й управління ЗВ в процесі створення та супроводу ПП. Останнє досягається за рахунок автоматизованої побудови варіанту забезпечення заданого рівня ЗВ на наступній ітерації оптимальним чином на основі математичних моделей оцінки та забезпечення ЗВ, орієнтованих на використання відгуків користувачів.

2. Обґрунтовано математичну модель забезпечення ЗВ, яка базується на розробленій багатокритеріальній моделі оцінки ЗВ. Задача забезпечення ЗВ зводиться до вирішення двокритеріальної оптимізаційної задачі методом

головного критерію з цільовою функцією трудомісткості. Застосування моделей оцінки та забезпечення ЗВ, які є формалізованим представленням методу управління ЗВ, забезпечує конструктивне рішення задачі досягнення ЗВ в процесі створення та супроводу ПП.

3. Показано можливість встановлення залежностей між показниками ЗВ шляхом застосування кореляційно-регресійного аналізу, що дозволяє реалізувати процес управління змінами ЗВ. Визначені залежності враховуються при аналізі впливу коригуючих дій на рівень ЗВ.

4. Обґрунтовано корисність комбінованого підходу до перевірки експертних ранжувань на узгодженість, а саме: використання методів інтелектуального аналізу даних, зокрема кластерного аналізу методом карт Кохонена, у сукупності з обчисленням коефіцієнта конкордації. Такий підхід дає не тільки кількісну, але і якісну картину, дозволяючи виявити причини в разі неузгодженості ранжувань експертів, а також відповідає концепції стійкості.

РОЗДІЛ 3

ЗАСІБ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ

СУПРОВОДУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1. Розробка функціональних вимог та архітектури програмної системи підтримки процесу управління зручністю використання програмних продуктів в процесі їх створення та супроводу

Програмна система управління зручністю використання в процесі створення і супроводу програмних продуктів повинна забезпечувати реалізацію функціональних вимог, модель яких представлено за допомогою діаграми станів на рис. 3.1. Існуючі інструменти не забезпечують реалізацію розробленого методу управління ЗВ, тому постає задача створення відповідної програмної системи, функціональність якої наведено нижче.

Вимога завантаження результатів опитування в БД забезпечується наступними функціями системи:

- авторизація експерта;
- вибір шаблону форми загрузки даних;
- заповнення шаблону даними з БД;
- пересилання заповненого шаблону анкети користувачу/експерту;
- внесення даних опитування в БД;
- сповіщення користувача/експерта про успішність внесення

анкетних даних.

Вимога виконання первинного статистичного аналізу даних реалізується за допомогою функцій системи:

- імпорт з БД оцінок (метрик) та рангів метрик, показників, атрибутів ЗВ;
- розрахунок математичного сподівання, медіани, дисперсії, коефіцієнтів ексцесу та асиметрії;

- побудова двовимірної гістограми розподілу значень оцінок та рангів.
- внесення даних опитування в БД;
- сповіщення користувача/експерта про успішність внесення анкетних даних.

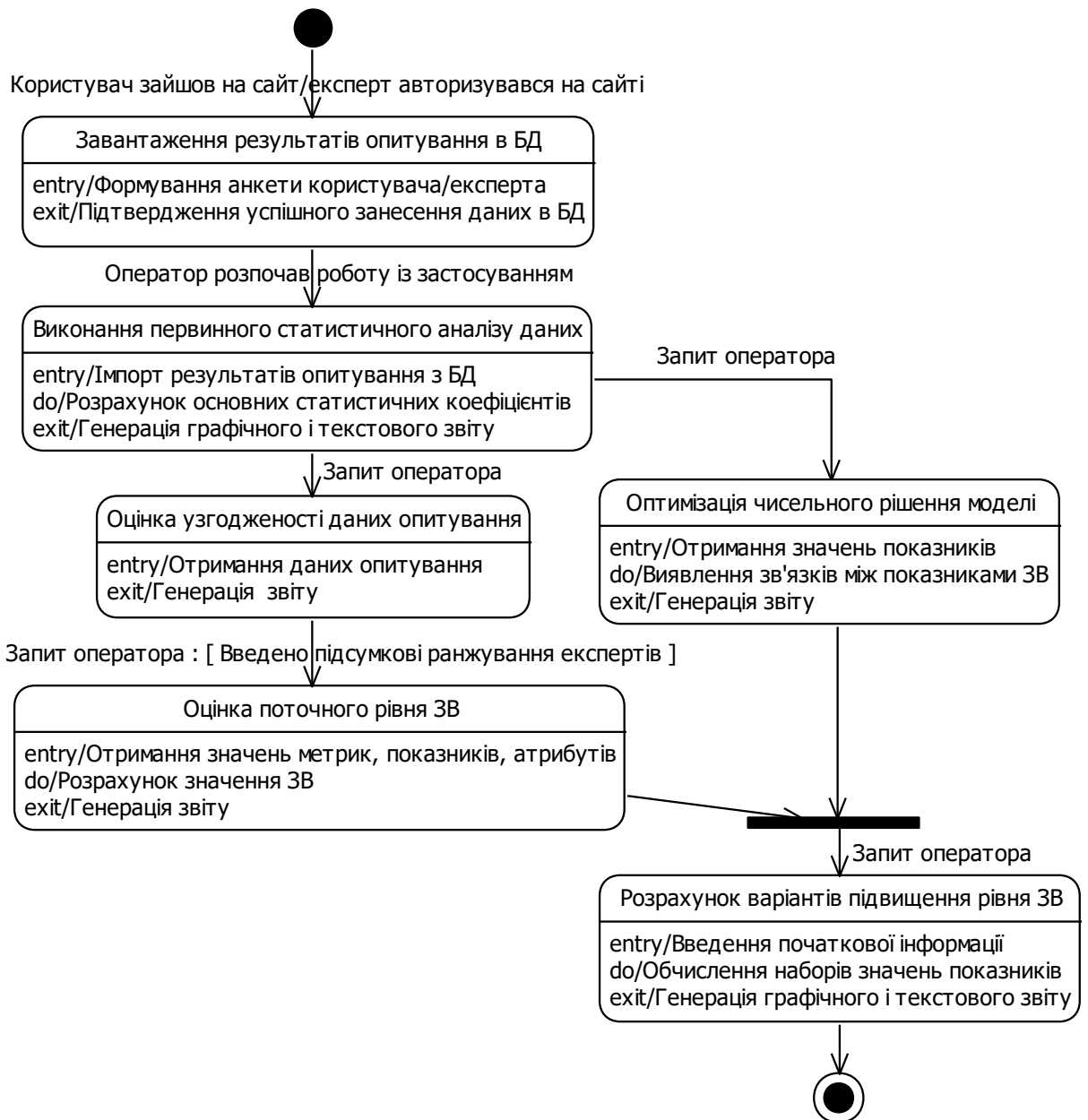


Рис. 3.1 Модель функціональних вимог до програмної системи

Вимога виконання первинного статистичного аналізу даних реалізується за допомогою функцій системи:

- імпорт з БД оцінок (метрик) та рангів метрик, показників, атрибутів ЗВ;
- розрахунок математичного сподівання, медіани, дисперсії, коефіцієнтів ексцесу та асиметрії;
- побудова двовимірної гістограми розподілу значень оцінок та рангів.

Вимога оцінки узгодженості даних опитування забезпечується функціями системи:

- розрахунок коефіцієнта конкордації окремо для користувачів та експертів;
- виконання кластерного аналізу на даних опитування експертів.

Вимога оцінки поточного рівня ЗВ виконується за допомогою функцій:

- введення підсумкових рангів метрик, показників, атрибутів ЗВ;
- розрахунок вагових коефіцієнтів метрик, показників, атрибутів ЗВ;
- розрахунок поточного рівня ЗВ.

Вимога оптимізації чисельного рішення моделі реалізується через наступні функції:

- розрахунок математичного сподівання, медіани, дисперсії, коефіцієнтів ексцесу та асиметрії для значень показників ЗВ;
- зміна закону розподілу згідно обраного математичного перетворення;
- розрахунок коефіцієнтів кореляції для всіх пар показників;
- вибір виду регресії для обраних пар показників;
- розрахунок коефіцієнту детермінації та рівняння регресії;
- побудова графіку лінії регресії.

Вимога розрахунку варіантів підвищення рівня ЗВ забезпечується функціями системи:

- введення формули залежності між показниками;
- введення значення бажаного рівня ЗВ;
- введення кроку перебору значень показників;
- обчислення наборів показників, які задовольняють умовам;
- побудова тривимірного точкового графіка, по осях: сума змін показників в розглядуваному варіанті, максимальна вага показника, початкове значення показника з максимальною вагою;
- при виборі точки на графіку виводиться інформація щодо назви показників, їх початкових значення та необхідної величини зміни.

Для реалізації вищевказаних функціональних вимог пропонується використати гібридну архітектуру (рис. 3.2) програмного забезпечення, яка поєднує в собі елементи клієнт-серверної архітектури та архітектури, орієнтованої на БД.

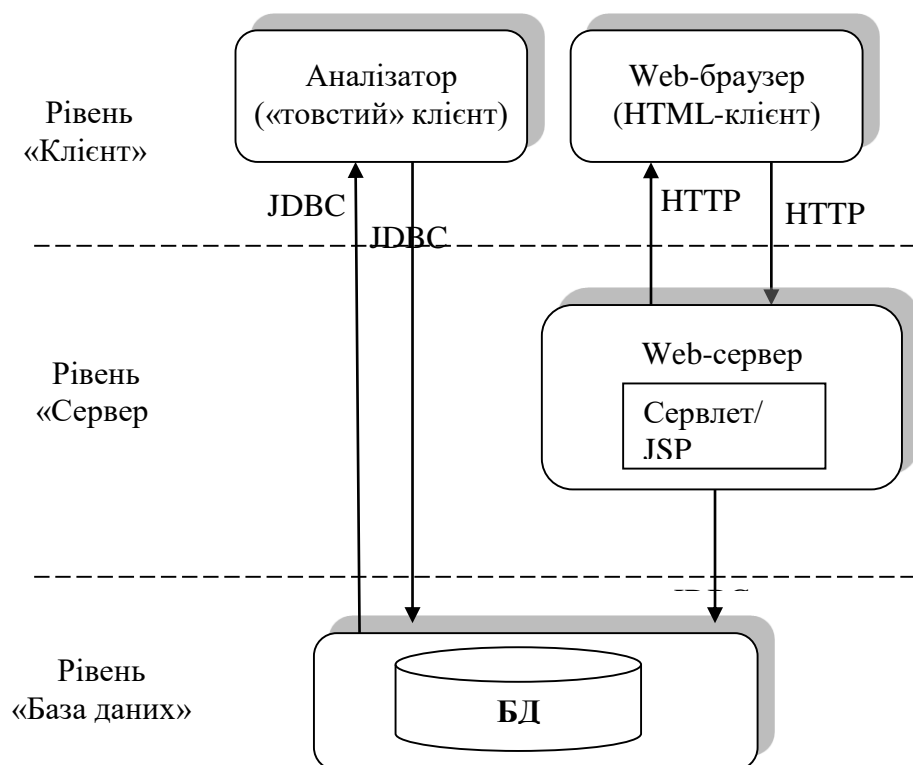


Рис. 3.2 Архітектура програмної системи за шарами Фаулера

Такий вибір обумовлений необхідністю централізованого збору даних (веб-сайт) та їх довготривалого зберігання (БД). Пропонується застосувати модель «товстого клієнта» для обробки даних на стороні клієнта-застосування, оскільки обробка є досить ресурсоємною та інтерактивною.

3.2. Характеристика компонентів архітектури програмної системи супроводу програмного забезпечення

Згідно запропонованого в дослідженні методу створена програмна система забезпечує збір інформації щодо зручності використання програмних продуктів у вигляді оцінок користувачів та суджень експертів з наступною її обробкою. Мета – визначення ключових напрямів покращення характеристик ЗВ досліджуваного ПП. Програмна система управління ЗВ вирішує вказану задачу за допомогою автоматизації збору інформації на базі опитування користувачів та формування даних для експертного рішення на основі математичних моделей оцінки та забезпечення ЗВ.

Система складається з трьох основних частин:

1. Web-сервер, що забезпечує збір даних.
2. База даних, яка зберігає зібрану інформацію та налаштування системи.
3. Аналізатор, що забезпечує управління системою, аналіз даних та виведення результатів.

3.2.1. Web-сервер JSP

При створенні web-серверу використовувалась технологія Java Server Pages (JSP) [36-38]. Відповідні сервлети, у які перетворюються JSP документи перед використанням, поміщені у web-контейнер Apache Tomcat [39-40] (рис. 3.3), що забезпечує обмін даними між сервлетом та користувачами,

виконує функції створення програмного середовища для функціонуючого сервлета, ідентифікації та авторизації експертів, організації сесії для кожного з них. Вибір вказаного контейнера пояснюється відкритістю його коду, невеликим розміром проекту і легкістю установки та налаштування. Статичні вихідні дані JSP сторінки оформлені в форматі HTML. JSP сторінки зберігаються в наступних файлах:

- Index.jsp. Це сторінка, яку за замовчанням веб-сервер відсилає браузеру, коли користувач заходить на сайт, щоб заповнити анкету.
- Login.jsp. Це сторінка вибору режиму опитування «Користувач» або «Експерт». При виборі останнього передбачено введення логіну та паролю.
- Quiz.jsp. Це сторінка, де безпосередньо розміщені запитання анкети.
- Process.jsp. Це сторінка, яка з'являється після відправки даних користувачем та повідомляє про успішність.

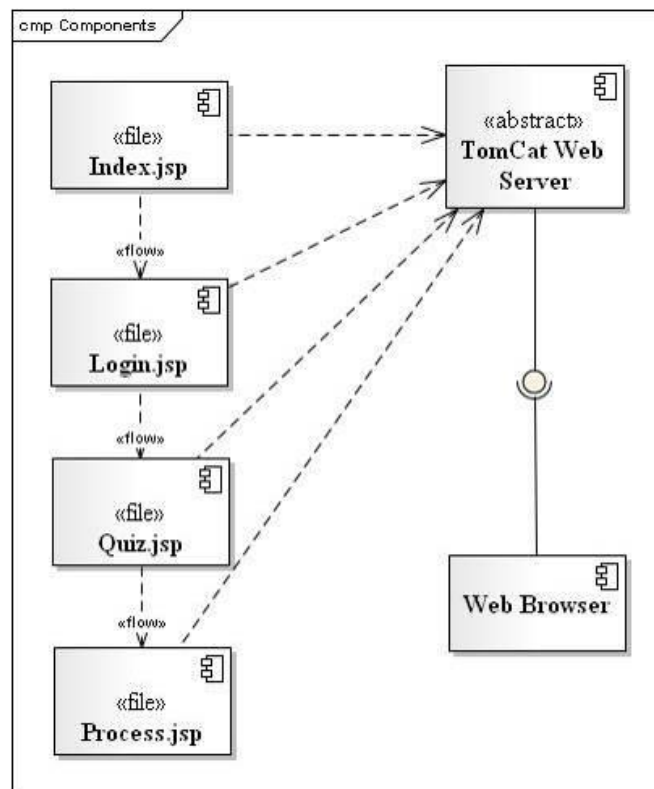


Рис. 3.3 Компоненти web-серверу

Архітектура web-серверу є найпростішим однорівневим рішенням, коли JSP сторінка одночасно містить контролер обробки запитів, шаблон представлення і Java-компонент, який здійснює завантаження даних з сервера БД.

3.2.2. Реалізація схеми бази даних

Як було зазначено, web-сервер забезпечує ефективний і надійний збір даних, їх перевірку і відправку на сервер. На сервері дані зберігаються в базі, що управляється MySQL [41-42]. Вибір даної БД обумовлений особливостями розв'язуваної задачі управління ЗВ: порівняно малий обсяг збережених даних і невелике число з'єднань таблиць при виконанні запитів дають можливість використовувати цю ефективну й економічну щодо ресурсів систему.

БД містить таблиці чотирьох типів (рис. 3.4):

1. Таблиці зв'язків: `attribute_indicator_map`, `indicator_metric_map`, `metric_question_map`. Містять зв'язки між атрибутами і показниками, показниками і метриками, метриками та оцінками користувачів відповідно до ієрархічної моделі критеріїв ЗВ, обґрунтованої в другому розділі. Конкретизація вказаних зв'язків виконана в рамках практичної реалізації в четвертому розділі.

2. Таблиці ідентифікаторів `attributes_dict`, `indicator_dict`, `metric_dict`, `question_dict`, `experts_dict`, `users_dict` для атрибутів, показників, метрик, оцінок ЗВ, експертів та користувачів відповідно.

3. Таблиці числових оцінок та рангів, які виставляються критеріям ЗВ досліджуваного ПЗ, наприклад, `attributes_answers` (для користувачів) та `attributes_answers_exp` (для експертів).

4. Таблиця із загальними налаштуваннями («settings») програмного комплексу оцінки та управління ЗВ, такими як максимально допустиме число

Фізичні компоненти аналізатора зображено на рис. 3.5. Можна виділити наступні підсистеми аналізатора:

- підсистема завантаження та первинного аналізу даних опитування;
- підсистема оцінки ЗВ та узгодженості відповідей користувачів/експертів;
- підсистема визначення залежностей між показниками ЗВ;
- підсистема розрахунку варіантів забезпечення ЗВ.

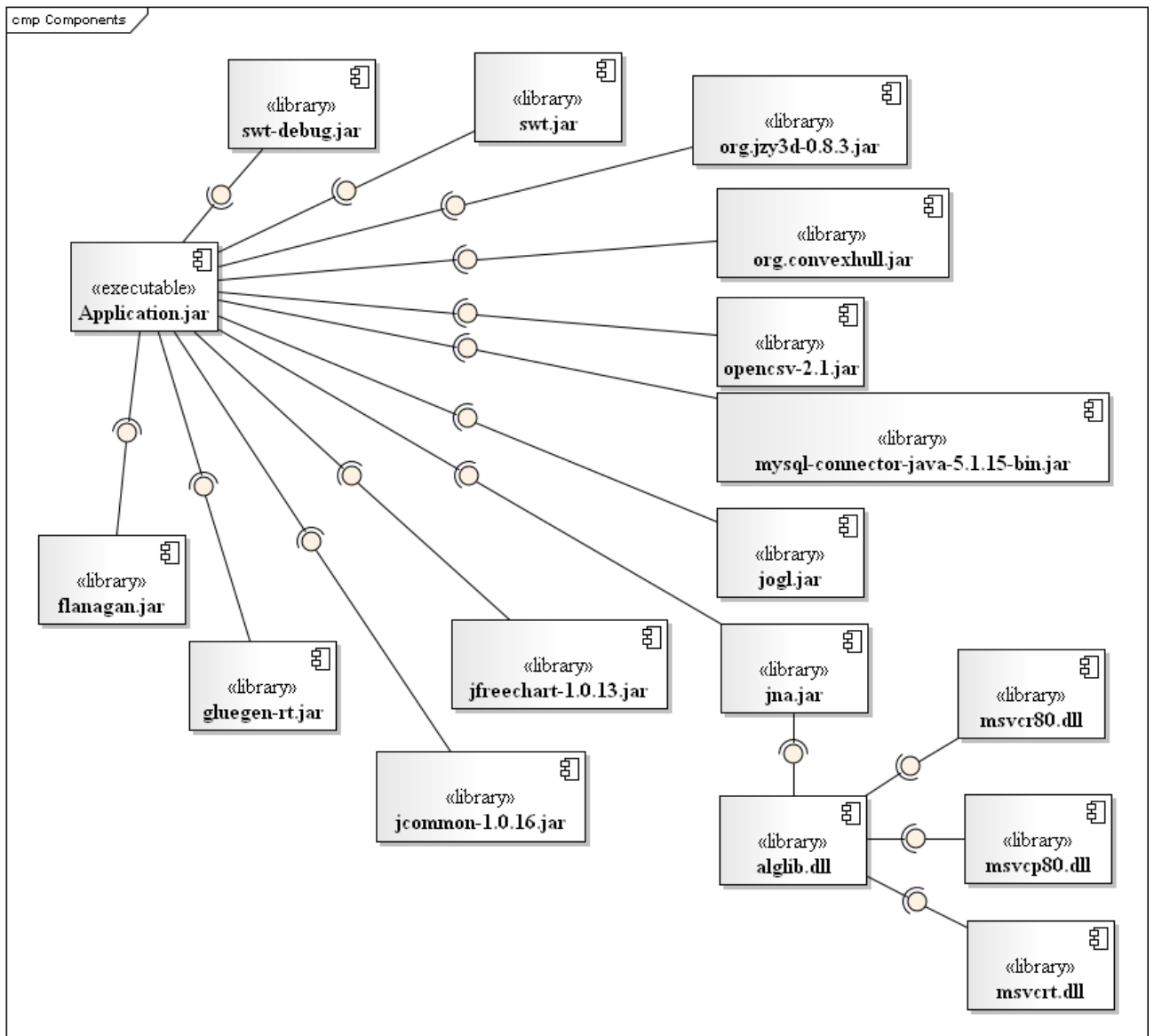


Рис. 3.5 Фізичні компоненти аналізатора

Інтерфейсна частина аналізатора відділена від моделі даних і містить елементи інтегрованого контролера. З метою зручності доступу до класу `ModelController`, який фактично містить модель даних та забезпечує доступ до неї для всіх компонентів програмної системи, а також для гарантії єдності моделі даних використовується породжуючий шаблон проектування Singleton (рис. 3.6). Статична функція `Get()` завжди повертає один і той самий екземпляр `ModelController`.

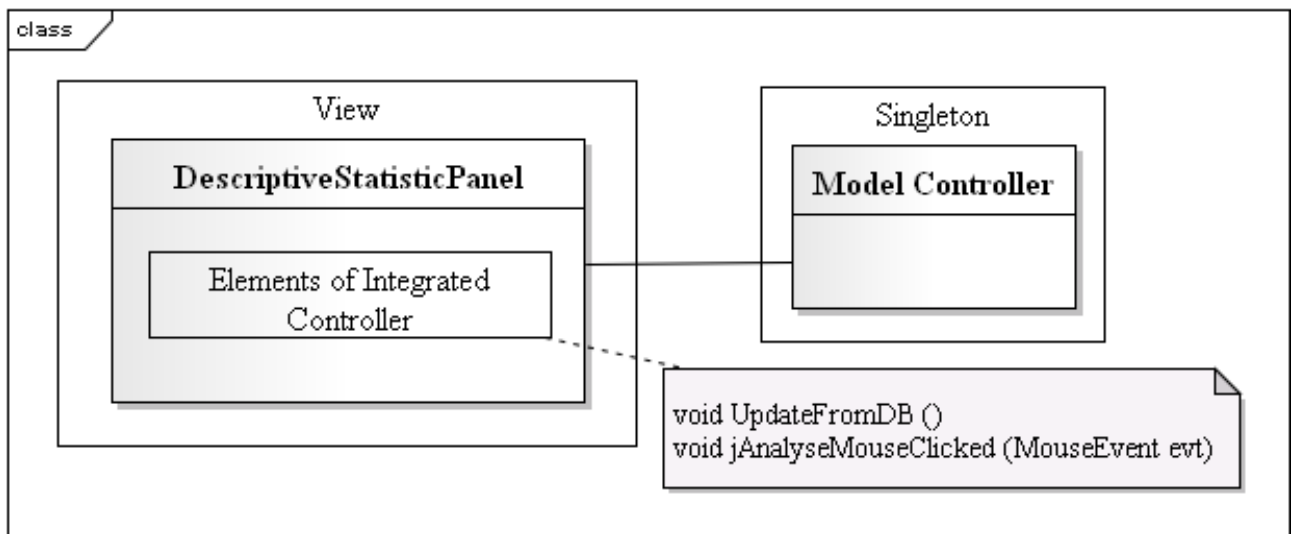


Рис. 3.6 Використання шаблону проектування Singleton

Можливі варіанти використання програмної системи представлено діаграмою прецедентів на рис. 3.7. Наведемо один з варіантів використання кожного з прецедентів.

Варіант використання 1:

- Заповнити анкету
- Рівень: ціль користувача
- Основна дійова особа: користувач
- Тригер: користувач запустив web-браузер.

Головний успішний сценарій:

1. Користувач відкриває сторінку завантаження даних.

2. Система обирає шаблон форми загрузки, заповнює його даними з бази та пересилає користувачу.
3. Користувач заповнює шаблон анкети та підтверджує внесені дані.
4. Система вносить отримані дані в базу.
5. Система сповіщає користувача про успішне занесення даних.

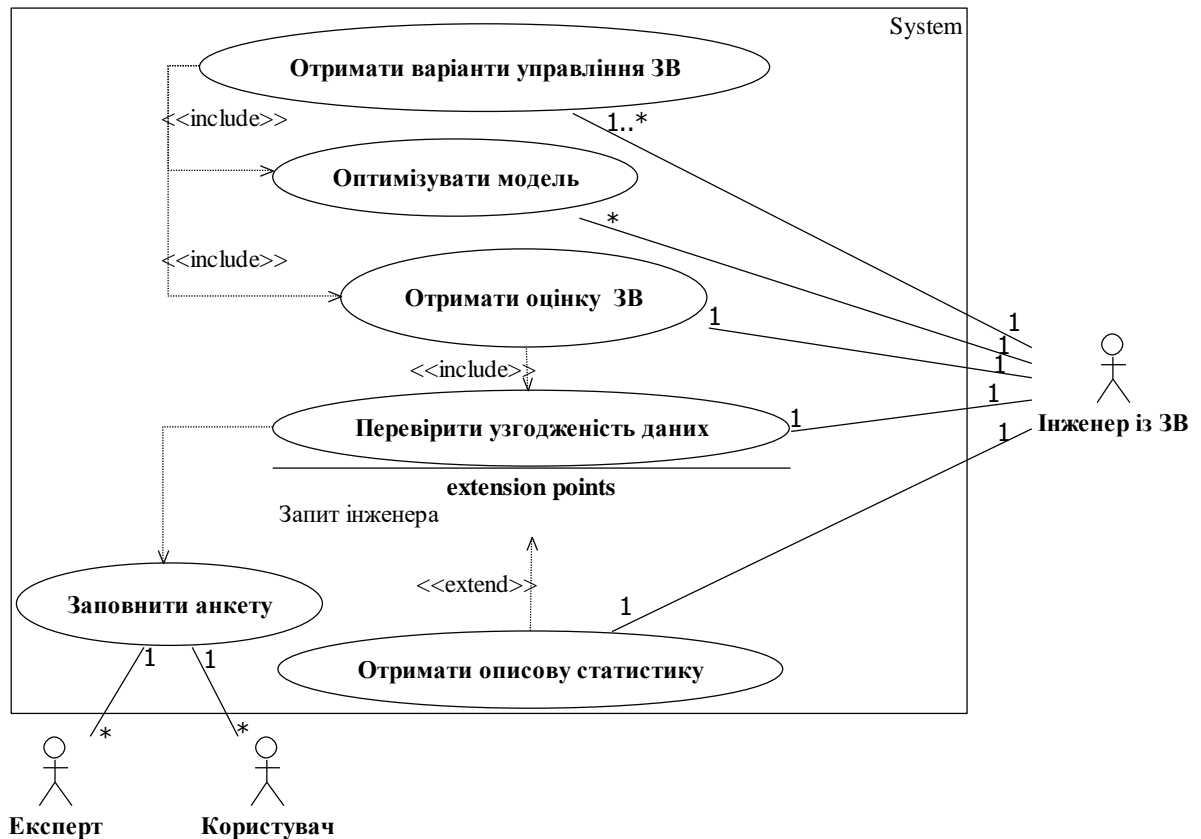


Рис. 3.7 Варіанти використання програмної системи

Точки розширення:

- 1а. Користувач є експертом предметної області.
 - 1: Експерт вводить логін та пароль.
 - 2: Система здійснює авторизацію експерта.
- 5а. Система не підтверджує успішне занесення даних.
 - 1: Користувач може повторити заповнення та відправку даних або закінчити сеанс.

3.2.4. Збір даних та підсистема завантаження і первинного аналізу даних опитування

Інформація щодо задоволеності користувачів отримується за допомогою опитування – найбільш розповсюдженого методу збору первинних даних. Опитування зводиться до ряду закритих запитань, що передбачають кількісні відповіді в порядковій та інтервальній шкалі. На рис. 3.8 діаграмою послідовності зображено взаємодію користувача та програмної системи на етапі збору даних. Шаблон анкети, який заповнюється даними з бази та пересилається користувачу (рис. 3.9), містить набір атрибутів, показників, метрик і питань для оцінки метрик відповідно до ієрархічної моделі ЗВ.

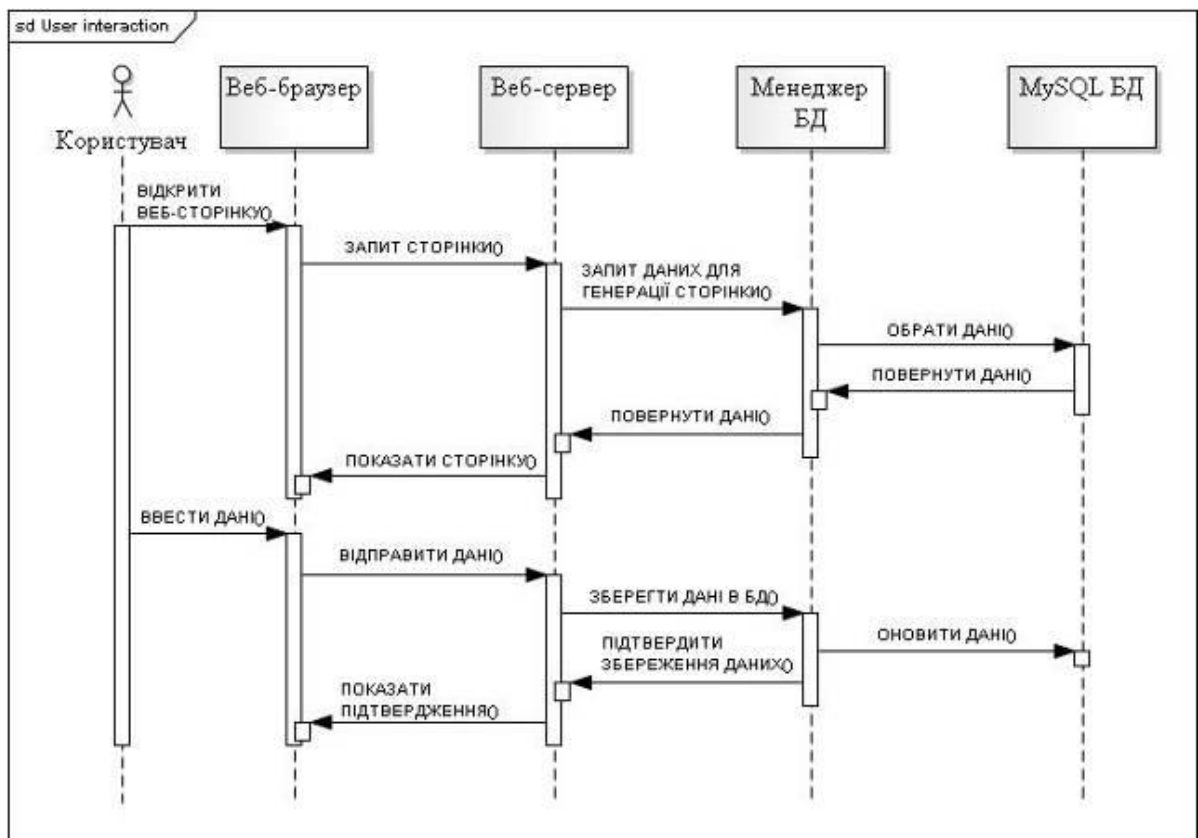


Рис. 3.8 Етап збору даних

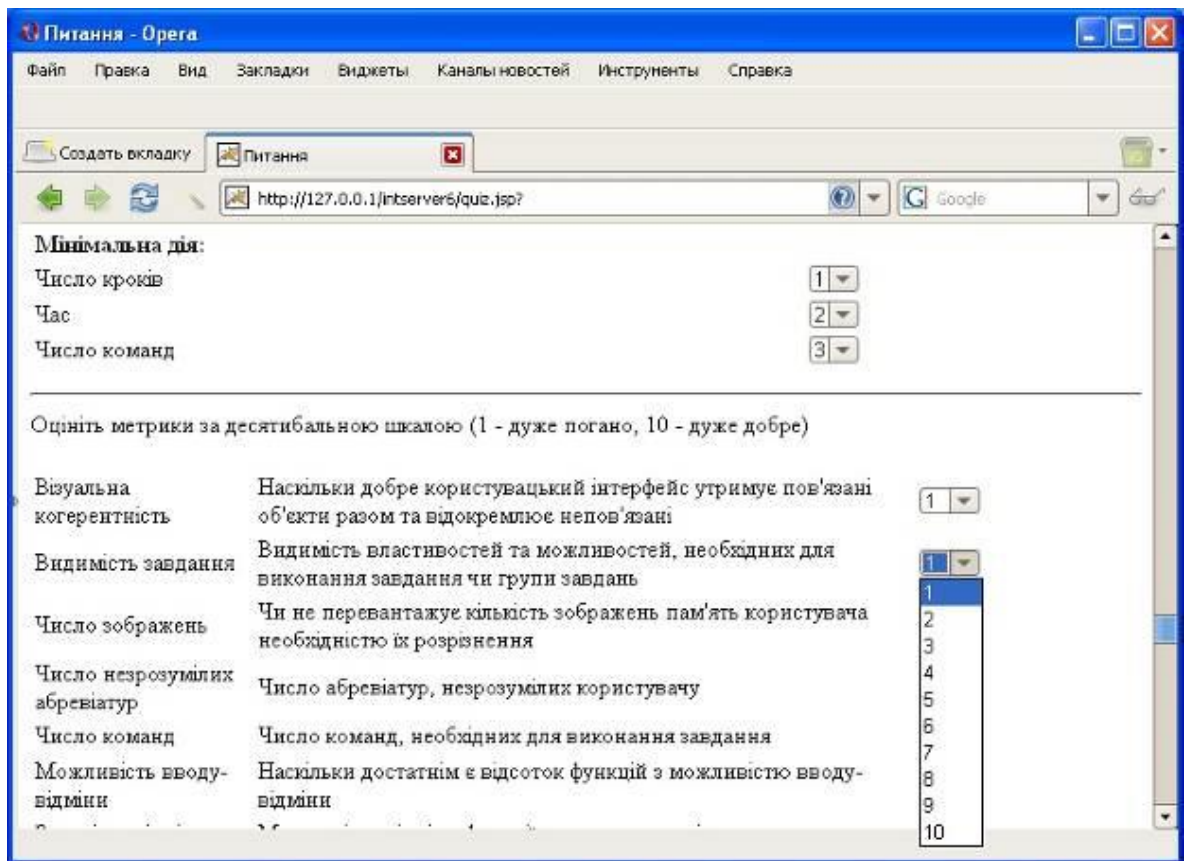


Рис. 3.9 Інтерфейс опитування

Коли опитування проведено, інженер зі ЗВ може приступати до первинної обробки даних, використовуючи підсистему завантаження і первинного аналізу даних.

Вкладка «Описова статистика» (рис. 3.10) призначена для перегляду закону розподілу оцінок та рангів, а також обрахунку основних статистичних коефіцієнтів: математичного сподівання, медіани, дисперсії, коефіцієнтів ексцесу та асиметрії. Інженер із ЗВ повинен натиснути кнопку «Аналіз». Підсистема через компоненти інтегрованого контролеру, які містить інтерфейс, отримує з моделі (клас ModelController) ранги метрик, показників, атрибутів та оцінки критеріїв ЗВ і, використовуючи клас LowLevelStat-AlgorithmsWrapper та бібліотеки jfreechart-1.0.13 [46] і alglib [47], виконує розрахунки статистичних коефіцієнтів і будує двовимірну гістограму розподілу значень оцінок та рангів.

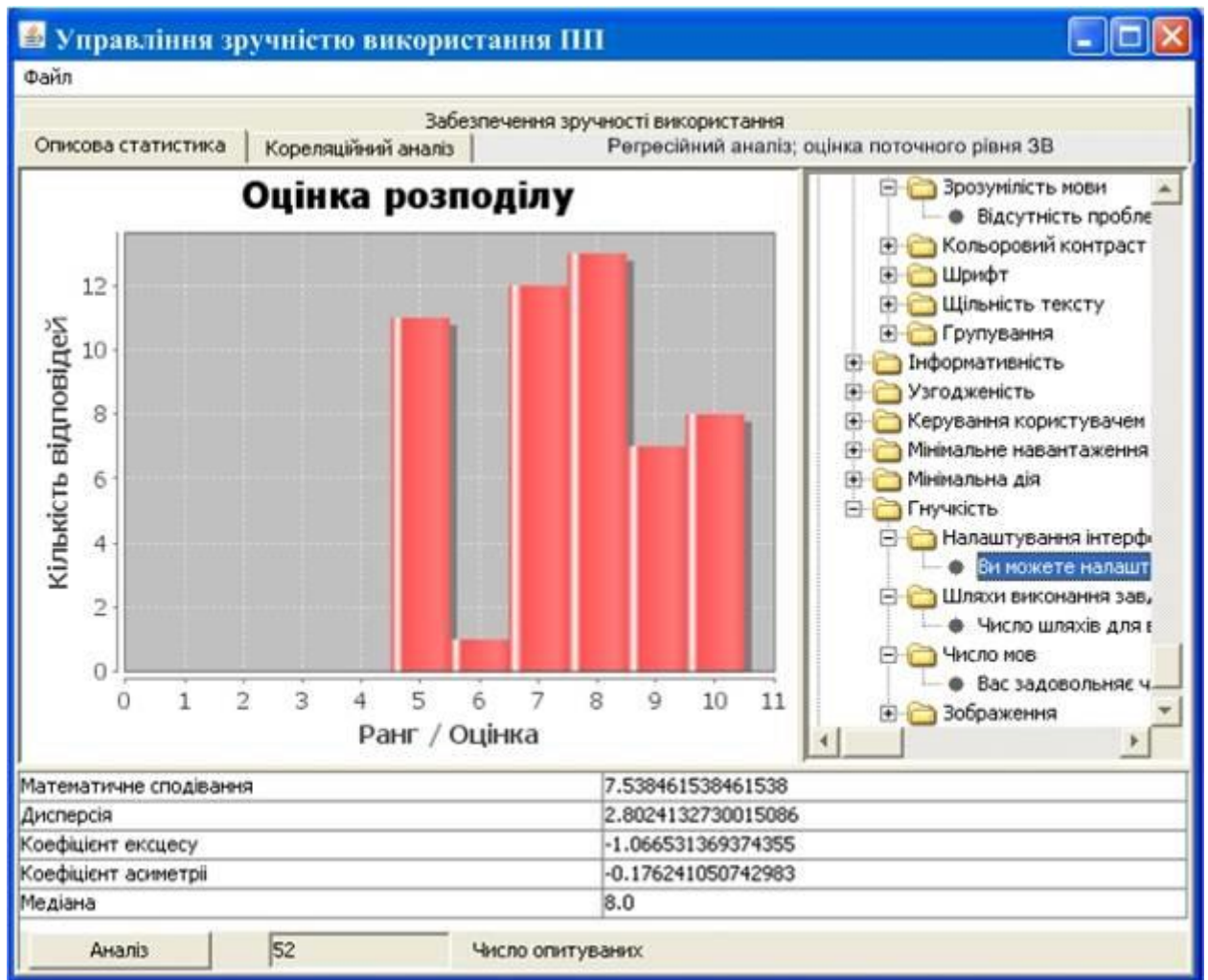


Рис. 3.10 Інтерфейс описової статистики

Результати виводяться у числовій і графічній формі відповідно. Міри центральної тенденції характеризують центральне значення, навколо якого розподілені значення відповідей користувачів. Якщо закон розподілу величин близький до нормального, то для його опису добре підходить математичне сподівання (перший момент розподілу). Якщо ж розподіл має досить довгі або широкі хвости, то для оцінки «центрального» значення бажано використовувати медіану, оскільки математичне сподівання вибірки може дуже повільно збігатися до «істинного» математичного сподівання розподілу. Дисперсія є мірою розсіювання і характеризує розкид, з яким випадкова величина розподіляється навколо свого центрального значення.

Міри форми розподілу дозволяють проаналізувати основні риси «зовнішнього вигляду» розподілу: ступінь асиметрії відносно центрального значення (коефіцієнт асиметрії) та ступінь крутизни (коефіцієнт ексцесу) порівняно з нормальним розподілом.

Переглянувши вищезгадану статистику, інженер зі ЗВ може зробити первинний висновок щодо якості зібраних даних і в разі незадовільних результатів сповістити про необхідність повторного збору та корекції даних.

3.2.5. Підсистема оцінки ЗВ та узгодженості відповідей користувачів/експертів

У рамках програмної реалізації вирішується задача перевірки узгодженості ранжувань експертів, обчислення ваги критеріїв ЗВ, а також поточного рівня ЗВ згідно запропонованого методу. Виконання відповідних функцій системою ініціюється інженером із ЗВ через користувацький інтерфейс, а саме: інженер має вказати очікуване число кластерів та натиснути кнопку «Аналіз». Підсистема через компоненти інтегрованого контролера, які містить інтерфейс, отримує з моделі ранги метрик, показників і атрибутів та, використовуючи клас `LowLevelStatAlgorithmsWrapper`, виконує розрахунки. Результати виводяться у формі звіту, у якому відображається коефіцієнт конкордації та розподіл експертних ранжувань по кластерах [38] (рис. 3.11). При достатній узгодженості думок експертів передбачено введення результуючих ранжувань по атрибутах, показниках та метриках окремо (рис. 3.12).

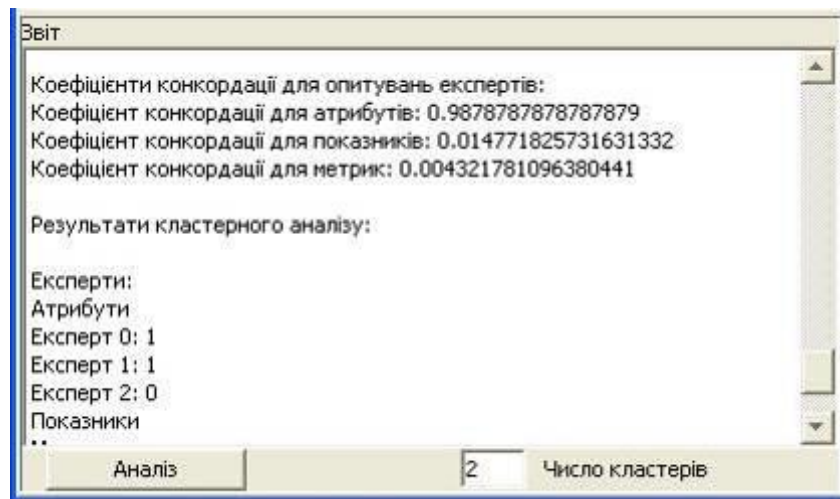


Рис. 3.11 Інтерфейс оцінки узгодженості ранжувань експертів

Розрахунок вагових коефіцієнтів	
Атрибути	
Назва	Підсумковий ранг
Можливість навчання	2
Доступність	5
Операбельність	3
Показники	
Назва	Підсумковий ранг
Правильність	3
Відгук	4
Узгодженість	5
Метрики	
Назва	Підсумковий ранг
Візуальна когерентність	4
Видимість завдання	2
Число зображень	3

Рис. 3.12 Інтерфейс введення експертних ранжувань

Після введення ранжування, підсистема виконує розрахунок вагових коефіцієнтів і поточного рівня ЗВ програмного продукту, що аналізується. Результати в числовому вигляді відображаються у формі звіту, після чого управління повертається до користувацького інтерфейсу. Якщо поточний рівень ЗВ співпадає або більше, ніж заданий, інженер із ЗВ може завершити роботу із аналізатором.

3.2.6. Підсистема визначення залежності між показниками ЗВ

Підсистема побудови зв'язків всередині математичної моделі забезпечення ЗВ дозволяє вирішити відповідні задачі визначення залежних показників та побудови лінії регресії, видачі емпіричної залежності. Як і в попередніх випадках виконання відповідних функцій системою ініціюється інженером зі ЗВ через користувацький інтерфейс. Інженер може виконувати наступні дії:

1. Перегляд закону розподілу значень показників ЗВ.
 2. Вибір та застосування відповідних математичних перетворень при необхідності зведення закону розподілу до нормального.
 3. Аналіз результатів розрахунку коефіцієнтів кореляції.
 4. Введення номерів залежних показників та вибір форми регресії.
- При необхідності – введення початкових значень коефіцієнтів та кроку (рис. 3.13).
5. Аналіз отриманої емпіричної залежності та вибір іншої форми регресії (при незадовільній точності наближення).

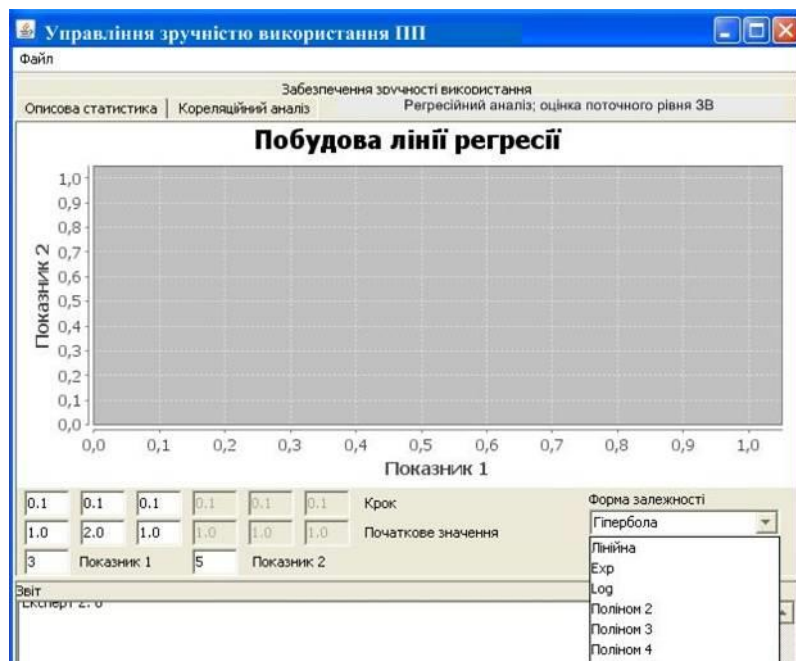


Рис. 3.13 Інтерфейс регресійного аналізу

Підсистема через компоненти інтегрованого контролеру, які містить інтерфейс, отримує значення оцінок користувачів та виконує розрахунки (рис. 3.14).

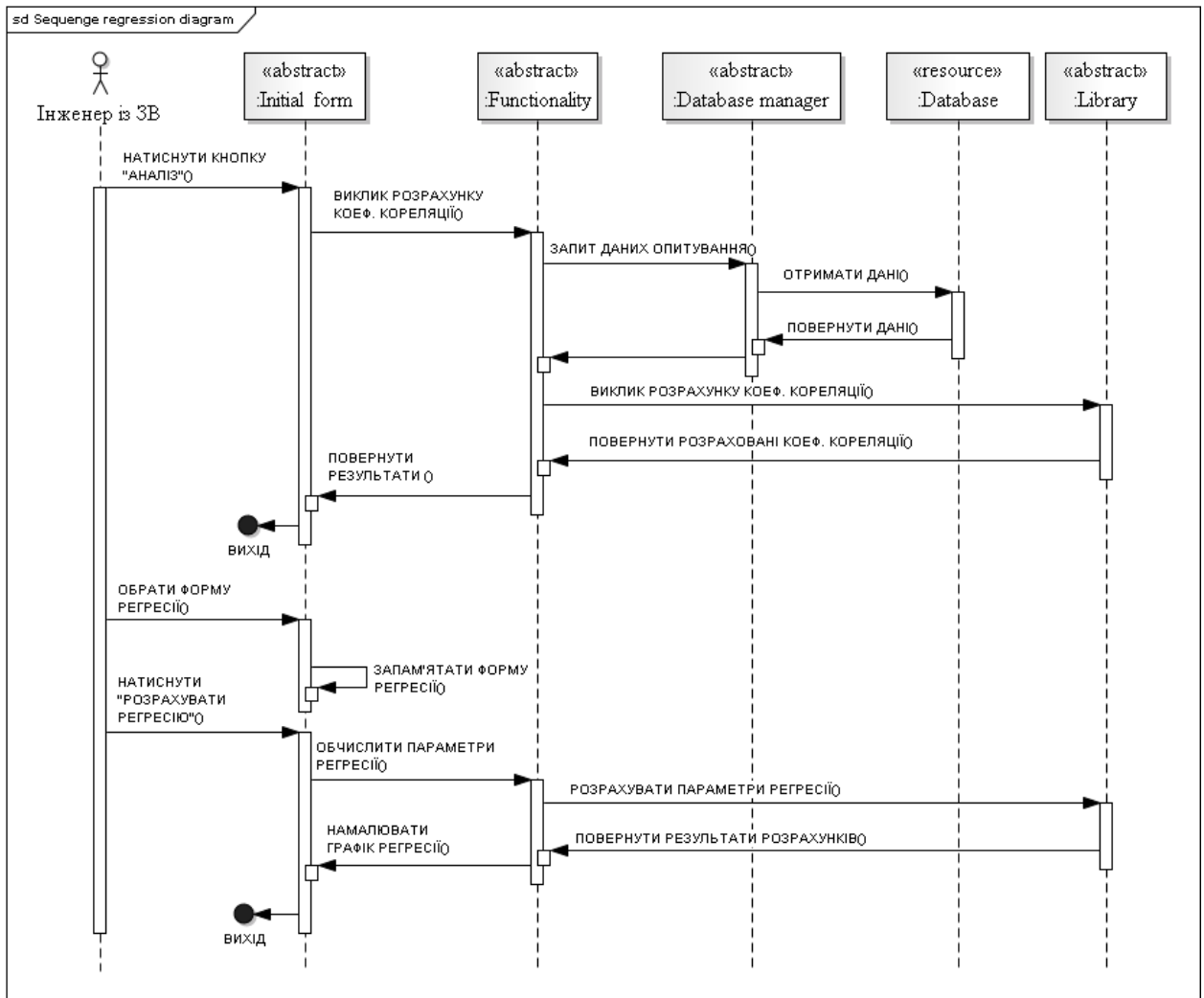


Рис. 3.14 Побудова зв'язків між показниками ЗВ

Результати виводяться у формі звітів, що містять коефіцієнти кореляції та статистику, яка характеризує точність наближення, також відбувається побудова графіку лінії регресії. Зауважимо, що після виконання інженером із ЗВ дії зведення закону розподілу до нормального (фактично змінює значення показників ЗВ), підсистема виконує збереження змін в базі даних.

3.2.7. Підсистема розрахунку варіантів забезпечення ЗВ

Дана підсистема виконує основне функціональне призначення після підсистеми оцінки поточного рівня ЗВ. За коректність та ефективність роботи підсистеми розрахунку варіантів забезпечення ЗВ відповідають усі інші підсистеми.

Підсистема вирішує задачі перебору простору показників ЗВ із заданим кроком та отримання варіантів зміни k показників ($k=5$) ЗВ, які забезпечують досягнення бажаного рівня ЗВ згідно розробленого методу. Також реалізовано функцію введення формули залежності між показниками, яка враховується при виборі оптимального варіанту забезпечення ЗВ. Програмно реалізовано наступні можливості роботи з підсистемою:

1. Введення формули залежності одного показника від іншого.
2. Введення кроку перебору та бажаного значення ЗВ.
3. Перегляд варіантів зміни показників (рис. 3.15).

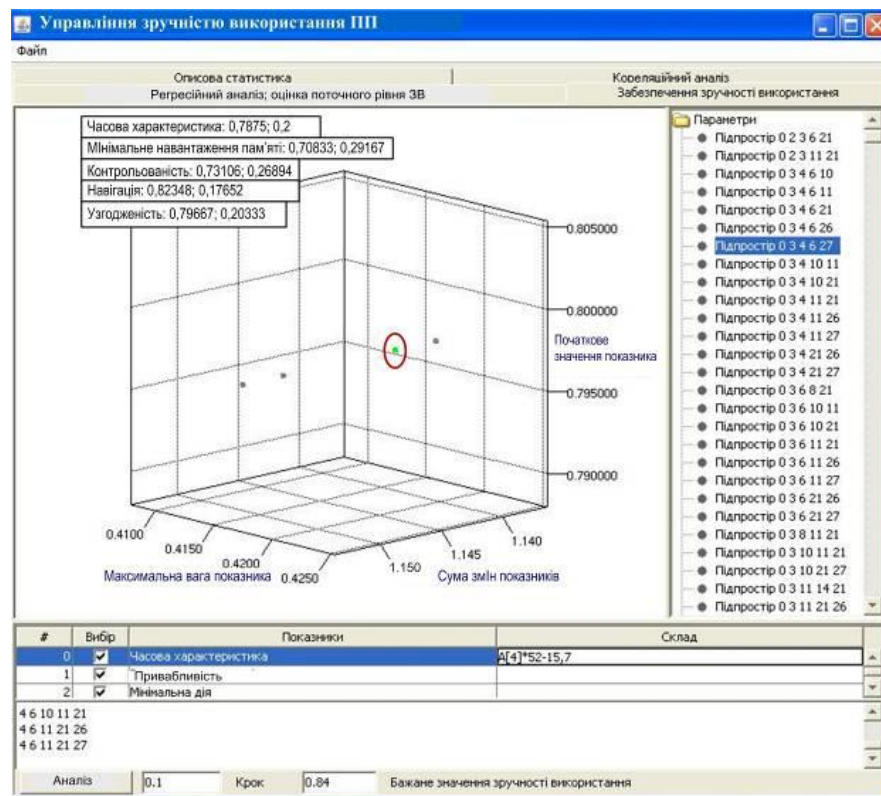


Рис. 3.15 Графічне зображення варіантів зміни показників ЗВ

Для графічного відображення використано бібліотеку візуалізації тривимірних розподілів на основі OpenGL - Jzy3D [42], яка, в свою чергу, використовує JOGL [43]. По осях відкладено: максимальна вага показника в поточному варіанті; сума змін показників в розглядуваному варіанті, яка забезпечує досягнення заданого рівня зручності використання; початкове значення показника (до змін), який має максимальну вагу в даному варіанті.

У додатку Б наведені результати апробації запропонованого методу з використанням розробленої програмної системи на прикладі web-браузера Chrome.

3.3. Висновки до розділу

1. Для реалізації запропонованого методу щодо забезпечення якості процесу супроводу програмного забезпечення на основі управління зручністю використання, визначено функціональні вимоги та розроблені архітектура й прототип програмної системи, яка дозволяє автоматизувати управління ЗВ в процесі створення та супроводу ПП. Архітектура поєднує в собі елементи клієнт-серверної архітектури та архітектури, орієнтованої на БД.

2. Розглянуто варіанти використання програмної системи, її складові та їх компоненти, описано задіяні технологічні рішення. Система складається з трьох основних частин: web-сервер, що забезпечує збір даних; база даних, яка зберігає зібрану інформацію та налаштування системи; аналізатор, що забезпечує управління системою, аналіз даних та виведення результатів.

3. Розроблено й описано підсистеми аналізатора, який входить в програмну систему, їх призначення та особливості програмної реалізації.

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Відповідно до сформульованої теми дипломної роботи магістра та практичної її сторони, необхідно розробити засіб автоматизації підтримки процесу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу. Тому важливим показником при проведенні НДР є автоматизація процесу забезпечення якості програмних систем під час їхньої експлуатації та підтвердження достовірності одержаної інформації.

4.1. Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи

Ефективне використання часу має велике значення тому, що коефіцієнт корисної дії залежить від оптимального використання часу.

Основні етапи при виконанні НДР:

- 1 Постановка проблеми.
- 2 Аналіз стану сучасних досліджень.
- 3 Аналіз і формалізація системи.
- 4 Проектування системи.
- 5 Побудова програмного комплексу для підтримки процесу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу.
- 6 Створення вихідних документів.
- 7 Оформлення документації.

Для визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) звести у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Основні етапи виконання НДР

№ та назва етапу	Середній час виконання стадії (етапу), год.
1 Актуальність проведення НДР	10
2 Аналіз сучасного стану досліджень в області забезпечення якості програмних систем	38
3 Аналіз і формалізація засобу підтримки процесу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу	52
4 Проектування системи	85
5 Побудова програмного комплексу для забезпечення якості програмних систем на стадії супроводу.	120
6 Створення вихідних документів	47
7 Оформлення документації.	28
Разом	380

Витрати часу керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

4.2. Розрахунок витрат на проведення НДР

Розрахунок поточних витрат на проведення НДР проводять в розрізі таких калькуляційних статей:

- основна заробітна плата (з/п);
- додаткова (з/п);

- нарахування на (з/п);
- консультаційні витрати;
- матеріали для виконання робіт по НДР ;
- експериментально-виробничі витрати;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- позавиробничі витрати.

Системна обробка інформації щодо обліку праці і заробітної плати є однією з найрізноманітніших, складних і трудомістких ділянок роботи. Це і зрозуміло. Як показують дослідження за трудомісткістю ця ділянка становить майже одну третину від всього обліку по підприємству.

При системному розв'язанні питання про облік праці і заробітної плати велике значення має умовно-постійна (нормативна, довідкова та інша) інформація, яка в даному разі характеризує переважно постійних виконавців (людей і механізми) та постійні процеси (технологічні операції). Тому у першу чергу зміст по обліку праці і заробітної плати неодмінно повинна входити інформація про виконавців (облік складу працівників).

Основна з/п складається із прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% - 35% від прямої з/п. При розрахунку з/п кількість робочих днів в місяці слід приймати — 25,4 дні/міс., що відповідає 203,2 год./міс. Прийmemo розмір місячного окладу інженера в розмірі 1410 грн. згідно існуючих на даний час норм.

Пряма з/п визначається:

$$ЗП = O_i * T_i / 203,2, \quad (4.1)$$

де O_i - розмір місячних окладів і -х категорій працівників;

T_i -трудомісткість робіт виконаних працівниками і-х категорій.

Для інженера: $ЗП = 1410 * 380 / 203,2 = 22636,81$ грн.;

Величина доплат визначається за формулою:

$$ЗП_1 = ЗП * K_i \quad (4.2)$$

де K_i - коефіцієнт доплат (0,25 - 0,35).

Вибираємо коефіцієнт 0,25:

Для інженера: $ЗП_1 = 22636,81 * 0,25 = 659,20$ грн..

Основна з/п обчислюється за формулою:

$$ЗП_0 = ЗП + ЗП_1 \quad (4.3)$$

Для інженера з/п становить:

$$ЗП_0 = 22636,81 + 659,20 = 3296,01 \text{ грн.}$$

Величина додаткової з/п обчислюється за формулою:

$$ЗП_д = ЗП_0 * K_д, \quad (4.4)$$

де $K_д$ - коефіцієнт додаткової з/п (0,05 - 0,1).

Нехай коефіцієнт додаткової $K_д = 0,1$, тоді величина додаткової заробітної плати для інженера становитиме:

$$ЗП_д = 3296,01 * 0,1 = 329,60 \text{ грн.}$$

Витрати, на проведення НДР, крім річного фонду заробітної плати, включають ще й соціальні нарахування. Всього норматив нарахувань на заробітну плату становить 36,76% .

Загальний норматив нарахувань на заробітну плату розраховується за формулою:

$$Z_H = (Z_{П_О} + Z_{П_Д}) * K_H, \quad (4.5)$$

де $Z_{П_О}$ - величина основної заробітної плати;

$Z_{П_Д}$ - величина додаткової заробітної плати;

K_H - загальний відсоток нарахувань на заробітну плату.

Для інженера загальний норматив нарахувань становить:

$$Z_H = (3296,01 + 329,60) * 0,37 = 1246,16 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.2

Зведена відомість витрат на заробітну плату, грн.

№ п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата			Додаткова заробітна плата	Нарахування на заробітну плату	Всього витрати на заробітну плату
		Пряма заробітна плата	Доплати	Всього			
1	Інженер	2636,81	659,20	3296,01	329,60	1341,48	4967,09
Всього		2636,81	659,20	3296,01	329,60	1341,48	4967,09

При необхідності, проводячи організаційно-економічне обґрунтування дипломної роботи магістра, слід враховувати витрати на консультації. Такі витрати можна врахувати окремою калькуляційною статтею виходячи з реальних цін на певний вид консультаційних послуг. Як правило, при отриманні консультацій витрати рахуються на оплату праці консультантів за певний консультаційний час.

Для розрахунку витрат на консультації, врахуємо, що консультації були надані в обсязі 2 год., вартість їх 150 грн.

Витрати на матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних оптових цін:

$$M_3 = \sum_{i=1}^n H_{mi} * C_{oi} \quad (4.6)$$

де M_3 – затрати на матеріали;

H_{mi} – норма затрат і-их матеріалів;

C_{oi} – оптова ціна за одиницю витрат і-их матеріалів;

Таблиця 4.3

Визначення величини затрат на матеріали

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Затрати матеріалів, грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн.	Загальна сума витрат на матеріали, грн.
1 Основні матеріали						
Середовище MS Visual Studio 2012	шт.	1	42000	42000	4200	46200
Пакет MS Visio	шт.	1	14000	14000	1400	15400
Пакет MS Office 2013	шт.	1	10000	10000	1000	11000
Разом						72600

Експериментально-виробничі витрати визначаються як витрати на машинний час, який є потрібним для виконання необхідного об'єму робіт виходячи з його вартості за одиницю часу, тобто:

$$Z_{E.B.} = B_P * T, \quad (4.7)$$

де $Z_{E.B.}$ - затрати експериментально-виробничі;

B_P - витрати на користування ПК та послуги інтернет;

T - час роботи ПК.

Вартість роботи на ПЕОМ і користування мережею Інтернет встановлюємо виходячи з реальних даних (5 грн./год.). Оскільки, інтернет та ПК використовувався на усіх стадіях, то експериментально-виробничі затрати становлять:

$$Z_{E.B.} = 5 * 380 = 1900,00 \text{ грн.}$$

Загально-виробничі затрати при укрупнених розрахунках приймаємо на рівні 70% - 90% від суми основної і додаткової з/п інженерів, яка була нарахована за роботу при проведенні НДР, тобто:

$$Z_{з.в.} = (ЗП_О + ЗП_Д) * K_з \quad (4.8)$$

де $Z_{з.в.}$ - загально-виробничі затрати;

$ЗП_О$ - основна заробітна плата;

$ЗП_Д$ - додаткова заробітна плата;

$K_з$ - коефіцієнт загально-виробничих затрат.

В даному випадку прийmemo коефіцієнт загально-виробничих затрат на рівні 70%, тоді сума затрат становитиме:

$$Z_{з.в.} = (3296,01 + 329,60) * 0,7 = 2537,93 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначаються адміністративні витрати, які доцільно приймати на рівні 50% - 60% від суми основної і додаткової з/п інженерів.

$$Z_{з.А.} = (ЗП_О + ЗП_Д) * K_A, \quad (4.9)$$

де $Z_{з.А.}$ - адміністративні витрати;

$ЗП_О$ - величина основної заробітної плати;

$ЗП_Д$ - величина додаткової заробітної плати;

K_A - коефіцієнт адміністративних витрат.

Нехай коефіцієнт адміністративних витрат становить 50%, то величина адміністративних витрат буде рівна:

$$Z_{з.А.} = (3296,01 + 329,60) * 0,5 = 1812,81 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати слід приймати на рівні 3% - 7% від виробничої собівартості. Виробнича собівартість включає в себе основну заробітну плату, додаткову заробітну плату, нарахування на заробітну плату, консультації, матеріали, експериментально-виробничі та загально-виробничі витрати, тобто:

$$B_{П.В.} = (ЗП_О + ЗП_Д + З_Н + М_З + З_{Е.В.} + З_{з.В.}) * K_{П.В.} \quad (4.10)$$

де $B_{П.В.}$ - позавиробничі витрати;

$K_{П.В.}$ - коефіцієнт позавиробничих витрат.

В даному випадку $K_{П.В.} = 5\%$, тоді позавиробничі витрати становитимуть:

$$\begin{aligned} B_{П.В.} &= (3296,01 + 329,60 + 1341,48 + 72600,00 + 1900,00 + 2537,93 + 150) * 0,05 = \\ &= 4107,75 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Розрахунок поточних витрат зводиться в таблицю 4.4:

Таблиця 4.4

Калькуляція собівартості проведення НДР

Статті витрати, грн.	Витрати, грн.	В % до загальної суми
Основна заробітна плата	3296,01	3,74%
Додаткова заробітна плата	329,60	0,37%
Нарахування на заробітну плату	1341,48	1,52%
Консультації	150	0,17%
Матеріали	72600	82,43%
Експериментально-виробничі витрати	1900,00	2,16%
Загальновиробничі витрати	2537,93	2,88%
Разом виробнича собівартість	82155,02	93,28%
Адміністративні витрати	1812,81	2,06%
Позавиробничі витрати	4107,75	4,66%
Повна собівартість	88075,58	100%

Заключною частиною роботи на цій ділянці є показники, що необхідні для встановлення собівартості, проведення комплексного економічного аналізу затрат праці і нарахованої заробітної плати.

4.3. Розрахунок ціни НДР та економічної ефективності від використання засобу підтримки процесу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу

Ціну НДР можна визначити:

$$C = (C_{np} / N + C_{кон}) + П \quad (4.11)$$

де C_{np} - собівартість НДР, грн.;

N - кількість замовлень, од.;

C_{kop} - собівартість копіювання (ксерокопії, дискети, компакт-диски, поштові витрати, відрядження спеціалістів для запуску та наладки програмного забезпечення тощо), грн.;

Π - нормативна величина прибутку (15% - 30% від собівартості C_{np}).

Оцінка економічної ефективності розробки НДР при реалізації методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу становить:

$$Ц = (88075,58 / 1 + 100) + 88075,58 * 0,20 = 105790,70 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від використання НДР зумовлена:

- скороченням трудовитрат при виконанні певних завдань;
- скороченням машинного часу при виконанні певних завдань.

Для визначення ефективності продукту розраховують чисту приведену цінність NPV і термін окупності T_{OK} :

$$NPV = \sum ((D_t - B_t) / (1 + i)^t), \quad (4.12)$$

де D_t - повний дохід за рік t при використанні методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу;

B_t - повні витрати за рік t при використанні методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу;

t - відповідний рік проекту;

i - дисконтна ставка (0,3).

Нехай повний дохід за рік при використанні методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу – 35000 грн, тоді чиста приведена цінність:

$$NPV = \sum_{t=1}^2 ((35000 - 2000) / (1 + 0,3)^t) = 44911,24 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначається за формулою:

$$T_{OK} = C / \sum (D_t / (1 + i)^t), \quad (4.13)$$

Термін окупності методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу становить:

$$T_{OK} = 105790,70 / \sum_{t=1}^2 (35000 / (1 + 0,3)^t) = 1,98 \text{ року.}$$

Таблиця 4.5

Основні показники ефективності

№ п/п	Назва показника	Один, вимір.	Величина
1	Витрати часу на розробку методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу	год.	380
2	Витрати на розробку методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу	грн.	88075,58
3	Кількість покупців	од.	1,00
4	Ціна методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу	грн.	105790,70
5	Чиста приведена цінність методу і засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу	грн.	44911,24
6	Термін окупності витрат по проекту	рік	1,98

Провівши обчислення основних показників економічної доцільності потрібно відмітити, що розробка методу і засобу забезпечення якості

програмних систем на етапі їх супроводу є економічно ефективною та необхідною. При цьому, термін окупності складає приблизно 2 роки, при повній собівартості 88075,58 грн.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці

Метою дипломної роботи магістра є дослідження методів і засобів забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу. Оскільки, проведення робіт з документування розробленого методу і реалізації засобу підтримки процесу управління (забезпечення) якістю програмних систем на етапі їх супроводу передбачає використання комп'ютерної техніки, зокрема ПК та периферійних пристроїв, то обов'язковим є дотримання вимог з охорони праці і техніки безпеки виконавцем дипломної роботи.

Оскільки, в якості виконавця зазвичай виступає колектив працівників деякої фірми, то її керівництво повинно забезпечити безпечні умови праці.

Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення нормативно-правових актів з охорони праці.

Для забезпечення оптимальних умов праці працівників при проведенні робіт із забезпечення якості програмного забезпечення на етапі супроводу, необхідно передбачити відповідність мікроклімату у приміщеннях згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99.

Категорія робіт при експлуатації засобу оцінювання якості програмного забезпечення на етапі супроводу належить до легкої – Іб.

Для того щоб визначити, чи відповідає повітряне середовище певного приміщення встановленим нормам, необхідно кількісно оцінити кожний з його параметрів. Оптимальні показники мікроклімату, які необхідно забезпечити у приміщеннях, де експлуатуються ПК у теплу пору року повинні становити: температура – 22-24 °С, відносна вологість – 40-60%, швидкість руху повітря 0,1 м/с.

Окрім, забезпечення оптимальних показників мікроклімату, необхідно передбачити ще й оптимальні показники шуму та вібрації на робочих місцях.

Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються ГОСТ 12.1.003-86. В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень та їх використання для трудової діяльності.

Робоче місце працівників, які забезпечують якість програмного забезпечення на етапі супроводу, можна прирівняти до робочих місць у приміщеннях конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних робіт і опрацювання експериментальних даних, прийому хворих в медпунктах і відповідно необхідно передбачити відповідні рівні звукового тиску.

Окрім цього, на робочих місцях працівників необхідно забезпечити дотримання вимог НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин». Основними вимогами, визначеними у цьому нормативному документі є:

- площу та об'єм для одного робочого місця оператора визначають згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2-007-98. Площа має бути не менше 6,0 кв.м, об'єм - не менше 20,0 куб.м.

- заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу.

- приміщення, де розташовані робочі місця операторів, крім приміщень, у яких розміщені робочі місця операторів великих ЕОМ загального призначення (сервер), повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації.

При експлуатації програмної системи підтримки процесу забезпечення якості програмного забезпечення на стадії супроводу, важливим, з точки зору охорони праці, є забезпечення достатньої величини природного та штучного

освітлення. Нормованим параметром природного освітлення є коефіцієнт природного освітлення (КПО). КПО встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт.

Робота працівників, що проводять супровід ПЗ, відноситься до робіт середньої точності, що передбачає IV розряд зорових робіт з мінімальним розміром об'єктів розрізнення 0,5 – 1,0 мм. При цьому в будівлях через віконні отвори передбачається мінімальне бокове освітлення з $K_{ПО}=1,5 \%$.

Для штучного освітлення нормованим параметром виступає $E_{\text{мін}}$ – мінімальний рівень освітленості, та $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт пульсації світлового потоку. Для забезпечення оптимальних умов праці необхідно передбачити коефіцієнт пульсації світлового потоку на рівні не більшому, ніж 20% відповідно до ДБН В.2.5-28-2006.

Оскільки, робота щодо забезпечення якості ПЗ на етапі супроводу відноситься до IV розряду зорових робіт, то мінімальний рівень штучного освітлення, який необхідно передбачити складає 300...500 Лк.

Сукупність заходів щодо забезпечення охорони праці, починаючи від виконання встановлених законами України норм та правил, а також виконання правил техніки безпеки, гарантує особам, які працюють забезпеченням якості ПЗ на етапі їх супроводу, безпеку праці та нівелювання негативних факторів впливу на їх здоров'я.

5.2. Організація протипожежного захисту та проведення протипожежної профілактики на промисловому підприємстві

Протипожежний захист промислових об'єктів забезпечується:

– правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій; правильним об'ємно-планувальним рішенням будівель і споруд; розташуванням приміщень та виробництв з урахуванням вимог пожежної безпеки;

- улаштуванням протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;
- обмеженням витікання та розтікання горючої рідини під час пожежі;
- спорудженням протидимного захисту;
- забезпеченням евакуації людей;
- використанням засобів пожежної сигналізації, сповіщення та пожежогасіння;
- організацією пожежної охорони об'єкта;
- засобами, що забезпечують успішне розгортання тактичних дій гасіння пожежі.

За вибухопожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяють на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д (таблиця 5.1).

Встановлення категорії приміщення необхідно виконувати шляхом послідовної перевірки належності приміщення до категорій, наведених у табл. 4.1, від найвищої (А) до найнижчої (Д). Відповідно до ОНТП 24-86 будівля належить до категорії А, якщо в ній сумарна площа приміщень категорії А перевищує 5% площі всіх приміщень або 200 м². Основним профілактичним заходом щодо попередження пожеж і вибухів від електрообладнання є правильний вибір та експлуатація такого обладнання у вибухо- та пожежонебезпечних приміщеннях. Згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 "Правилами улаштування електропристроїв" (ПУЕ) приміщення поділяються на вибухонебезпечні (0,1, 2, 20, 21, 22) та пожежонебезпечні (П-І, П-ІІ, П-Іа, П-ІІІ) зони.

Таблиця 5.1

Класифікація приміщень за категоріями пожежної безпеки

Категорія приміщень	Характеристика речовин та матеріалів, що містяться (використовуються) у приміщенні
А Вибухо- пожежонебезпечна	Горючі гази, легкозаймісті рідини з температурою не більше 28°C у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одні з одними у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.
Б Вибухо- пожежонебезпечна	Горючий пил або волокна, легкозаймісті рідини з температурою спалаху понад 28°C. Горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 6 кПа.

Продовження таблиці 5.1

Категорія приміщень	Характеристика речовин та матеріалів, що містяться (використовуються) у приміщенні
В Пожежонебезпечна	Горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали (в тому числі пил та волокна), речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним горіти за умови, що приміщення, в яких вони містяться (використовуються), не належать до категорій А та Б.
Г	Негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.
Д	Негорючі речовини та матеріали в холодному стані. До категорії Д належать приміщення, в яких у системах машин охолодження та гідроприводу наявні ГР в кількостях не більше 60 кг в одиниці устаткування при тиску не вище 0,2 мПа, а також у яких є кабелі електропроводки до устаткування, окремі предмети меблів.

Згідно з ПУЕ у пожежонебезпечних зонах установлюють електрообладнання закритого типу, внутрішній простір якого відокремлюється від зовнішнього середовища оболонкою. Апаратуру управління та захисту, світильники рекомендується застосовувати у

пилонепроникному виконанні. Уся електропроводка повинна мати надійну ізоляцію.

У вибухонебезпечних зонах слід установлювати вибухонебезпечне обладнання, виготовлене згідно з ГОСТом 12.2.020-76. Пускову апаратуру, магнітні пускачі для класів В-I та В-II необхідно виносити за межі вибухонебезпечних зон. Проводка у вибухонебезпечних приміщеннях має бути прокладена у металевих трубах. Може використовуватися броньований кабель. Світильники для класів В-I, В-II, В-IIа мають бути вибухозахисного виконання.

Умови розвитку пожежі в будівлях та спорудах у багатьох випадках визначаються ступенем вогнестійкості окремих будівельних елементів.

Згідно зі СНиП 2.01.02-85 "Протипожежні норми проектування будівель та споруд" будівлі та споруди за ступенем вогнестійкості поділяються на вісім ступенів: I, II, III, IIIа, IIIб, IV, IVа, V. Ступінь вогнестійкості будівель і споруд залежить від двох показників:

- займання та вогнестійкості будівельних конструкцій;
- меж поширення полум'я по цих конструкціях.

За займистістю будівельні конструкції поділяють на неспалимі, важкоспалимі (матеріали, що горять, покриті матеріалами, що не горять) та спалимі.

Кількісно вогнестійкість характеризується межею вогнестійкості - час (у хвилинах) дії на споруди полум'я та робочого навантаження, після закінчення якого споруда втрачає тримальну або огорожувальну здатність (руйнується).

Залізобетонні конструкції мають більшу межу вогнестійкості, ніж незахищені металеві. За ступенем вогнестійкості згідно ДБН В.1.1-7-2002 (Державні будівельні норми України) споруди можуть бути таких ступенів вогнестійкості: I; II; III; IIIа; IIIб; IV; IVа; V.

Розглянуті категорії і класифікація об'єктів необхідні для визначення ефективних та раціональних заходів запобігання пожеж і вибухів. Суттєве

значення має також зонування територій, яке полягає у групуванні на території підприємства, цехів та ділянок з підвищеною пожежною небезпекою у певних місцях (з підвітряного боку). Крім того, необхідно враховувати рельєф місцевості. Наприклад, склади та резервуари з паливом слід розміщати у низьких місцях, щоб під час виникнення пожежі горюча рідина, що розлилася, не могла стікати до будівель і споруд, розташованих нижче.

Для того, щоб вогонь під час пожежі не розповсюджувався з однією споруди на іншу, їх розміщують на певній відстані одна від одної. Цю відстань називають протипожежним розривом. Для різних категорій будівель протипожежні розриви складають 9-18 м.

Для захисту від пожежі у будівлях роблять протипожежні перепони - конструкції з нормованою межею вогнестійкості, які перешкоджають поширенню вогню з однієї частини будівлі до іншої. До них належать стіни, перепони, перекриття, двері, ворота, вікна тощо, які мають межу вогнестійкості не менше 2,5 год.

Висновки.

Провівши аналіз категорій приміщень за пожежною небезпекою, для кожної з них визначено сукупність організаційних заходів з протипожежного захисту та протипожежної профілактики, які необхідні для забезпечення стійкості функціонування об'єктів промислового виробництва. Дотримання правил пожежної безпеки і проведення регулярних профілактичних заходів дає змогу не тільки зберегти матеріальні ресурси підприємств, а й звести до мінімуму ризику, пов'язані з життям і здоров'ям персоналу.

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ

6.1. Вимоги до моніторів (ВДТ) та ПЕОМ

Широке поширення мікроелектроніки, комп'ютерів індивідуального користування, потужних засобів автоматизованої обробки тексту і графічної інформації, високо ефективних пристроїв її зберігання та пошуку, сучасних засобів зв'язку та мереж електронно-обчислювальних машин дозволяють фахівцям ставити питання про перспективи створення електронних офісів.

Робота операторів, програмістів і просто користувачів безпосередньо пов'язана комп'ютерами, а відповідно з додатковими шкідливими впливами цілої групи факторів, що істотно знижує продуктивність їх праці.

Конструкція монітора (відео термінального пристрою - ВДТ) повинна забезпечувати можливість фронтального спостереження екрана шляхом повороту корпусу в горизонтальній площині навколо вертикальної осі в межах $\pm 30^\circ$ і у вертикальній площині навколо горизонтальної осі в межах $\pm 30^\circ$ з фіксацією в заданому положенні. Дизайн моніторів повинен передбачати фарбування в спокійні м'які тони з дифузійним розсіюванням світла. Корпус монітора і ПЕОМ, клавіатура повинні мати матову поверхню одного кольору з коефіцієнтом відбиття 0,4 - 0,6 і не мати блискучих деталей, здатних створювати відблиски.

Конструкція ВДТ повинна передбачати наявність засобів регулювання яскравості і контрасту, що забезпечують можливість регулювання їх параметрів від мінімальних до максимальних значень.

ВДТ і ПЕОМ повинні забезпечувати потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання в будь-якій точці на відстані 0,05 м від екрана і корпусу монітора при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв, що не перевищує $7,74 \times 10^{-4}$ А/кг і відповідає еквівалентній дозі 0,1 мбер/год (100 мкР / год).

В ергономічні вимоги до моніторів входять колір, яскравість, лінійність символів, частота регенерації, розмір екрана, розмір зерна та ін.. Невідповідність якому-небудь параметру, так чи інакше, може приводити до погіршення якості роботи, шкідливому впливу на користувача.

Для мінімізації виникнення у користувачів ПК синдрому короткозорості, до моніторів висувають наступні вимоги:

- кількість кольорів повинна бути не менш 256, оптимальним вважається режим true color;
- роздільна здатність 800x600 точок на дюйм при відсутності мерехтіння;
- розмір зерна повинен бути не більш 0,28 мм. Чим менше зерно, тим краще;
- розмір екрана, що рекомендується, може відрізнятись для різних робіт.
- для домашніх користувачів мінімальний розмір 14 дюймів по діагоналі;
- частота регенерації повинна складати не менш 85 Гц. Оптимальною вважається встановлення максимально можливої частоти при відсутності мерехтіння;
- відблиски на екрані монітора повинні бути відсутні. При неможливості змінити висвітлення необхідно використовувати антиблискові екрани;
- при роботі з текстом переважно використовувати білий колір, як тло і чорні символи. Таке сполучення найменше впливає на сприйняття тексту.

Для профілактики комп'ютерного зорового синдрому необхідно проводити комплекс вправ для очей.

Енергозберігаючі параметри прямого відношення до здоров'я людини не мають, на відміну від екологічних. Останні висувають вимоги до

виробництва й утилізації монітора. Якщо поруч з будинком знаходиться «неблагополучний» в екологічному відношенні завод з виробництва моніторів, то електромагнітні випромінювання будуть останніми в списку шкідливих факторів, що впливають на користувача.

Монітори персональних комп'ютерів і робочих станцій підлягають обов'язковій сертифікації і піддаються сертифікаційним випробуванням за наступними параметрами:

- параметри безпеки - електрична, механічна, пожежна безпека (ГОСТ Р 50377 - 92).

- санітарно-гігієнічні вимоги - рівень звукових шумів (ГОСТ 26329 - 84 або ГОСТ 2718 - 88), ультрафіолетове, рентгенівське випромінювання і показники якості зображення (ГОСТ 27954-88).

- електромагнітна сумісність – випромінювані радіошуми (ГОСТ 29216 - 91).

6.2. Робота з банками екологічної інформації

Важливу роль при зборі та опрацюванні екологічних даних відіграють інформаційні технології, серед яких потрібно виокремити напрям роботи з базами екологічної інформації.

Банки екологічної статистичної інформації – це вторинна накопичена інформація, певним чином упорядкована чи опрацьована. Зазвичай такі дані формують у вигляді статистичних збірників, щорічників. Статистичний щорічник України представляє собою накопичену інформацію за певний період і є банком статистичної інформації про соціально-економічне становище держави. Статистичні збірники «Довкілля України» та відповідні збірники з регіонів також є банками статистичної інформації про екологічне становище держави та різних її областей. Такі збірники складаються з розділів: охорони атмосферного повітря, земельні ресурси та їх охорона охорони та використання водних ресурсів, охорона та використання лісових ресурсів,

небезпечні відходи.

Важливими довідниками для статистичного опрацювання екологічної інформації з охорони атмосферного повітря є наступні таблиці:

- «Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря, всього»;
- «Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту»;
- «Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення»;
- «Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на одну особу»;
- «Групування регіонів за рівнем викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на одну особу»;
- «Кількість підприємств, що мають стаціонарні джерела забруднення»;
- «Обсяги викидів діоксиду вуглецю від стаціонарних джерел забруднення»;

Розділ збірника «Довкілля України» з охорони та використання водних ресурсів включає наступні таблиці:

- «Забір води із природних водних об'єктів»;
- «Забір води із природних водних об'єктів у розрахунку на одну особу»;
- «Забір води із підземних водних об'єктів»;
- «Використання свіжої води на господарсько-питні потреби»;
- «Використання свіжої води на господарсько-питні потреби у розрахунку на одну особу»;
- «Економія забору води за рахунок оборотного та повторного водопостачання»;
- «Водовідведення в поверхневі водойми»;

– «Скидання неочищених та недостатньо-очищених стічних вод у поверхневі водні об'єкти»;

– «Скидання нормативно-очищених стічних вод у поверхневі водні об'єкти».

У розділі земельні ресурси та їх охорона наведено показники, які об'єднують у таблиці:

– «Загальна земельна площа та її розподіл»;

– «Розподіл сільськогосподарських угідь»;

– «Структура земельного фонду регіону» - зведена таблиця;

– «Розподіл загальної земельної площі та сільськогосподарських угідь по землевласниках і землекористувачах» - зведена таблиця;

– «Зведені показники внесення добрив на всіх землях сільськогосподарськими підприємствами».

Розділ охорони та використання лісових ресурсів містить таблиці, які включають: «Обсяг продукції (робіт, послуг) лісового господарства», «Лісовідновлення», «Кількість лісових пожеж», «Лісова площа, пройдена пожежами», «Збитки, заподіяні пожежами», «Загибель лісових насаджень», «Загибель лісових насаджень від несприятливих погодних умов», «Загибель лісових насаджень». Розділ небезпечних відходів складається з таких таблиць: «Наявність відходів I-III класів небезпеки у спеціально відведених місцях або об'єктах та на території підприємств (на початок року)», «Наявність промислових токсичних відходів у сховищах, організованого складування та на території підприємств», «Утворилось небезпечних відходів I-III класів небезпеки», «Одержано відходів від інших підприємств I-III класів небезпеки», «Використано відходів I-III класів небезпеки», «Знешкоджено відходів I-III класів небезпеки», «Передано відходів I-III класів небезпеки іншим підприємствам», «Наявність відходів I-III класів небезпеки у спеціально відведених місцях або об'єктах та на території підприємств (на кінець року)».

ВИСНОВКИ

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Проведено аналіз існуючих підходів до забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу, проаналізовано методи та засоби проведення оцінювання та забезпечення встановленого вимогами рівня якості ПЗ. Показано, що наявні методи досягнення якості (зручності використання) не направлені на виявлення недоліків та визначення можливих покращень шляхом автоматизованого аналізу зручності використання у процесі розробки та супроводу програмних систем.

2. Уперше розроблено метод забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу, на основі процесного підходу до управління якістю із застосуванням апарату теорії прийняття рішень, що дає змогу розв'язувати задачі планування, контролю, забезпечення й управління змінами зручності використання.

3. Обґрунтовано модель забезпечення зручності використання, яку отримано з моделі оцінювання шляхом введення цільової функції для трудомісткості та обмежень, при використанні методу головного критерію, що дає змогу виконувати дії з досягнення заданого рівня якості в результаті розв'язку оптимізаційної задачі.

4. Спроектовано та реалізовано програмну систему, спрямовану на вирішення задачі забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу, зокрема управління зручністю використання шляхом застосування запропонованого методу.

5. На основі розробленого методу та засобу забезпечення якості програмних систем на етапі їх супроводу проведено оцінювання щодо покращення зручності використання програмного продукту з відкритим вихідним кодом – Chromium 12.

Додаток А

Тексти наукових публікацій

*Матеріали IV Міжнародної науково-методичної конференції, що відбулася у м. Тернопіль, Україна, 23-26 листопада 2013.
Актуальні задачі сучасної психології – Тернопіль, 23-26 листопада 2013.*

УДК 004.4

В.В. Яцишин канд. техн. наук, доц., А.М.Кнох

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**АНАЛІЗ РЕКОМЕНДАЦІЙ СТАНДАРТІВ З ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЩОДО СУПРОВОДУ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ**

V.V. Yatsyshyn PhD, Assoc. Prof., A.M. Knob

**ANALYSIS RECOMMENDATIONS OF SOFTWARE QUALITY STANDARD AT
THE SUPPORT STAGE**

Якість програмного забезпечення є одним із факторів, який впливає на репутацію розробників програмного забезпечення та визначає ефективність автоматизації бізнес процесів для їх замовників (користувачів). Тому, з одного боку, необхідно забезпечувати реалізацію визначених потреб зацікавлених осіб у програмній системі, а з іншого – контролювати та підтримувати відповідність заявлених властивостей при експлуатації готового програмного продукту.

Стандартом, який визначає характеристики та метрики якості програмних систем в процесі їх розробки та супроводу є ISO/IEC 25010:2011. Даний стандарт містить дві моделі якості, які безпосередньо стосуються супроводу програмного забезпечення: модель якості програмного продукту та модель якості у використанні.

Ключовими для замовників і користувачів програмних систем у моделі якості програмного продукту є характеристика зручності використання. Дана характеристика містить 6 підхарактеристик:

- розпізнавання сумісності (appropriateness recognisability) – рівень сумісності продукту з потребами користувачів;
- здатність до навчання (learnability) – ступінь, у якому продукт може бути використано користувачами для досягнення визначених цілей в навчанні використовувати продукт з ефективністю, економічністю, свободою від ризику та задоволеністю у визначеному контексті використання;
- операбельність (operability) – ступінь, у якому продукт має властивості, що дозволяють легко оперувати ним та здійснювати контроль;
- захист від помилок користувача (user error protection) – ступінь захищеності користувачів від можливості внесення помилок ;
- естетика користувацького інтерфейсу (user interface aesthetics) – ступінь, відповідності інтерфейсу програмних систем очікуванням користувачів, що враховує естетичні та ергономічні вимоги;
- доступність (accessibility) – ступінь, у якому продукт може бути використаний людьми з різноманітними (обмеженими) потребами та можливостями для досягнення визначеної мети у визначеному контексті використання.

Модель якості у використанні описується п'ятьма характеристиками, а саме: ефективність (effectiveness), економічність (efficiency), задоволеність (satisfaction), свобода від ризику (freedom from risk) та межі контексту (context coverage). Якість у використанні проявляється на етапі експлуатації і супроводу програмного продукту і визначає вплив на користувачів.

УДК 004.4

Кнюк А. – ст. групи СІм-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ЕТАПІ ЇХ СУПРОВОДУ

Науковий керівник: к.т.н., доцент Яцишин В.В.

Knyukh A.

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

FEATURES QUALITY ASSURANCE SOFTWARE ON THE SUPPORTING STAGE

Supervisor: PhD, Ass. Prof. Yatsyshyn V.V.

Ключові слова: якість, супровід, програмне забезпечення

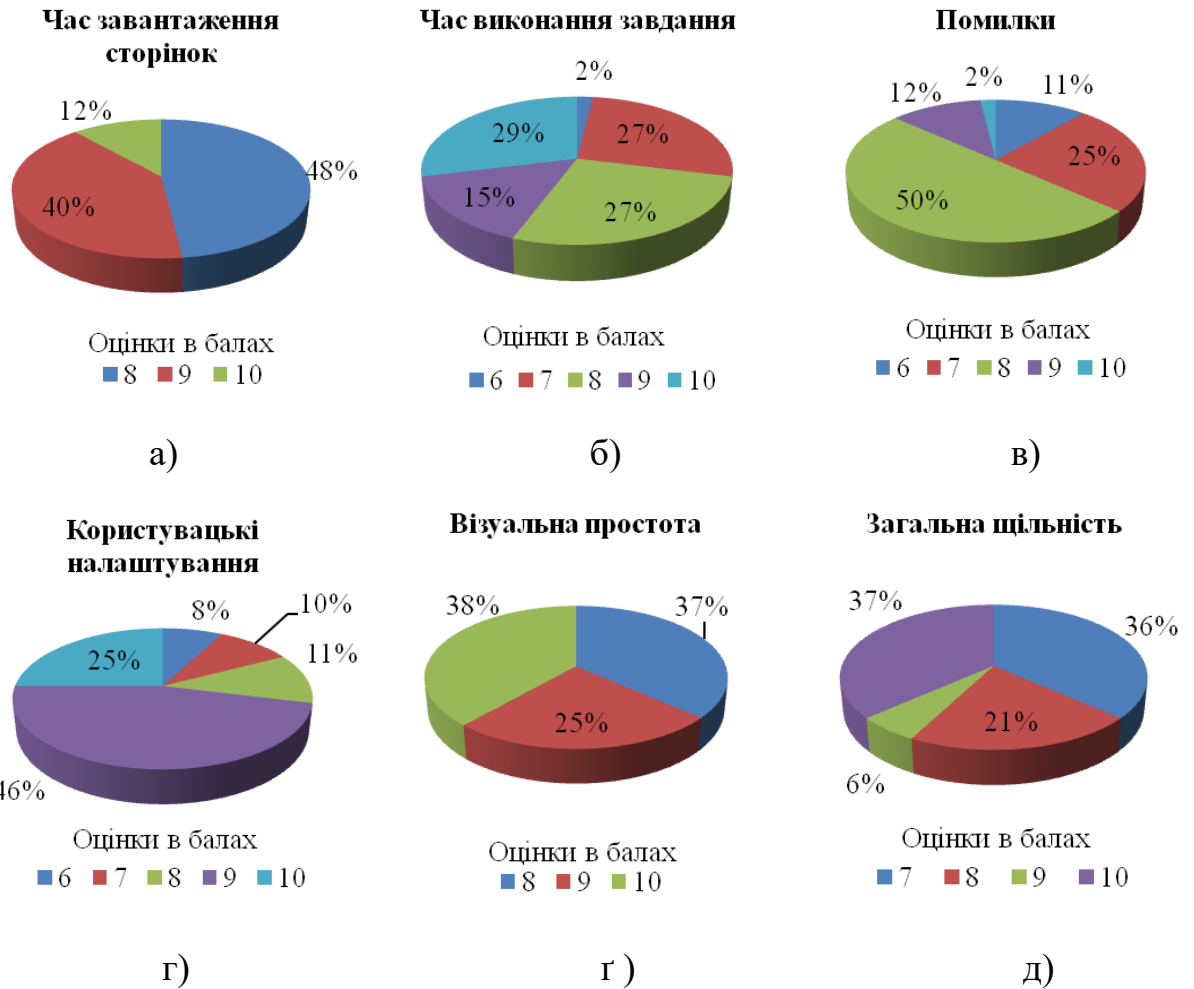
Keywords: quality, support, software

Інтенсивний розвиток індустрії програмного забезпечення характеризується впровадженням та використанням складних програмних платформ, інструментів виявлення та аналізу помилок, фіксації та аналізу недоліків функціональності готового програмного продукту та швидкої реакції на зауваження та побажання користувачів. Однак потрібно відмітити і той факт, що із зростанням складності програмних систем зростають вимоги щодо їх супроводу і підтримки у процесі життєвого циклу. При цьому необхідно забезпечити заявлену якість продукту. На етапі супроводу програмного забезпечення визначальною є якість у використанні, оскільки на даному етапі у повній мірі можна оцінити відповідність реалізованих у програмному продукті вимог потребам замовника. В ISO/IEC 25010:2011, що належить до серії стандартів SQuaRE (ISO/IEC 25000 — ISO/IEC 25099) наведено дві моделі: модель якості програмного продукту (product quality model) та модель якості у використанні (quality in use model).

Модель якості у використанні описано у термінах п'яти характеристик, зокрема: ефективність (effectiveness), економічність (efficiency), задоволеність (satisfaction), свобода від ризику (freedom from risk) та межі контексту (context coverage). Якість у використанні пов'язана з результатами впливу програмного продукту на користувачів. Такий вплив визначається якістю програмного продукту, апаратного забезпечення, особливостями самих користувачів, виконуваних ними завдань та соціального середовища. Особливо важливим, з точки зору користувачів, є забезпечення достатнього рівня зручності у використанні – характеристики якості, особливості якої повинні бути врахованими у моделі якості програмного продукту та моделі якості у використанні. У стандарті ISO 25010 зручність використання описано як ступінь, в якому програмний продукт може бути використаний певними користувачами для досягнення визначених цілей з ефективністю, економічністю та задоволеністю у певному контексті використання. Зручність у використанні, згідно з вищезгаданою моделлю якості програмного продукту має шість підхарактеристик: розпізнавання сумісності; можливість навчання; операбельність; захист від помилок користувача; естетика користувацького інтерфейсу; доступність.

Додаток Б

Оцінка web-браузеру Chromium 12 користувачами



Таблиця Б1

Вага атрибутів та показників зручності використання Chromium 12

Атрибут	Ранг	Вага	Показник	Ранг	Вага
Операбельність	3	0,19048	Часова характеристика	2	0,26667
			Узгодженість	1	0,33333
			Відгук	3	0,2
			Стійкість до помилок	4	0,13333
			Контрольованість	5	0,06667
			Керування користувачем	3	0,16667
			Правильність	1	0,5

Захист від помилок користувача	4	0,14286	Стійкість до помилок	2	0,33333
--------------------------------	---	---------	----------------------	---	---------

Продовження табл. Б1

Атрибут	Ранг	Вага	Показник	Ранг	Вага
Естетика користувачького інтерфейсу	1	0,28571	Привабливість	4	0,13333
			Приємність	7	0,06667
			Гнучкість	6	0,08889
			Мінімальна дія	5	0,11111
			Мінімальне навантаження пам'яті	3	0,15556
			Узгодженість	2	0,17778
			Керування користувачем	1	0,2
			Стійкість до помилок	9	0,02222
			Контрольованість	8	0,04444
Можливість навчання	2	0,2381	Мінімальна дія	9	0,03636
			Мінімальне навантаження пам'яті	1	0,18182
			Керування користувачем	8	0,05455
			Узгодженість	6	0,09091
			Інформативність	3	0,14545
			Простота	4	0,12727
			Знайомість	5	0,10909
			Демонстрації	10	0,01818
			Довідникова служба	7	0,07273
			Керівництво з використання	2	0,16364
Доступність	5	0,09524	Гнучкість	9	0,03636
			Мінімальна дія	8	0,05455
			Мінімальне навантаження пам'яті	7	0,07273
			Керування користувачем	1	0,18182
			Узгодженість	10	0,01818
			Інформативність	4	0,12727
			Зручність читання	5	0,10909
			Контрольованість	3	0,14545
			Навігація	6	0,09091
			Простота	2	0,16364
Розпізнавання сумісності	6	0,04762	Керівництво з використання	1	0,5
			Демонстрації	3	0,16667
			Довідникова служба	2	0,33333

Додаток В

**Метрики для оцінки зручності використання web-браузера
Chromium 12**

Таблиця В1

**Метрики для оцінки зручності використання web-браузера
Chromium 12**

Показники	Метрики/міри	Питання для оцінки
Мінімальне навантаження пам'яті	Візуальна когерентність	Наскільки добре користувацький інтерфейс утримує пов'язані об'єкти разом та відокремлює непов'язані
	Видимість завдання	Видимість властивостей та можливостей, необхідних для виконання завдання чи групи завдань
	Число зображень	Чи не перевантажує кількість зображень пам'ять користувача необхідністю їх розрізнення
	Число незрозумілих аббревіатур	Число аббревіатур, незрозумілих користувачу
Керування користувачем	Рівень майстрів	Чи задовольняє кількість програм-підказок, використовуваних для складних операцій
	Відсоток відмін	Чи достатньо операції забезпечені можливістю відміни
	Візуальна когерентність	Наскільки добре користувацький інтерфейс утримує пов'язані об'єкти разом та відокремлює непов'язані
	Повідомлення про помилки	Чи кожного разу при виявленні проблеми виникає повідомлення про помилку

Продовження табл. В.1

Показники	Метрики/міри	Питання для оцінки
Узгодженість	Загальна щільність	Чи задовольняє відсоток екрану, використовуваний для представлення інформації
	Локальна щільність	Чи достатній відсоток простору, що використовується всередині окремої групи елементів
	Число груп	Число груп елементів на екрані
	Формат дат	Число форматів дат та відповідність культурним аспектам країни
Узгодженість	Формат часу	Число форматів часу та відповідність культурним аспектам країни
	Тип шрифту	Чи використовується на всіх зображеннях один і той самий (основний) тип шрифту
Інформативність	Пояснюючі повідомлення про помилку	Можливість виконати виправлення при виникненні помилкових умов
	Вираженість призначення	Чи демонструє програмний засіб чітко виражене призначення
Відгук	Відгук	Чи задовольняє число підтверджуючих заміток та повідомлень щодо успішного виконання дій
Правильність	Помилки	Частота виникнення помилок
Стійкість до помилок	Запобігання некоректним операціям	Чи достатньо функцій з властивістю запобігання некоректним операціям
	Здатність відміни	Можливість відміни функції при виникненні помилки
Зручність читання	Зрозумілість мови	Відсутність проблем з розумінням мови, якою представлена інформація
	Кольоровий контраст	Чи задовольняє контрастність тексту щодо основного поля
	Шрифт	Зручність шрифту для читання

Продовження таблиці В1

Показники	Метрики/міри	Питання для оцінки
Зручність читання	Щільність тексту	Задоволеність завантаженістю екрану текстом при представленні необхідної інформації
	Групування	Чи задовольняє число груп інформації на екрані
Контрольованість	Гнучкість	Чи достатньо функцій, які пропонують зміну середовища інтерфейсу
	Можливість вводу-відміни	Наскільки достатнім є відсоток функцій з можливістю вводу-відміни
	Здатність відміни	Можливість відміни функції при виникненні помилки
Навігація	Число команд	Число команд/натискань миші для виконання завдання
	Число графічних елементів	Число графічних елементів
	Ієрархія меню	Чи задовольняє число рівнів ієрархії меню
	Час	Час, необхідний для здійснення вибору
Простота	Візуальна простота	Інтерфейс візуально простий
	Мовна простота	Програмне забезпечення використовує зрозумілу, діючу, позитивну мову
	Згрупованість	Ступінь згрупованості пов'язаних завдань
	Семантика	Наскільки природною є використовувана семантика (знаки, послідовність символів та інші умовні позначення відповідають загальноприйнятим)
	Кількість команд	Кількість команд/натискань миші для виконання завдання
Знайомість	Знайомість	Ви легко впізнаєте елементи інтерфейсу та розумієте виконувані дії (після вивчення інструкції з використ.)

Продовження таблиці В1

Показники	Метрики/міри	Питання для оцінки
Інструкція з використання	Зміст	Повнота змісту
	Ефективність	Здатність точно і повністю виконувати завдання після вивчення керівництва
Демонстрації	Зміст демонстрацій	Змістовність та корисність демонстрацій
Довідникова служба	Зміст	Повнота змісту
	Ефективність	Здатність точно і повністю виконувати завдання після вивчення керівництва
Часова характеристика	Час виконання завдання	Чи влаштовує вас час виконання завдання
	Помилки	Час, витрачений на помилки
	Час вибору	Час, необхідний на здійснення вибору (мисленнєве рішення та фізичну дію)
Привабливість	Привабливість	Вам подобаються кольори та графічний дизайн в цілому
Приємність	Позитивність	Ви маєте позитивні відчуття від користування програмним забезпеченням
	Частота використання	Вам подобається часто використовувати дане програмне забезпечення
Гнучкість	Налаштування інтерфейсу	Ви можете налаштувати інтерфейс згідно особистих вподобань
	Шляхи виконання завдання	Число шляхів для виконання завдання
	Число мов	Вас задовольняє число підтримуваних мов
	Зображення	Наявність зображень з альтернативним текстом
Мінімальна дія	Число кроків	Ви досягаєте мети за мінімальне число кроків
	Час	Час виконання завдання є мінімальним
	Кількість команд	Кількість повторюваних чи невдалих команд мінімальне

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dubey S. K. Analytical Roadmap to Usability Definitions and Decompositions / Sanjay Kumar Dubey, Ajay Rana // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2010. – № 2(9). – P. 4723-4729.
2. Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), Part 11: Guidance on Usability: ISO 9241-11. – Geneva: International Organization for Standardization, 1998. – 22p.
3. Systems and software engineering, Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), System and software quality models: ISO/IEC 25010:2011. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2011. – 34p.
4. Software Engineering, Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), Guide to SQuaRE: ISO/IEC 25000:2005. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2005. – 41p.
5. Software Engineering, Product quality, Part 2: External metrics: ISO/IEC 9126-2:2003. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2003. – 86p.
6. Software Engineering, Product quality, Part 3: Internal metrics: ISO/IEC 9126-3:2003. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2003. – 62p.
7. Software Engineering, Product Quality, Part 4: Quality in use metrics: ISO/IEC 9126-4. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2004. – 59p.
8. Systems and software engineering, Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), Common Industry Format (CIF) for usability: General framework for usability-related information: ISO/IEC 25060:2010. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2010. – 22p.

9. Ergonomics of human-system interaction, Part 210:Human-centered design for interactive systems: ISO 9241-210:2010. – Geneva: International Organization for Standardization, 2010. – 32p.

10. Ergonomics, Ergonomics of human-system interaction, Human-centred lifecycle process descriptions: ISO/TR 18529:2000. – Geneva: International Organization for Standardization, 2000. – 36p.

11. Information Technology, Software Product Evaluation, Quality Characteristics and Guidelines for their Use: ISO/IEC 9126. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 1991.

12. Програмні засоби ЕОМ. Показники та методи оцінювання якості: ДСТУ 2850–94. – [Чинний від 01.01.96]. –К.: Держстандарт України, 1994. – 20 с. – (Національний стандарт України).

13. Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни та визначення: ДСТУ 2844–94. – [Чинний від 01.01.96]. –К.: Держстандарт України,1995.–15 с. – (Національний стандарт України).

14. Systems and software engineering, Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), Evaluation process: ISO/IEC 25040:2011. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2011. – 45p.

15. Scholtz J. Usability evaluation / J. Scholtz // Encyclopedia of Human-Computer Interaction. – Great Barrington, MA: Berkshire Publishing Group, 2004.

16. Constantine L. L. Software for Use: A Practical Guide to the Models and Methods of Usage-Centered Design / L. L. Constantine, L. A. Lockwood. – [1st ed.]. – Boston, Massachusetts: Addison-Wesley Professional, 1999. – 608 p.

17. Abras C. User-Centered Design / Abras C., Maloney-Krichmar D., Preece J // Encyclopedia of Human-Computer Interaction. – Great Barrington, MA: Berkshire Publishing Group, 2004.

18. Broschinsky D. Using persona with XP at LANDesk software, an avocent company / D. Broschinsky, L. Baker // AGILE '08, 2008. – P. 543-548

19. John B. E. Using GOMS for user interface design and evaluation: Which technique? / B. E. John, D. E. Kieras // *ACM transactions on Computer-Human interaction*. – 1996. - № 3. – P. 287-319.
20. Card S. *The Psychology of Human-Computer Interaction* / S. Card, T. Moran, A. Newell. – Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. – 469p.
21. Gray W. Project Ernestine: Validating a GOMS Analysis for Predicting and Explaining Real-World Task Performance / W. Gray, B. John, M. Atwood // *Human-Computer Interaction*. – 1993. – Vol. 8. – P. 237-309.
22. Kieras D. An overview of the EPIC architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction / D. Kieras, D. Meyer // *Human-Computer Interaction*. – 1997. – Vol. 12. – P. 391-438.
23. Padda Harkirat K. *QUIM: A Model for Usability/Quality in use Measurement* / Harkirat K. Padda. – Colne: Lambert Academic Publishing, 2010. – 124 p.
24. Macleod M. The development of DRUM: A software tool for video-assisted usability evaluation / M. Macleod, R. Rengger // *HCI'93: People and Computers VIII: proceedings*. – 1993. – P. 293-309.
25. Ivory M.Y. The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces / M. Y. Ivory, M. A. Hearst // *ACM Computing Surveys*. – 2001. – Vol. 33(4). – P. 470-516.
26. Balbo S. Automatic evaluation of user interface usability: Dream or reality / S. Balbo // *Queensland Computer-Human Interaction Symposium: proceedings*. – 1995. – P. 478 – 487.
27. Nielsen J. *Usability Engineering* / J. Nielsen. – California: Morgan Kaufmann, 1993. – 362p.
28. Nielsen J. *Usability inspection methods* / J. Nielsen, R. Mack. – [1st ed.]. – N.Y.: Wiley, 1994. – 448p.
29. Beyer H. *Contextual Design: Defining Customer-Centered Systems* / H. Beyer, K. Holtzblatt.– [1st ed.]. – California: Morgan Kaufmann, 1997. – 496p.

30. Hackos J. User and Task Analysis for Interface Design / J. Hackos, J. Redish – [1st ed.]. – N.Y.: Wiley, 1998. – 512p.
31. Pruitt J. The Persona Lifecycle: Keeping People in Mind Throughout Product Design / J. Pruitt, T. Adlin. – [1st ed.]. – California: Morgan Kaufmann, 2006. – 744p.
32. Snyder C. Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces / C. Snyder.– [1st ed.]. – California: Morgan Kaufmann, 2003. – 408p.
33. Dumas J. Moderating Usability Tests: Principles and Practices for Interacting / J. Dumas, B. Loring.– [1st ed.]. – California: Morgan Kaufmann, 2008. – 208p.
34. Hussain, Z. Current State of Agile User-Centered Design: A Survey / Z. Hussain, W. Slany, A. Holzinger // HCI and usability for E-inclusion. Lecture Notes in Computer Science. – 2009. – Vol. 5889. – P. 416-427.
35. A survey of user-centered design practice in China / R. Zhou, S. Huang, X. Qin [et al.] // SMC 2008: IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. – 2008. – P. 1885-1889.
36. Making a difference: a survey of the usability profession in Sweden / J. Gulliksen, I. Boivie, J. Persson [et al.] // NordiCHI '04: Nordic conference on Human-computer interaction: proceedings. – ACM Press, 2004. – P. 207-215.
37. A survey of user-centered design practice / K. Vredenburg, J. Y. Mao, P. W. Smith [et al.] // CHI '02: Human factors in computing systems: proceedings. – N.Y.: ACM, 2002. – P. 471-478.
38. Ji Y.G. Enhancing the minority discipline in the IT industry: A survey of usability and User-Centered design practice / Y. G. Ji, M. H. Yun // International Journal of Human-Computer Interaction. – 2006. – Vol. 20(2). – P. 117-134.
39. Мескон М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури; пер. с англ. – [3-е изд.] – М.: Вильямс, 2007. – 672с.

40. Репин В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. Репин, В. Елиферов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. – 408с.
41. Руководство к своду знаний по управлению проектами (руководство PMBOK); пер. с англ. – [4-е изд] – Pennsylvania: Project Management Institute, 2010. – 463 с.
42. IDEF5 Method Report / [Benjamin P.C., Menzel C.P., Mayer R.J et al.] – Texas: Knowledge Based Systems, 1994. – 187 p.
43. Запорожець І. В. Метрики якості та актуальність їх створення для компонентно-орієнтованих систем / І. В. Запорожець // IX Міжнародна наукова конференція студентів та молодих учених «ПОЛІТ»: Збірник тез. – К.: НАУ-друк, 2009. – С. 220.
44. Сидоров М. О. Оцінка зручності застосування програмного забезпечення в контексті Agile-розробки / М. О. Сидоров, І. В. Гученко // Наукоємні технології. – 2009. –№ 4(4). – С.64-68.
45. Гученко І.В. Технологія оцінки якості програмних систем, орієнтована на формальний аналіз відгуків користувачів / І.В. Гученко // Тези доповідей міжнародної конференції аспірантів і студентів ”Інженерія програмного забезпечення 2009”. – К.: НАУ, 2009. – С. 18.
46. Тараненко К.Г. Автоматизований аналіз та оцінка зручності використання програмних систем / К. Г. Тараненко, І. В. Гученко // SAIT 2010 – Системний аналіз та інформаційні технології: 12-а Міжнародна наук.-техн. конф., 25–29 травня. 2010 р.: тези доп. – К., 2010. – С. 322.
47. Основы инженерии качества программных систем / (Андон Ф.И., Коваль Г.И., Коротун Т.М. и др.) – [2-е изд.]. – К.: Академперіодика, 2007. – 672с.