

Міністерство освіти і науки України
Тернопільської національній технічній університет імені Івана Пулюя

(назва державного вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(назва факультету)
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА до дипломного проекту (роботи)

магістра

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Методи та засоби оцінювання якості людсько-машинної взаємодії

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи СІМ-62

спеціальності (напрямку підготовки) 123

«Комп'ютерна інженерія»

(спеціалізація і назва спеціальності (напрямку підготовки))

Керівник

Нормоконтроль

Рецензент

Чирський Я.О.

(прізвище та ініціали)

Яцишин В.В.

(прізвище та ініціали)

Тиш С.В.

(прізвище та ініціали)

Крамар О.І.

(прізвище та ініціали)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання назва	завдання проблема
Структурна організація підприємства	Мороз Н. Б.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Оцінка ризику	Освітченко Г. М.	21.12.19	16.12
Безпека в національній економіці	Лазаренко Г. А., Сидоренко В. С.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Економіка	Лесюк О. П.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Системна робота	Душинський Б. Б.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання 30.09.2019р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Провідник
1	Вивчення умовних міжосіб до проектування машинно-матриці взаємості	5.10.19	Висоцька
2	Побудова моделі на реторичні логіку спітворюваня. Економічне моделювання взаємості	15.10.19	Висоцька
3	Проектування економічних на матриці на проектному етапі взаємості підприємств. Економічне моделювання взаємості машинно-матриці взаємості	7.11.19	Висоцька
4	Скороплатованя економічної взаємості	10.11.19	Висоцька
5	Оцінка ризику та безпека в національній економіці	17.11.19	Б. С.
6	Економіка	24.11.19	Б. С.
7	Повідомити закінчує дипломну роботу	28.11.19	Б.
8	Закінчує дипломну роботу	27.12.19	

Студент *[Signature]*
(підпис)

Чирковський І. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи *[Signature]*
(підпис)

Душинський Б. Б.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: “Методи та засоби оцінювання якості людино-машинної взаємодії ” // Дипломна робота // Чирський Ярослав Олегович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп’ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, група СІм-62 // Тернопіль, 2019 // с. – 118 , рис. – 38 , табл. – 12, аркушів А1 – 10 , додат. – 1 , бібліогр. – 28.

Ключові слова: ЛЮДИНО-МАШИНА ВЗАЄМОДІЯ, КОРИСТУВАЧ, КОМП’ЮТЕРНА СИСТЕМА, ЯКІСТЬ, ОЦІНЮВАННЯ.

Основними завданнями дипломної роботи магістра є аналіз наукових публікацій та стандартів в галузі комп’ютерної інженерії для визначення сучасного стану розвитку методів і засобів оцінювання якості людино-машинної взаємодії, обґрунтування моделей для представлення критеріїв якості людино-машинної взаємодії при проектуванні комп’ютерних систем, розробка алгоритмів і методу оцінювання якості людино-машинної взаємодії, проектування архітектури програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії, що реалізує запропонований метод, реалізація програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії.

У першому розділі дипломної роботи магістра проведено аналітичний огляд наукових публікацій і практичних інструкцій щодо особливостей проектування людино-машинної взаємодії, визначено вимоги до інтерфейсів користувачів комп’ютерних систем та проаналізовано етапи і процеси створення прототипів людино-машинної взаємодії. Встановлено, що найбільш ефективним є принцип побудови інтерфейсів людино-машинної взаємодії з орієнтацією на користувача, однак процеси проектування прототипів при цьому є слабоформалізованими. Запропоновано концептуальну модель оцінювання якості людино-машинної взаємодії та обґрунтовано її формальний опис, що дало змогу враховувати фактори впливу на ефективність проектування користувацьких інтерфейсів комп’ютерних систем.

У другому розділі дипломної роботи магістра визначено процес, атрибути і принципи оцінювання людино-машинної взаємодії, формалізовано та обгрунтовано застосування моделей якості для проведення оцінювання якості людино-машинної взаємодії, розроблено метод оцінювання якості людино-машинної взаємодії. Побудовано модель оцінювання якості людино-машинної взаємодії на основі принципів моделі 3С (Conception, Construction, Context) з врахуванням характеристик і структури моделі якості у використанні, моделі практичності та моделі зручності використання. Розроблено метод оцінювання якості людино-машинної взаємодії на основі експертних технологій, зокрема методу безпосередньої оцінки, що дає змогу оцінювати якість людино-машинної взаємодії з врахуванням структури моделі 3С та формувати на основі прототипу інтерфейсу шаблони для подальшого використання у визначеній предметній області.

У третьому розділі визначено вимоги до функцій програмного засобу підтримки експертного оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів, спроектовано архітектуру програмного засобу оцінювання якості на рівні компонентів та відношень між ними, що дало змогу здійснити декомпозицію задач відносно оцінювання якості людино-машинної взаємодії, спроектовано базу даних і базу знань на основі реляційного підходу, розроблено інтерфейс експерта щодо реалізації процесу оцінювання якості людино-машинної взаємодії та проведено експериментальні дослідження.

У четвертому розділі обчислено показники економічної ефективності проведення науково-дослідної роботи і визначено, що вартість запропонованого методу і засобу оцінювання людино-машинної взаємодії становить 71557,55 грн. при терміні окупності 1,61 року.

У п'ятому розділі проаналізовано вимоги і норми охорони праці користувачів програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії, визначено шляхи запобігання негативному впливу стихійних та промислових аварій, основні параметри їх уражаючої дії, а також шляхи створення комфортних умов праці при використанні розробленого засобу.

У шостому розділі проведено аналіз та класифікацію показників екологічності виробництва та етапів збору та опрацювання екологічної інформації.

ABSTRACT

The theme of the thesis: “Methods and tools of quality assessment of human-machine interaction” //Master thesis// Chyrskiy Yaroslav Olehovych/ Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and software engineering, CIm-62 // Ternopil, 2019 // p. - 118, fig. – 38, table – 12, Sheets A1 - 12, Add. – 1, Ref. - 28.

KEYWORDS: HUMAN-MACHINE INTERACTION, USER, COMPUTER SYSTEM, QUALITY, EVALUATION.

The main tasks of the master's thesis is the analysis of scientific publications and standards in the field of computer engineering to determine the current state of development of methods and tools for assessing the quality of human-machine interaction, substantiation of models for the presentation of criteria for the quality of human-machine interaction in the design of computer systems, development algorithms and method of human-machine interaction quality assessment, design of software architecture for human-machine interaction quality assessment that implements the proposals tion method, the implementation of the software quality evaluation of human-machine interaction.

The first chapter of the master's thesis contains an analytical review of scientific publications and practical instructions on the features of human-machine interaction design, defines requirements for user interfaces of computer systems, and analyzes the stages and processes of creating prototypes of human-machine interaction. It is established that the principle of building human-machine interface with user orientation is the most effective, but the prototype design processes are poorly formalized. A conceptual model for evaluating the quality of human-machine interaction is proposed and its formal description is substantiated, which made it possible to take into account the factors influencing the efficiency of designing user interfaces of computer systems.

The second chapter of the master's thesis defines the process, attributes and principles of evaluation of human-machine interaction, formalized and substantiated the

use of quality models for the assessment of quality of human-machine interaction, developed a method for assessing the quality of human-machine interaction. The model of estimation of quality of human-machine interaction on the basis of the principles of model 3C (Conception, Construction, Context) is built taking into account the characteristics and structure of the model of quality in use, model of practicality and model of convenience of use. A method of estimating the quality of human-machine interaction on the basis of expert technologies, in particular a method of direct evaluation, which allows to evaluate the quality of human-machine interaction taking into account the structure of model 3C and to form templates based on the prototype interface for further use in a defined subject area.

The third chapter defines the requirements for the functions of the software tool for expert evaluation of the quality of the human-machine interfaces, designed the architecture of the software for the quality assessment at the component level and the relations between them, which made it possible to perform the decomposition of tasks regarding the quality of the human-machine interaction, and designed the database knowledge base on the basis of relational approach, expert interface was developed on realization of process of evaluation of quality of human-machine interaction and experimental research.

The fourth section calculates the cost-effectiveness of research and determines that the cost of the proposed method and means of assessing human-machine interaction is 71557,55 UAH. with a payback period of 1.61 years.

The fifth chapter analyzes the requirements and standards of occupational safety of users of the software tool for assessing the quality of human-machine interaction, identifies ways to prevent the negative impact of natural and industrial accidents, the main parameters of their impact, as well as ways to create comfortable working conditions when using the developed tool.

The sixth chapter analyzes and classifies the environmental performance indicators of production and the stages of environmental information collection and processing.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ	11
ВСТУП	12
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ	17
1.1. Аналіз особливостей проектування людино-машинної взаємодії.....	17
1.2. Аналіз бази стандартів при проектуванні людино-машинної взаємодії.....	27
1.3. Аналіз вимог до інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем.....	32
1.4. Аналіз етапів та процесів створення прототипів людино-машинної взаємодії.....	36
1.5. Висновки до розділу	39
РОЗДІЛ 2 ПОБУДОВА МОДЕЛІ ТА РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ.....	40
2.1. Визначення процесу, атрибутів і принципів оцінювання якості людино-машинної взаємодії	40
2.2. Обґрунтування моделей якості людино-машинної взаємодії	48
2.2.1. Модель практичності.....	48
2.2.2. Модель якості у використанні	50
2.2.3. Модель зручності використанні	53
2.2.4. Побудова моделі оцінювання якості людино-машинної взаємодії	54
2.3. Розробка методу оцінювання якості людино-машинної взаємодії.....	63
2.4. Висновки до розділу	68
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ПІДТРИМКИ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ	70
3.1. Проектування архітектури засобу підтримки оцінювання якості людино-машинної взаємодії	70

3.2. Опис архітектурних компонентів програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії.....	73
3.2.1. Компоненти реалізації експертного оцінювання якості	73
3.2.2. Програмні компоненти аналізу і зберігання даних експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії	78
3.3. Інтерфейс експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії	85
3.4. Висновки до розділу	87
РОЗДІЛ 4 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	89
4.1. Визначення етапів процесу і загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт.....	89
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.....	91
4.3. Розрахунок витрат на електроенергію	94
4.4. Розрахунок витрат на матеріали.....	95
4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	95
4.6. Обчислення накладних витрат.....	96
4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідних робіт	96
4.8. Розрахунок ціни науково-дослідних робіт	97
4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	98
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ100	
5.1. Охорона праці.....	100
5.2. Запобігання негативному впливу стихійний лих та промислових аварій. Основні параметри їх уражаючої дії. На людей, тварин, рослин. Захист від них	103
5.3. Створення комфортних умов праці при використанні засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії	106
РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ.....	109

	10
6.1. Класифікація показників екологічності виробництва.....	109
6.2. Етапи та техніка збору та опрацювання екологічної інформації.....	110
ВИСНОВКИ.....	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	115
Додаток А Тексти наукових публікацій дипломної роботи магістра.....	118

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,
СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

БД	База Даних
ЖЦ	Життєвий Цикл
КС	Комп'ютерні Системи
ІК	Інтерфейс Користувача
ISO	International Standard Organization
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
XAML	eXtensible Application Markup Language
HTML	HyperText Markup Language
GUI	Graphical user interface
HCI	Human-Computer Interaction
CASE	Computer Aided Software Engineering
ER	Entity Relations
UML	Unified Modeling Language

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток інформаційних технологій характеризується розробкою функціонально-складних комп'ютерних систем до складу яких входять програмно-апаратні комплекси, системи захисту, інтелектуальні системи, системи підтримки прийняття рішень та ряд інших, які дають змогу реалізувати безпечні для кінцевого користувача продукти із заданим рівнем надійності, якості та ефективності.

Велика кількість тісно взаємопов'язаних неоднорідних компонентів комп'ютерних систем, застосування гнучких та розподілених архітектур програмного забезпечення впливає на людино-машинну взаємодію і вимагає розробки та використання якісних як програмно-апаратних, так і користувацьких засобів взаємодії. Виходячи з цього, при проектуванні комп'ютерних систем, необхідно інтегрувати процес побудови та оцінювання якості людино-машинної взаємодії на усіх етапах життєвого циклу. Основними критеріями якості людино-машинної взаємодії є зручність і простота використання, зрозумілість, продуктивність, що формують набір нефункціональних характеристик комп'ютерних систем.

Людино-машинна взаємодія реалізується через інтерфейси комп'ютерних систем, тому від якості інтерфейсів залежить і ефективність використання системи. Тому актуальними задачами при розробці комп'ютерних систем є задачі оцінювання якості людино-машинної взаємодії, оскільки вплив людського фактору на комп'ютерну систему може мати критичний вплив, знижувати надійність та продуктивність системи. Процес оцінювання та оптимізації людино-машинної взаємодії передбачає застосування засобів автоматизації, виконання вимог стандартів при проектуванні інтерфейсів, а також простоти і зрозумілості для кінцевого користувача, як основних характеристик якості та ефективності інтерфейсів програмних чи апаратних систем.

Процесу забезпечення та критеріям оцінювання якості людино-машинної взаємодії присвячено ряд наукових і практичних публікацій як українських, так і закордонних науковців. Зокрема, важливі результати в області проектування і

забезпечення якості людино-машинної взаємодії, одержано такими вченими як Лавріщева К. М., Харченко В.П., Гученко І.В., Харченко О.Г., Rieman J., Perlman G., Matias E., Dix A. та ряд ін.

Основні досягнення в області дослідження людино-машинної взаємодії полягають у строгій формалізації критеріїв оцінювання функціональних та нефункціональних характеристик компонентів комп'ютерних систем, зокрема програмного забезпечення, оцінюванні впливу користувача на надійність системи при її експлуатації та методам забезпечення ефективності проектування інтерфейсів людино-машинної взаємодії.

Однак комплексного підходу щодо оцінювання якості людино-машинної взаємодії в процесі проектування та експлуатації комп'ютерних систем, який давав би змогу оцінювати якість процесу людино-машинної взаємодії та визначати вплив на стійкість її функціонування у працях науковців практично не досліджувалось. Тому актуальними задачами є розробка методу і засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії при проектуванні та експлуатації програмно-апаратних інтерфейсів комп'ютерних систем.

Мета дипломної роботи полягає у дослідженні методів і засобів оцінювання якості людино-машинної взаємодії в процесі проектування комп'ютерних систем.

Для досягнення цієї мети у дипломній роботі магістра були поставлені і вирішені **наступні задачі**:

- аналіз наукових публікацій та стандартів в галузі комп'ютерної інженерії для визначення сучасного стану розвитку методів і засобів оцінювання якості людино-машинної взаємодії;
- обґрунтування моделей для представлення критеріїв якості людино-машинної взаємодії при проектуванні комп'ютерних систем;
- розробка алгоритмів і методу оцінювання якості людино-машинної взаємодії;
- проектування архітектури програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії, що реалізує запропонований метод;

– реалізація програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використано наступні методи: аналіз та узагальнення – при проведенні аналізу існуючих моделей та методів оцінювання людино-машинної взаємодії; формалізації – при обґрунтуванні моделі якості людино-машинної взаємодії, розробці методу оцінювання якості інтерфейсів користувача комп'ютерних систем; проектування та програмування – при розробці програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії; експеримент та вимірювання – для апробації розробленого методу і засобу автоматизації процесу оцінювання якості людино-машинної взаємодії.

Об'єктом дослідження є процес оцінювання якості людино-машинної взаємодії.

Предметом дослідження є моделі, методи і засоби оцінювання якості людино-машинної взаємодії при проектуванні комп'ютерних систем.

Наукова новизна одержаних результатів.

– уперше запропоновано модель оцінювання якості людино-машинної взаємодії на основі принципів моделі 3С (Conception, Construction, Context) з врахуванням характеристик і структури моделі якості у використанні, моделі практичності та моделі зручності використання, що дало змогу забезпечити і врахувати відображення цілей створення людино-машинної взаємодії на структуру і контекст його використання.

– уперше розроблено метод оцінювання якості людино-машинної взаємодії на основі експертних технологій, зокрема методу безпосередньої оцінки, що дає змогу оцінювати якість людино-машинної взаємодії з врахуванням структури моделі 3С та формувати на основі прототипу інтерфейсу шаблони для подальшого використання у визначеній предметній області.

Практична цінність результатів дослідження. Впровадження методу і засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії дають можливість кількісно виражати якість реалізованих інтерфейсів людино-машинної взаємодії та підвищити ефективність процесу їх проектування.

Публікації. Результати дослідження апробовано на VIII міжнародній науково - технічній конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та на VII науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (11-12 грудня 2019 року) у вигляді тез конференцій.

1. Яцишин В.В., Чирський Я.О. Особливості проектування інтерфейсів людино-машинної взаємодії. Матеріали VII міжнародній науково - технічній конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2019. с. 130.

2. Яцишин В.В., Чирський Я.О. Аналіз моделі зручності використанні для оцінювання якості людино-машинної взаємодії. Матеріали VII науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (11-12 грудня 2019 року). Тернопіль: ТНТУ. 2019. с. 77.

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 118 арк. формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ

1.1. Аналіз особливостей проектування людино-машинної взаємодії

Людино-машинна взаємодія відбувається через інтерфейс користувача (ІК), що є своєрідним мостом між користувачем та системою. Інтерфейс користувача представляє собою множину засобів та елементів, що дають змогу виконувати наперед визначені дії та впливати на поведінку комп'ютерної системи в цілому чи конкретного пристрою зокрема[1].

Стандарти в області науки і техніки визначають інтерфейс користувача, як: «комплекс апаратних і програмних засобів, що забезпечує взаємодію користувача з комп'ютером чи комп'ютерною системою» [2, 3].

Доволі часто, людино-машинну взаємодію, в контексті інтерфейсу користувача, розглядають лише як зовнішній вигляд програми. Проте, інтерфейс користувача відіграє більш важливу роль, оскільки забезпечує зв'язки між функціями як всередині програмного забезпечення, так і між окремими його модулями та апаратними пристроями і як наслідок формує загальну функціональність комп'ютерної системи та її поведінки. Через ІК відбувається людино-машинна взаємодія, що дозволяє забезпечити:

- підтримку прийняття рішень у конкретній предметній області;
- порядок виконання функцій у комп'ютерній системі;
- принцип використання документації комп'ютерної системи.

Інтерфейс користувача забезпечує об'єднання програмних і апаратних складових комп'ютерної системи, які визначають поведінку людино-машинної взаємодії. Такі елементи визначають:

- множину функцій, які користувач використовує для досягнення поставленої мети;
- перелік термінів, характерних для конкретної предметної області;
- принцип організації щодо керування комп'ютерною системою;

- особливості навігації та доступу до окремих компонентів комп'ютерної системи;
- візуалізацію функціональних та нефункціональних властивостей комп'ютерної системи.

Фундаментальні компоненти інтерфейсу користувачів, які забезпечують людино-машинну взаємодію можна представити у вигляді, як показано на рис. 1.1.

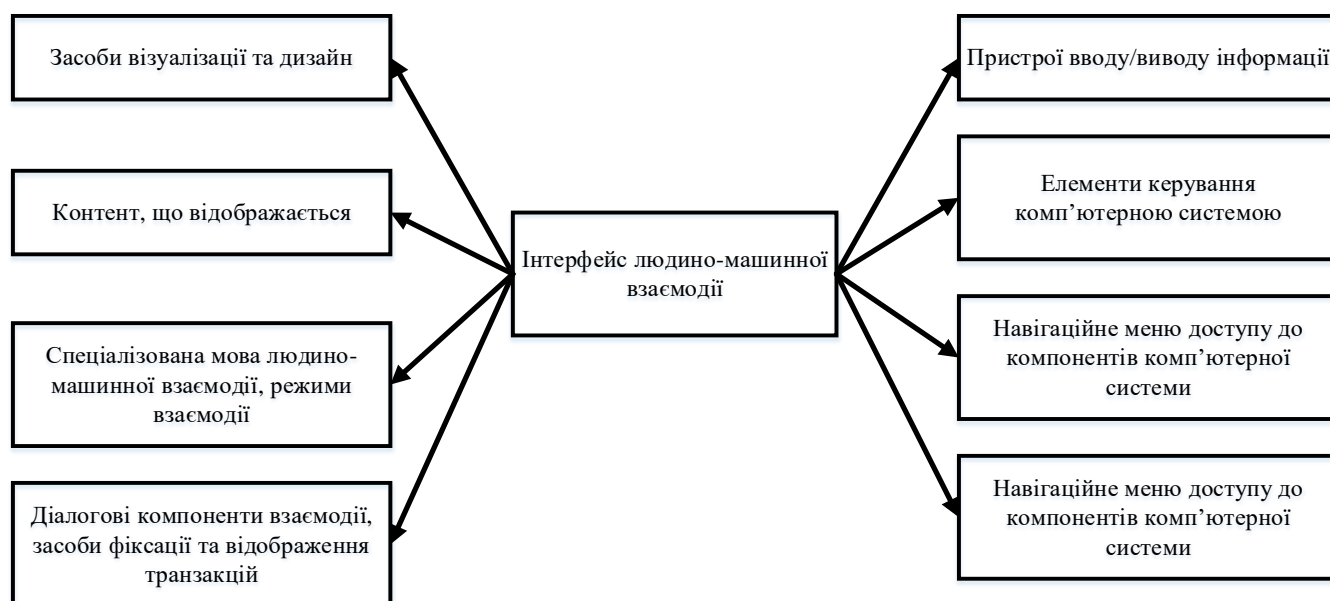


Рис. 1.1. Компоненти інтерфейсу користувача комп'ютерної системи

З інтерфейсом користувача, при реалізації людино-машинної взаємодії, тісно пов'язане таке поняття як стиль інтерфейсу. Стиль інтерфейсу характеризується набором ознак, методів і засобів його реалізації, що дозволяють однозначно ідентифікувати інтерфейс та його призначення.

Проектування інтерфейсів людино-машинної взаємодії при реалізації комп'ютерних систем є досить складним і трудомістким процесом. Складність проектування інтерфейсів користувача, в першу чергу, пов'язана з неоднозначністю трактування вимог до комп'ютерних систем та їх невизначеністю. Окрім того, характерною ознакою цього процесу є нелінійність процесу, що відображається на відсутності простих алгоритмів проектування,

наявності великої кількості альтернативних рішень, не впорядкованості етапів проектування.

Оскільки, інтерфейс користувача є комплексним відображенням сукупності реалізованих функціональних властивостей та поведінки комп'ютерної системи, то існує значний вплив одних характеристик людино-машинної взаємодії на інші. Такий вплив не завжди позитивно відображається на ефективності взаємодії користувача і системи. Тому при проектуванні інтерфейсів користувача центральними є наступні вимоги:

- однозначне трактування потреб користувачів;
- участь користувачів в процесі створення прототипів інтерфейсів;
- залучення додаткових спеціалістів, зокрема, психологів, фахівців з ергономіки при проектуванні людино-машинної взаємодії;
- забезпечення процесу зворотного зв'язку з користувачем і врахування їх поглядів при прийнятті рішень;
- збереження та аналіз відгуків користувачів;
- дотримання вимог стандартів і практик проектування інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем;
- постійне оновлення та вдосконалення методів і засобів проектування людино-машинної взаємодії.

У процесі проектування людино-машинної взаємодії з орієнтацією на користувача, необхідно враховувати такі аспекти як:

- рівень кваліфікації та досвід користувача при роботі з комп'ютерною системою;
- ставлення користувача до виконуваних задач, бізнес-рішень та посадових інструкцій в цілому;
- вимоги користувача до супроводу програмного і апаратного забезпечення комп'ютерної системи;
- фізичні та психофізіологічні особливості користувача;
- характеристики соціального та фізичного середовища роботи користувача;
- навички користувача та їх рівень;

- фізичні обмеження користувача;
- здатність до навчання, самовдосконалення і мотивація.

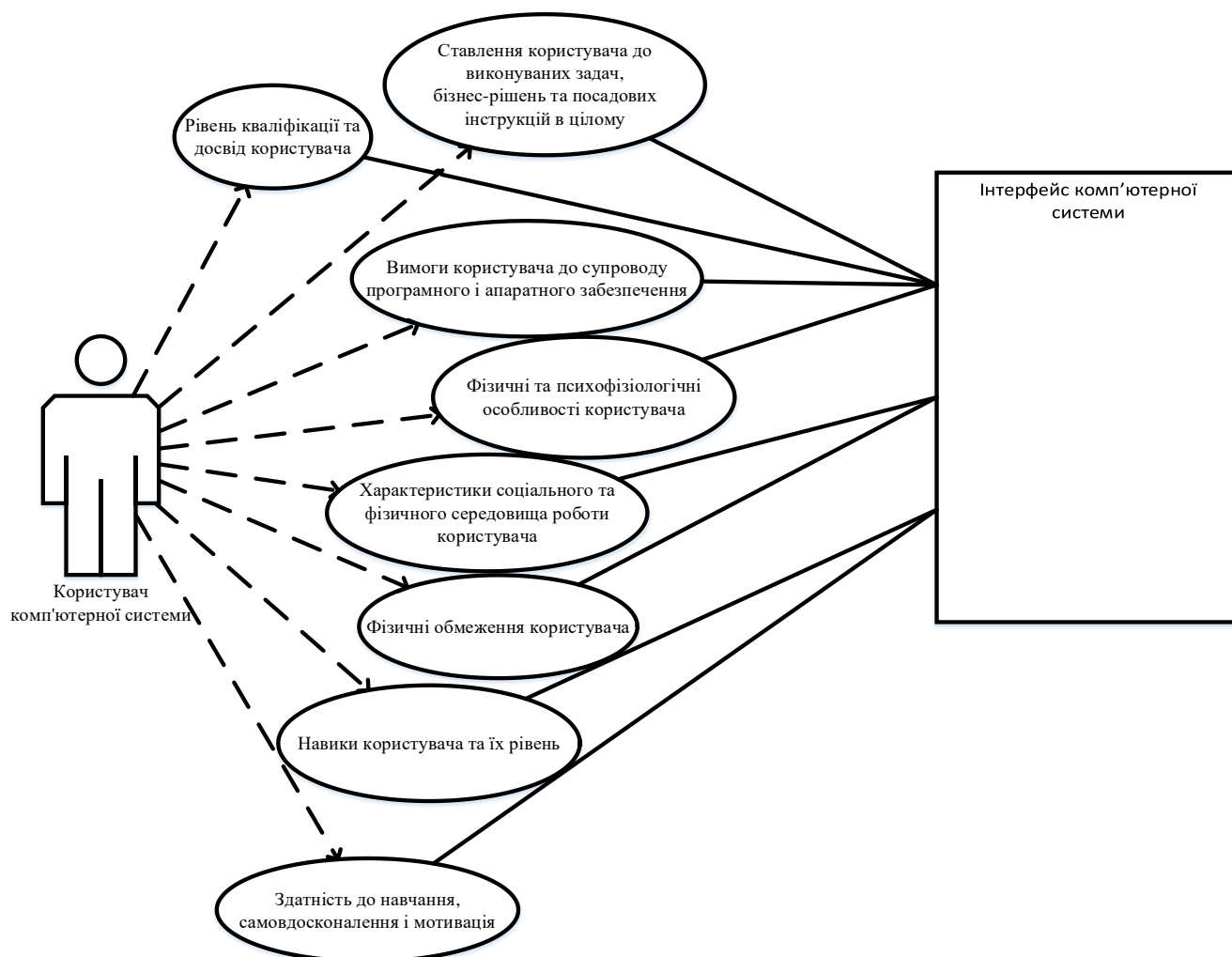


Рис. 1.2. Фактори впливу на проектування людино-машинної взаємодії

Для успішного проектування людино-машинної взаємодії та підвищення якості інтерфейсів користувача необхідна безпосередня їх участь у процесі розробки комп'ютерних систем. Для цього можна використати методи, які наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Методи підвищення ефективності проектування людино-машинної взаємодії

Назва методу	Опис
--------------	------

Метод спостереження	Спостереження за поведінкою та діями користувачів, які працюють з уже готовою комп'ютерною системою.
---------------------	--

Назва методу	Опис
Метод анкетування (опитування)	Анкетування або опитування осіб, які використовують або працюють над розробкою комп'ютерної системи, аналіз робочого середовища користувача.
Метод інтерв'ю	Даний метод може використовуватись для одержання інформації від користувачів готової системи шляхом формального або не формального інтерв'ю як однієї особи, так і колективу працівників.

На сьогодні найбільш ефективним підходом до проектування людино-машинної взаємодії з орієнтацією на користувача, є ітераційний підхід з розгортанням у часі та використанням прототипування. Основні етапи процесу проектування інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Етапи ітераційного проектування людино-машинної взаємодії

Назва етапу	Опис
Планування	Створення плану реалізації комп'ютерної системи з використанням методів прототипування інтерфейсів користувачів. Визначальним фактором інтерфейсів користувачів є характеристика практичність. У плані наводяться терміни і стадії виконання робіт з проектування людино-машинної взаємодії, можливі ризики та їх

	ОЦІНКИ.
--	---------

Назва етапу	Опис
Визначення та аналіз вимог	У результаті виконання даної стадії розв'язуються задачі щодо визначення та опису профілю користувачів комп'ютерної системи, виконується постановка можливих задач і поведінки користувачів, оцінюється рівень практичності та можливостей реалізації функцій комп'ютерної системи, визначаються межі еволюції інтерфейсу користувачів комп'ютерних систем.
Концептуальне проектування	Даний процес орієнтований на високорівневий опис комп'ютерної системи за допомогою якого розробники та користувачі одержують об'єктивне та однозначне представлення про комп'ютерну систему, її компоненти та можливості інтерфейсу.
Проектування	Під час етапу проектування людино-машинної взаємодії визначають принципи і критерії комп'ютерної системи щодо можливих реакцій системи на зовнішні команди користувачів, відгук користувачів на сигнали системи і побудову поведінки людино-машинної взаємодії.

Назва етапу	Опис
Прототипування та моделювання	Даний етап передбачає створення прототипів та моделей інтерфейсів користувачів засобами та інструментами як програмного, так і апаратного забезпечення.
Специфікація	Матеріалізація проекту програмного продукту в документальній формі, яка описує дії користувачів, а також вигляд та поведінку ПЗ в специфічних ситуаціях
Конструювання та програмування	Апаратна реалізація комп'ютерної системи та написання програмного коду керування пристроями системи. А також проведення випробування окремих компонентів і тестування окремих модулів ПЗ.
Оцінювання	Передбачає визначення рівня задоволеності потенційних користувачів реалізованою комп'ютерною системою.
Ітераційність процесів розробки	На основі відгуків потенційних користувачів, замовників та усіх зацікавлених осіб визначається необхідність повторення ітерацій або створення нових ітерацій щодо розробки
Впровадження та підтримка	Під час впровадження комп'ютерної системи виконуються роботи щодо розгортання та інтеграції з існуючими системами, проводиться додаткове тестування та оцінювання незалежними користувачами.

Якість процесу створення інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем впливає на ефективність реалізації людино-машинної взаємодії. До факторів, які відображаються на людино-машинній взаємодії, належить сукупність вмінь і навиків команди розробників комп'ютерних систем. Для ефективною реалізації інтерфейсів користувачів необхідні кваліфіковані спеціалісти із знаннями і вміннями застосовувати методи та інструменти у наступних сферах і процесах:

- процеси проектування елементів людино-машинної взаємодії;
- технології розробки та впровадження комп'ютерних систем;
- валідація, верифікація та оцінювання властивостей комп'ютерних систем та інтерфейсів користувачів, як їх складових;
- використання стандартів та методів уніфікації інтерфейсів користувачів;
- застосування CASE-засобів для реалізації людино-машинної взаємодії;
- проектування та реалізація візуальних та графічних конструкцій;
- методи і засоби супроводу комп'ютерних систем;
- психофізіологічні та ергономічні особливості користувачів комп'ютерних систем;
- прогнозування та визначення економічної доцільності створення комп'ютерних систем;
- управління процесом розробки комп'ютерних систем, в тому числі людино-машинної взаємодії.

Окрім професійних навиків проектування комп'ютерних систем та людино-машинної взаємодії, розробники повинні володіти такими особистісними вміннями та якостями:

- уміння працювати в команді;
- навички спілкування з потенційними користувачами комп'ютерних систем для уточнення або деталізації елементів інтерфейсів комп'ютерних систем;
- знання і вміння щодо кількісного вираження показників якості людино-машинної взаємодії на основі відгуків користувачів;
- вміння швидко адаптовуватись до критичних ситуацій та стресостійкість.

1.2. Аналіз бази стандартів при проектуванні людино-машинної взаємодії

Сучасні комп'ютерні системи представляють собою складні інформаційно-управляючі комплекси, що забезпечують розподілене опрацювання даних, а людино-машинна взаємодія відбувається за допомогою пристроїв вводу/виводу інформації. Основною метою реалізації інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем полягає в одержанні актуальної інформації про стан комп'ютерної системи та забезпечення можливості керування окремими апаратними пристроями. Модель людино-машинної взаємодії, де передбачено використання як програмного, так і апаратного інтерфейсів наведено на рис. 1.3.

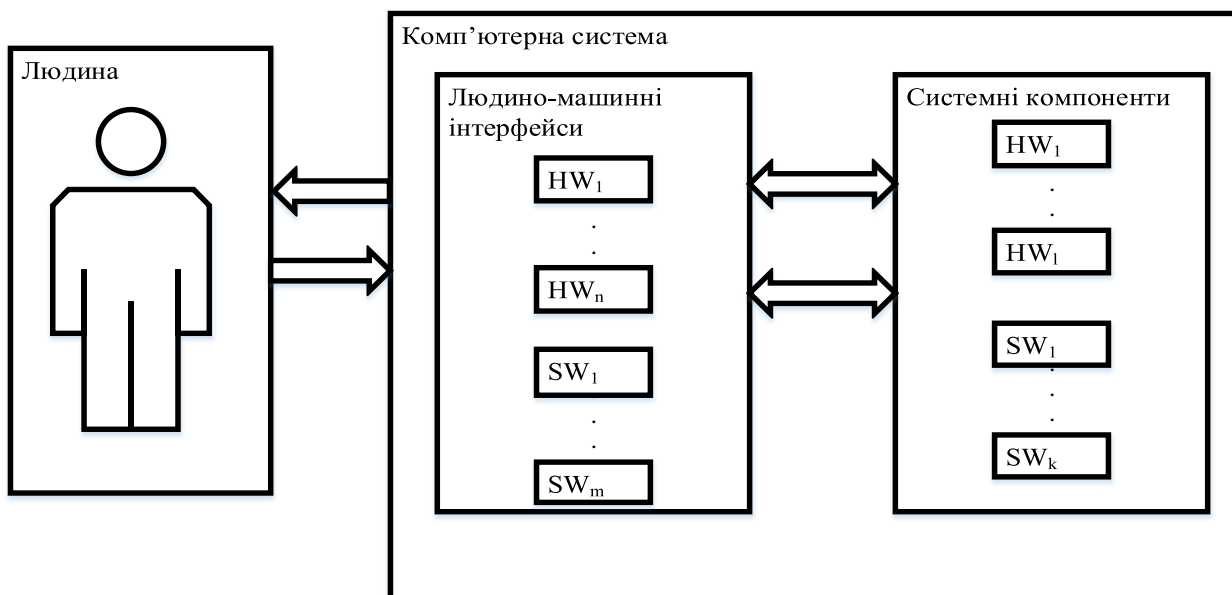


Рис. 1.3. Модель людино-машинної взаємодії

Детальна структура відображення даних комп'ютерної системи уточнюється в процесі проектування, а модель компонентів людино-машинної взаємодії можна представити у вигляді множини програмно реалізованих компонентів:

$$HCI = \{STR, POS, STRUCT, COMP, VDESIGN\} \quad (1.1)$$

де *STR* – стратегія, що визначає мету інтерфейсу людино-машинної взаємодії і потреби користувача;

POS – можливості щодо відображення інформації та специфікація функціональних вимог до комп'ютерної системи;

STRUCT – основні можливості взаємодії людини та комп'ютерної системи, а також інформаційної архітектури;

COMP – відображає ергономічні властивості інтерфейсу з орієнтацією на реалізацію залежностей між даними;

VDESIGN – візуальний дизайн інтерфейсу користувачів комп'ютерної системи.

Для забезпечення та оцінювання якості людино-машинної взаємодії необхідно розв'язати комплексну задачу та безпосередньо змоделювати фактори і процеси побудови інтерфейсів користувачів, зокрема це стосується етапів проектування комп'ютерних систем, вимог технічного завдання, контексту використання системи і дизайну. Концептуальну модель процесу оцінювання якості людино-машинної взаємодії наведено на рис. 1.4.

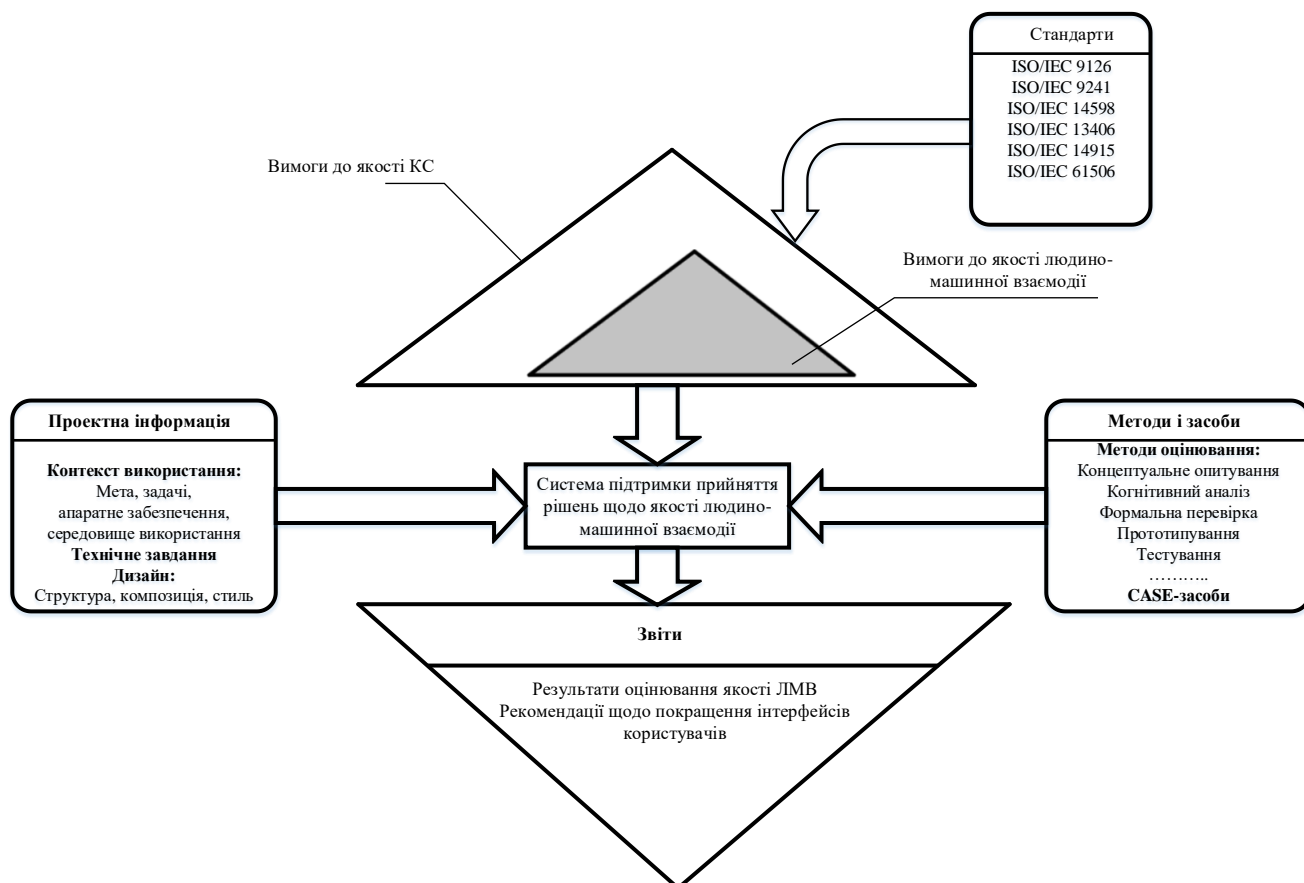


Рис. 1.4. Концептуальна модель процесу оцінювання якості людино-машинної взаємодії

Модель оцінювання якості будується шляхом аналізу нормативної бази, а вибір методів і засобів оцінювання залежить від етапу життєвого циклу комп'ютерної системи, зокрема аспектів, що стосуються людино-машинної взаємодії.

Розробка якісних людино-машинних інтерфейсів представляє собою міжгалузеву проблему, для вирішення якої необхідні знання в наступних областях: інженерна психологія, ергономіка, інженерія програмного забезпечення, комп'ютерна інженерія, керування ризиками. Проведемо аналіз сукупності базових стандартів, що визначають якість людино-машинної взаємодії на різних рівнях. На рис.1.5 наведено базис стандартів за допомогою якого, можна проводити оцінювання якості людино-машинної взаємодії.

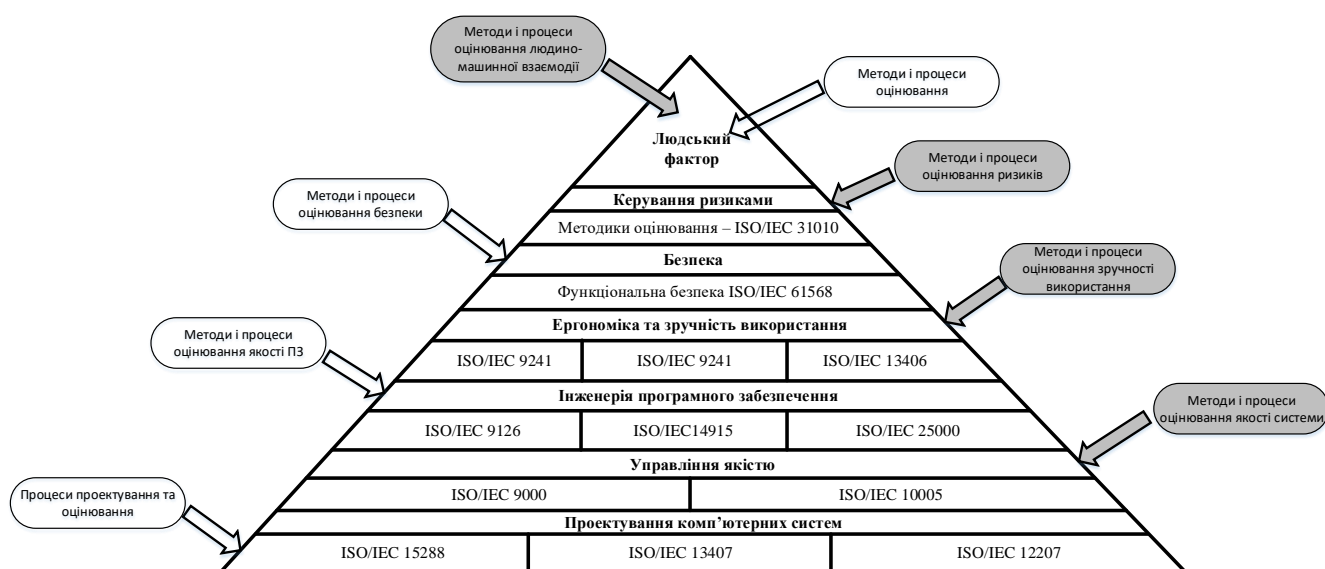


Рис. 1.5. Стандарти в області оцінювання людино-машинної взаємодії

Стандарти зручності використання описують:

- можливості проектування людино-машинної взаємодії, які орієнтовані на користувача комп'ютерної системи;
- процес, що використовується для розробки комп'ютерної системи, як продукту;

- користувацький інтерфейс і взаємодію із системою (машиною);
- використання комп'ютерної системи (ефективність, продуктивність, задоволеність у конкретному аспекті використання).

Залежність процесів та опис вимог стандартів щодо зручності використання комп'ютерної системи, їх взаємозв'язок наведено на рис. 1.6.

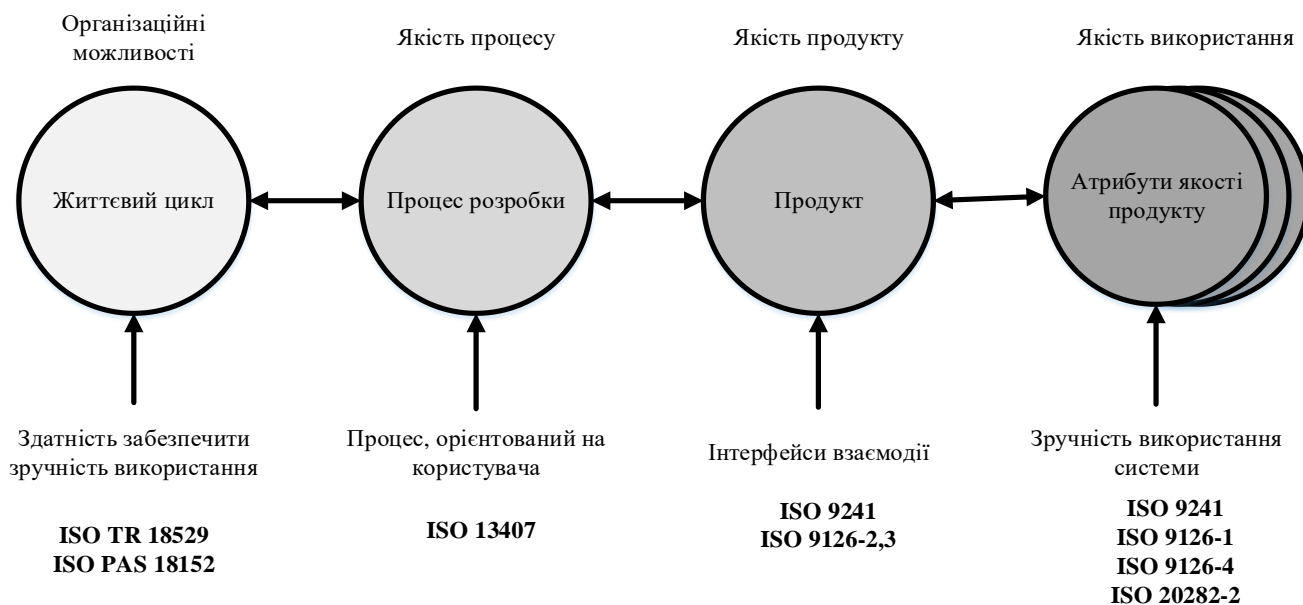


Рис. 1.6. Стандарти та процеси зручності використання комп'ютерних систем

Оскільки, інтерфейси взаємодії користувача і комп'ютерної системи, зазвичай, є програмно реалізованими, то при проектуванні та оцінюванні якості людино-машинної взаємодії, необхідно враховувати рекомендації стандартів з ергономіки програмного забезпечення, зокрема:

- стандарт ISO 14915 описує рекомендації щодо ергономіки елементів керування мультимедійних комп'ютерних систем;
- стандарт ISO 16071 визначає ергономічні вимоги до взаємодії людина-машина та наводить інструкції доступу до таких інтерфейсів;
- стандарт ISO 16982 описує методи, засновані на зручності у використанні та дозволяє забезпечити якість процесу проектування, орієнтованого на користувача.

На сьогодні розроблено ряд міжнародних стандартів присвячених процесу проектування людино-машинної взаємодії. У стандарті ISO 18529 «Ергономіка людино-машинної взаємодії» наведено опис процесу проектування інтерфейсів, орієнтованих на користувачів – user centered design (UCD).

Стандарт ISO 13407 визначає рекомендації щодо проектування інтерфейсів інтерактивних комп'ютерних систем. Окрім цього, у даному стандарті наведено шляхи організації та імплементації процесу проектування людино-машинної взаємодії в основні процеси життєвого циклу. У стандарті наведені методи для визначення контексту використання комп'ютерної системи, визначення потреб користувачів і замовників системи, створення прототипів і тестування зручності використання.

Іншим стандартом ISO/DIS 9241-210, який є обов'язковим до виконання, регламентовано процеси розробки інтерфейсів програмних систем з орієнтацією на користувачів з різним рівнем кваліфікації та вмінь.

У результаті аналізу бази стандартів, процес проектування інтерфейсів, що безпосередньо є засобом людино-машинної взаємодії, пропонується представити у вигляді, як показано на рис. 1.7.

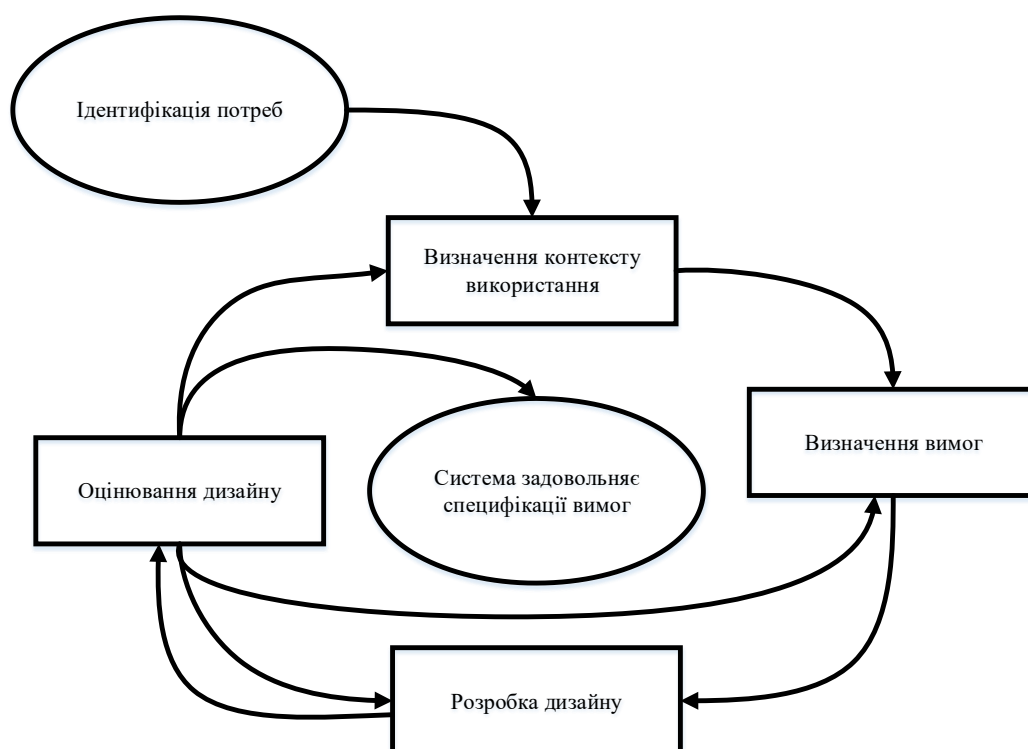


Рис. 1.7. Удосконалений процес проектування інтерфейсів людино-машинної взаємодії

Виходячи, з аналізу рис. 1.7 видно, що з етапу оцінювання дизайну інтерфейсу можна здійснити перехід на будь-який інший етап чи процес. Крім цього, чітко прослідковується зв'язок та тісну взаємодію процесів розробка та оцінювання людино-машинної взаємодії. У стандарті ISO/DIS 9241-210 розширюється поняття «користувач», шляхом введення терміну «людина», що дозволяє значно розширити і врахувати вимоги до інтерфейсів комп'ютерних систем для осіб, які не є професійними користувачами конкретних комп'ютерних систем.

1.3. Аналіз вимог до інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем

Для ефективного використання комп'ютерних систем з повнотою передбачених функцій та відповідних задач необхідно враховувати особливості середовища функціонування системи та специфіки предметної області.

Людино-машинна взаємодія у комп'ютерних системах відбувається шляхом використання інтерфейсу – Human-Computer Interaction (HCI). Інтерфейс користувача є своєрідним відображенням можливостей комп'ютерною системи, де користувачам надається можливість впливати на її поведінку. З цього випливає, що основна мета реалізації інтерфейсів користувачів полягає у забезпеченні зручності, простоти та ефективності людино-машинної взаємодії.

Основними вимогами до інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем є:

- природність елементів керування;
- узгодженість компонентів інтерфейсу;
- дружність інтерфейсу;
- простота використання;
- гнучкість та адаптація;
- реалізація принципу зворотного зв'язку;
- естетичне та художнє оформлення елементів інтерфейсу;
- застосування правил «золотого перетину»;

- відповідність інтерфейсу принципам гаманця Міллера;
- групування споріднених елементів інтерфейсу.

Природність інтерфейсу комп'ютерної системи пов'язана з можливістю реалізації операцій у визначеній предметній області без додаткових пояснень та з використанням усталеної термінології. У результаті використання елементів керування інтерфейсу, користувач наперед знає відгук системи і не потребує додаткових зусиль для розуміння відповіді та поведінки системи. При цьому людино-машинна взаємодія є візуалізованою та інтуїтивно-зрозумілою для визначеного кола користувачів. Дії, які користувач виконував за допомогою спеціалізованої мови, значно спрощуються за рахунок візуальних елементів керування.

Оскільки, сучасні комп'ютерні системи є складними програмно-апаратними комплексами, то дотримання вимог узгодженості інтерфейсів системи є не тільки потрібним, але й необхідним кроком.

Узгодженість інтерфейсів забезпечує можливість користувачам швидше та ефективніше виконувати нові задачі, не задумуючись над змістом компонентів інтерфейсу. Реалізація наслідування компонентів інтерфейсів, раніше набутих знань і вмінь користувача, дозволяє забезпечити зрозумілість та передбачуваність поведінки комп'ютерної системи.

Узгодженість повинна бути притаманна усім компонентами інтерфейсу, починаючи від синтаксичних конструкцій мови (назв змінних, класів, методів) закінчуючи візуальними апаратними та програмними компонентами.

Розрізняють декілька видів узгодженості:

- узгодженість в межах комп'ютерної системи – характеризується однаковим позначенням команд або функцій незалежно від місця їх використання;
- узгодженість в межах середовища використання – передбачає можливість застосування набутих вмінь і навиків внаслідок експлуатації споріднених систем чи програмного забезпечення (віконний інтерактивний інтерфейс під керуванням ОС Windows);

– узгодженість використання термінів – характеризується застосуванням не конфліктних та не суперечних для визначеного набору об'єктів інтерфейсу функцій та операцій.

Дружність інтерфейсу полягає у забезпеченні можливостей користувача виконувати певний набір команд комп'ютерної системи із використанням попереджувальних повідомлень, повідомлень щодо успішності чи не успішності виконання операцій, можливості відміни і корекції операції з поверненням на попередній крок.

Враховуючи людський фактор впливу на людино-машинну взаємодію, інтерфейс користувача повинен передбачати виникнення помилкових ситуацій, зумовлених як випадковим виконання операцій, так і логічними помилками користувача. Тому при людино-машинній взаємодії обов'язково будуються і опрацьовуються сценарії помилкового процесу поведінки користувача.

Реалізація вимоги щодо простоти інтерфейсу полягає у забезпеченні простоти навчання користувача та експлуатації комп'ютерної системи. Простий в експлуатації інтерфейс людино-машинної взаємодії повинен забезпечувати усю повноту функціональних можливостей комп'ютерної системи, однак враховуючи складність систем, при проектуванні ефективного інтерфейсу необхідно знайти компроміс між ними.

Важливим аспектом людино-машинної взаємодії є реалізація принципу зворотного зв'язку – відгук комп'ютерної системи на дії користувача. Практично на будь-яку дію користувача повинна бути певна реакція системи: візуальне повідомлення, звуковий сигнал або їх комбінація. Реакція комп'ютерної системи реалізується залежно від природи виконуваної операції. Крім того, важливою складовою зворотного зв'язку, є візуалізація стану виконання команди та реалізація можливості перервати процес за допомогою програмного чи апаратного елемента керування комп'ютерної системи.

Естетичне та художнє оформлення інтерфейсу орієнтоване на забезпечення сприятливого сприйняття елементів керування, інформаційного наповнення та інших об'єктів. Основна мета естетичного та художнього оформлення інтерфейсу полягає у зменшенні зорового навантаження користувача та формуванні найбільш

оптимального середовища для розуміння та керування даними, а також забезпечення комфортних умов роботи.

Під гнучкістю інтерфейсу, зазвичай, розуміють здатність інтерфейсу адаптовуватись у різних середовищах використання. Для прикладу, адаптивність інтерфейсу системи керування при використанні відеотерміналів та мобільних пристроїв. При цьому важливим є забезпечення повноти функцій та поведінки системи, а також необхідність врахування вмінь та навиків самих користувачів.

Правило «Золотого перетину» при проектуванні інтерфейсів людино-машинної взаємодії полягає у побудові таких конструкцій, які є симетричними або відповідають пропорції відношення елементів як 1,618.

«Золотий перетин» взятий із природних об'єктів та явищ, зокрема й людського тіла, тобто співвідношення між окремими органами пропорцією 1,618.

Технічний дизайн та естетичні особливості сучасних меблів, транспортних засобів, будинків та інтерфейсів користувачів проектують керуючись принципом «золотого перетину».

Ще один принцип, який лежить в основі побудови ефективних інтерфейсів людино-машинної взаємодії пов'язаний із дослідженням у психології – гаманець Міллера. На основі експериментальних досліджень встановлено, що людина без спеціальних вмінь і навиків може запам'ятати сім предметів, чисел, слів чи будь-яких інших об'єктів, при цьому не навантажуючи мозкову діяльність.

При проектуванні архітектури комп'ютерної системи на найвищому концептуальному рівні передбачається максимум 7 ± 2 компоненти, що доведено практикою. Використання гаманця Міллера при проектуванні інтерфейсів людино-машинної взаємодії передбачає групування елементів керування не більше, ніж сім у блоці. У деяких випадках – 9.

Формування груп споріднених компонентів сприяло визначенню ще одного принципу побудови інтерфейсу користувачів комп'ютерних систем – групування елементів за функціональними особливостями. Важливо, щоб кожен блок чи група мали свою унікальну назву і порядок їх розташування у групі відповідав послідовності виконання команд керування.

Бритва Оккама сповідує принцип мінімалізму: «Не створювати і не дублювати об'єкти без потреби» [7]. При проектуванні інтерфейсів людино-машинної взаємодії застосування цього принципу передбачає:

- виконання будь-якої транзакції повинна виконуватись за мінімальну кількість кроків;
- забезпечення очевидності дій для користувача комп'ютерної системи;
- оптимізація руху елементів керування та очей.

Ще одним підходом, який найбільш ефективно використовується у дизайні інтерфейсів людино-машинної взаємодії, полягає у повторному використанні компонентів та побудові шаблонів. Це дає змогу скоротити часові рамки навчання користувачів і підвищити ефективність експлуатації комп'ютерних систем.

1.4. Аналіз етапів та процесів створення прототипів людино-машинної взаємодії

Розробка будь-якої комп'ютерної системи починається з аналізу та узгодження потреб замовників чи користувачів, що дає змогу розробникам зрозуміти суть та мету створення системи. В якості варіантів представлення результатів аналізу можуть використовуватись короткі сценарії, що відображають функціональні вимоги до комп'ютерної системи, в тому числі інформаційне наповнення та елементи керування, які в подальшому будуть імплементовані в інтерфейсах людино-машинної взаємодії. Як наслідок етапу передпроектного аналізу, формується сукупність наближених функціональних вимог, визначається середовище та ключові користувачі (цільової аудиторії) комп'ютерної системи.

Ефективним засобом представлення цільової аудиторії та майбутніх функціональних можливостей комп'ютерної системи є UML діаграми, зокрема use case (діаграми варіантів використання, діаграми послідовностей). Use case діаграми візуалізують користувачів у вигляді акторів, а функціональні можливості – у вигляді прецедентів.

На практиці, передпроектний аналіз триває від 3 до 5 днів, залежно від складності системи, а вартість, терміни та виконувані задачі обумовлюється

окремим договором, що пов'язано з необхідністю детального аналізу характеристик майбутньої системи. Часто передпроектний аналіз називають Vision, а зафіксовані результати аналізу – С-вимогами (Customer requirements).

Наступний етап проектування комп'ютерної системи і людино-машинної взаємодії передбачає визначення детальних вимог на основі С-вимог та глибокого аналізу предметної області стороною розробників. Як результат, отримують повну сукупність функціональних вимог, а також визначають принципи відображення функціональності системи і побудови інтерфейсів людино-машинної взаємодії. Одні функціональні вимоги вимагають застосування комплексного підходу до проектування інтерфейсів, іншим достатньо простих елементів керування чи окремої сторінки або вікна.

Враховуючи детальні функціональні вимоги до комп'ютерної системи, визначається її поведінка шляхом розробки та проектування схеми навігації людино-машинної взаємодії. Визначивши основні навігаційні блоки, наступний крок полягає у побудові діаграм переходів між навігаційними блоками, які можуть бути як програмними, так і апаратними. Зазвичай, термін побудови навігаційних блоків та переходів між ними триває від 3 до 6 днів з врахуванням складності системи.

Наступний фундаментальний етап проектування людино-машинної взаємодії полягає у розробці структурних схем інтерфейсів, так званих wireframes, що дають змогу зрозуміти та визначити який контент та які елементи будуть відображатись, а також приблизно місце їх розташування.

Розроблені структурні схеми інтерфейсів людино-машинної взаємодії є своєрідним технічним завданням для дизайнерів та фахівців з ергономіки. Окрім цього, даний етап характеризується тісною взаємодією із зацікавленою стороною і вимагає покрокового затвердження прототипів інтерфейсів. Тривалість цього етапу може коливатись від одного до декількох тижнів і завершується затвердженням прототипів інтерфейсів замовників або користувачів.

Фінальною стадією реалізації прототипу людино-машинної взаємодії є комплексний візуальний дизайн інтерфейсу. Результатом виконання цієї стадії є шаблон або макет інтерфейсу, який забезпечує єдину стилістику елементів

керування та засобів відображення інформації. Це дає змогу зобразити загальний зовнішній вигляд, зрозуміти засоби управління та передбачити поведінку комп'ютерної системи.

Розроблені на даному етапі стилі інтерфейсу можуть в перспективі застосовуватись при масштабуванні системи, її еволюції, додаванні нової функціональності. Важливим аспектом усіх етапів проектування людино-машинної взаємодії є документування процесів та створення інструкцій щодо принципів візуального оформлення, як способу забезпечення універсальності та однозначності елементів інтерфейсу.

При проектуванні людино-машинної взаємодії на усіх етапах створення прототипів інтерфейсів рекомендують дотримуватись трьох основних принципів щодо точності, зокрема:

- візуальної;
- функціональної;
- контекстної.

Для візуальної точності важливою особливістю є збереження пропорційності елементів прототипу, а менш важливим є художнє та естетичне оформлення інтерфейсів. Однак при створенні дизайну можна збільшувати даний вид точності шляхом застосування окремих стилістичних елементів, сприйнятливої кольорової гами та графічних компонентів.

З одного боку прототип людино-машинної взаємодії розглядають як статичний набір компонентів для аналізу зовнішнього вигляду і відображення елементів керування та контенту. Однак з іншого боку, його можна реалізувати в динаміці, що дозволить користувачеві виконувати набір певних примітивних дій. Реалізація динамічних прототипів забезпечує функціональну точність поведінки комп'ютерної системи і дає змогу замовникам чи користувачам краще зрозуміти систему в цілому. Окрім цього, динамічні прототипи доцільно використовувати при оцінюванні зручності використання комп'ютерної системи і якості людино-машинної взаємодії.

Під точністю контенту розуміють візуалізацію інформації, наближеної до реальних даних, у визначених блоках інтерфейсу людино-машинної взаємодії. На

різних етапах створення дизайну з прототипування інтерфейсів доволі часто використовуються тестові дані, які не завжди відповідають тим, які плануються відобразитись у реальному середовищі використання комп'ютерної системи. Тому використання наближених до реальних умов даних, дає змогу оцінити їх вплив на візуалізацію та якість прототипу.

Технології прототипування і результати цього процесу на сьогодні дуже стрімко розвиваються і дозволяють забезпечити високу кінцеву якість інтерфейсів людино-машинної взаємодії. Динамічні прототипи дозволяють відчувати поведінку системи, оцінити зручність використання комп'ютерної системи.

1.5. Висновки до розділу

Основні результати, які отримані в даному розділі полягають в наступному:

1. Проведено аналіз особливостей та принципів проектування людино-машинної взаємодії при створенні комп'ютерних систем, у результаті якого встановлено, що найбільш ефективним є принцип побудови інтерфейсів людино-машинної взаємодії з орієнтацією на користувача, однак процеси проектування прототипів при цьому є слабоформалізованими.

2. Проведено аналіз стандартів щодо проектування та оцінювання якості людино-машинної взаємодії, у результаті якого запропоновано концептуальну модель оцінювання якості та обґрунтовано її формальний опис, що дало змогу враховувати фактори впливу на ефективність проектування користувацьких інтерфейсів комп'ютерних систем.

3. Проведено аналіз вимог до інтерфейсів та процесу проектування людино-машинної взаємодії, які необхідно враховувати як при самому проектуванні, так і при оцінюванні якості прототипів інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем.

РОЗДІЛ 2

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ТА РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ

2.1. Визначення процесу, атрибутів і принципів оцінювання якості людино-машинної взаємодії

Для оцінювання якості людино-машинної взаємодії пропонується скористатись принципами, наведеними у стандарті NUREG-0700 [5]. Даний стандарт складається з чотирьох частин і визначає:

- принципи побудови та оцінювання якості основних компонентів людино-машинних інтерфейсів, зокрема засобів відображення інформації, користувацького інтерфейсу взаємодії, елементів контролю та управління;
- принципи проектування систем: сигналізації, відображення, керування, процедур автоматизованого обчислення, підтримки користувачів та зв'язку;
- рекомендації для робочих станцій та робочих місць;
- принципи проектування та оцінювання людино-машинних інтерфейсів.

Згідно з [5], людино-машинний інтерфейс повинен підтримувати взаємодію персоналу користувачів по виконанню основних завдань – моніторингу і контролю комп'ютерної системи без надмірного навантаження, пов'язаного з використанням людино-машинної взаємодії. Інтерфейс людино-машинної взаємодії повинен підтримувати розпізнавання, толерантність та відновлення від будь-яких помилок користувача.

Принципи оцінювання проекту людино-машинної взаємодії, які наведені у [5], дають змогу досягнути наступних цілей:

- розробка детальних принципів проектування людино-машинної взаємодії;
- підтримка процесу оцінювання аспектів людино-машинної взаємодії, які погано деталізуються.

Таким чином, вони можуть бути застосовані при проектуванні або виборі нових конструктивних елементів інтерфейсів користувача, у випадках, коли формат відображення не передбачений в інструкціях.

В загальному випадку, можна визначити 18 високорівневих принципів щодо оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Принципи проектування та оцінювання якості людино-машинної взаємодії комп'ютерних систем

Категорія	Принципи
Основні принципи	Безпека користувачів Когнітивна сумісність Фізіологічна сумісність Простота конструктивних елементів Узгодженість
Проектування	Зрозумілість Цільова сумісність Модель користувацької сумісності Структурованість Логічна структурованість Своєчасність Сумісність управління та відображення Зворотній зв'язок
Додаткові задачі	Когнітивне навантаження Навантаженість відповіді
Задача підтримки	Гнучкість Інструкції і підтримка користувача Толерантність та керування помилками

Проектування – передбачає та визначає принципи підтримки основних задач користувача комп’ютерної системи у процесі моніторингу, прийняття рішень та управління для забезпечення безпеки експлуатації системи.

Додаткові задачі – це принципи мінімізації другорядних задач, які виконуються користувачем при взаємодії з комп’ютерною системою. Прикладами вирішення додаткових задач є заходи, що пов’язані з елементами керування інтерфейсом, навігацією, маніпулюванням об’єктів управління та відображення інформації.

Задачі підтримки – це принципи щодо характеристик людино-машинної взаємодії, які підтримують інтерфейси при експлуатації системи користувачем. Одним з прикладів підтримки є організація виконання дії більш, ніж одним шляхом, наявність інструкцій з експлуатації, що призводить до гнучкості інтерфейсу та зменшення кількості помилок.

Розглянемо більш детально основні принципи при проектуванні та оцінюванні якості людино-машинної взаємодії. У табл. 2.2 наведено суть цих визначальних принципів.

Таблиця 2.2

**Характеристика основних атрибутів взаємодії
«користувач-комп’ютерна система»**

Принцип	Опис
Безпека користувача	Дизайн інтерфейсів комп’ютерної системи повинен мінімізувати можливість травм і впливу негативних факторів
Когнітивна сумісність	Забезпечення такого навантаження на користувача комп’ютерної системи при виконанні основних задач, щоб він міг контролювати та розуміти процеси, які виконує комп’ютерна система

Принцип	Опис
Фізіологічна сумісність	Дизайн інтерфейсу людино-машинної взаємодії повинен враховувати особливості користувача, як людини, зокрема візуальне або голосове сповіщення комп'ютерної системи, біомеханіку, характеристики керування та антропометрії
Простота конструкції	Людино-машинні інтерфейси повинні реалізовувати простий дизайн та функціональні вимоги і сценарії керування комп'ютерною системою
Узгодженість	Характеризується високим рівнем узгодженості між людино-машинним інтерфейсом, процедурами та навчальними системами. Передбачає узгодженість системних функцій та елементів інтерфейсів, стандартизацію множини інтерфейсів КС, відповідність підготовки кадрів до використання комп'ютерної системи
Зрозумілість	Інформація, що відображається інтерфейсом людино-машинної взаємодії, повинна бути правильно візуалізована, однозначно зрозумілою користувачем за короткий проміжок часу.
Цільова сумісність	Система повинна відповідати вимогам користувачам для виконання поставлених задач. Дані повинні бути представлені у формах та форматах, що відповідають типу виконуваної задачі чи операції. Наявність додаткової інформації чи елементів контролю не повинно відображатись в інтерфейсі при виконанні поточної задачі.

Принцип	Опис
<p>Модель користувацької сумісності</p>	<p>Усі аспекти комп'ютерної системи повинні бути сумісними з психологічними та ментальними моделями користувачів (зрозумілість та очікування поведінки системи реалізується шляхом проведення тренінгів і навчання), повинні відображати у прийнятній з функціональної точки зору формі, а не в абстрактній формі, що потребують інтерпретації.</p>
<p>Структурованість</p>	<p>Структура всіх аспектів людино-машинної взаємодії повинна бути заснована на вимогах користувача і повинна відображати загальні принципи організації бізнес-процесу за пріоритетом, частотою та порядком виконання операцій.</p>
<p>Логічна структурованість</p>	<p>Формати даних, термінологія, послідовність, групування елементів і підтримка прийняття рішень користувача комп'ютерної системи повинна відображати певну логіку відповідно до вимог задачі, яка виконується. Структура інтерфейсу людино-машинної взаємодії та навігація повинні бути простими та зрозумілими у процесі використання, тобто користувач повинен знати місце розташування даних у просторі інтерфейсу, мати доступ до їхнього швидкого використання. Поведінка системи повинна бути передбачуваною користувачем.</p>

Принцип	Опис
Своєчасність	Під час проектування системи обов'язково повинні бути враховані когнітивні можливості користувачів, а також пов'язані з процесом обмеження часових ресурсів для забезпечення вчасності виконання задач. Швидкість інформаційного потоку і вимоги контролю виконання команд комп'ютерною системою, які є занадто швидкими або надто повільними, впливають на продуктивність і безпеку системи.
Сумісність управління та відображення	Відображення інформації повинне бути сумісним з форматом введених даних і контролем відповідних вимог.
Зворотній зв'язок	Інтерфейс людино-машинної взаємодії повинен надавати корисну інформацію про стан системи, доступні команди, помилки і їх відновлення, небезпечні операції і достовірність даних
Когнітивне навантаження	Інформація, що надається комп'ютерною системою повинна сприйматись швидко і бути зрозумілою. Тому, у системі повинна бути мінімізована кількість вимог щодо обчислення будь-яких значень, які виконуються самим користувачем. Вихідні дані повинні бути представлені у зручній для користувача формі.
Навантаженість відповіді	Виконання команд управління комп'ютерною системою повинно вимагати мінімальну кількість операцій. Використання однотипних пристроїв вводу інформації дає змогу скоротити час затрати. Крім того, комп'ютерна система не повинна вимагати

	введення надлишкових даних.
--	-----------------------------

Принцип	Опис
Гнучкість	У комп'ютерній системі повинна бути реалізована можливість виконання однієї і тієї самої дії декількома різними шляхами, а відображення і контроль мають бути відформатованими у конфігурації, що є найбільш зручною для вирішення задачі. Однак гнучкість повинна мати обмеження щодо кваліфікації користувачів.
Інструкції та підтримка користувача	У системі повинні бути доступними довідкові матеріали. Вимоги до інформаційного забезпечення користувача повинні бути зрозумілими і доступними як онлайн, так і оффлайн.
Толерантність і керування помилками	Відмовостійкий дизайн повинен бути наявним всюди, де збій комп'ютерної системи може призвести до пошкодження самої системи або нанести травми користувачам. Тому система повинна бути спроектованою таким чином, щоб помилки користувача не мали критичного впливу на систему, а також повинні бути реалізовані модулі щодо сповіщення про помилки та можливі шляхи їх виправлення.

В залежності від типу комп'ютерної системи, кожному з атрибутів якості, які представлені принципами у табл. 2.2, можна встановлювати відповідні ваги на основі суджень експертів або із застосування методів машинного навчання за умови наявності достатньої кількості даних про якість людино-машинної взаємодії.

Визначивши основні атрибути якості людино-машинної взаємодії, наступний крок щодо оцінювання полягає у їх формалізації та обґрунтуванні моделі або моделей їх представлення.

2.2. Обґрунтування моделей якості людино-машинної взаємодії

Враховуючи той факт, що більшість сучасних комп'ютерних систем використовують програмний інтерфейс людино-машинної взаємодії, тому зупинимо основну увагу на моделях якості, що представляють програмні інтерфейси користувачам комп'ютерних систем. Більшість моделей якості, які можна інтерпретувати відносно вимог та опису якості інтерфейсів людино-машинної взаємодії, наведені у міжнародних стандартах ISO/IEC 9126 та ISO/IEC 9241.

2.2.1. Модель практичності

В загальному випадку, під якістю програмного забезпечення розуміють сукупність властивостей, що обумовлюють його здатність задовольняти визначені потреби у відповідності до застосування. Однією із найважливіших властивостей інтерактивних програмних систем є їх придатність забезпечувати надійність і своєчасне представлення інформації користувачу, а отже впливає на якість людино-машинної взаємодії.

Стандарт ISO/IEC 9126 регламентують моделі і метрики якості програмного забезпечення. Стандарт описує ієрархічну модель якості, що складається з характеристик і підхарактеристик. Для вимірювання значень атрибутів і підхарактеристик стандарт визначає три типи метрик: метрики якості у використанні, метрики зовнішньої і внутрішньої якості. Описаний у стандарті набір метрик є базовим і може бути доповнений.

Якість у використанні – це основна характеристика, яка сприймається і відчувається користувачем. Користувач оцінює тільки ті атрибути якості, які є видимими і корисні йому для виконання задач у комп'ютерній системі, тобто є практично-орієнтованими.

Найбільш відома модель, яка сьогодні застосовується для проектування людино-машинної взаємодії наведена у міжнародному стандарті ISO 9126.

Ця модель визначає характеристику практичність, як здатність програмного інтерфейсу бути осмисленим, вивченим і привабливим для користувача у визначеному контексті. Для оцінювання якості програмно-реалізованої людино-машинної взаємодії визначено наступні підхарактеристики характеристики «Практичність» (рис. 2.1.).

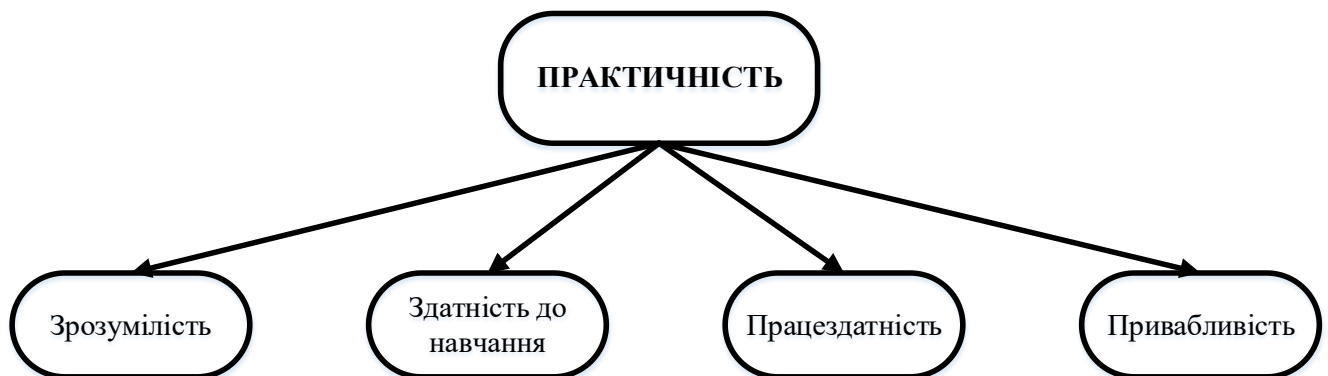


Рис. 2.1. Модель практичності

Зрозумілість – це здатність, що забезпечує користувачу розуміння того, чи є програмний інтерфейс придатним для використання і як його можна застосувати для конкретних задач та умов.

Здатність до навчання – здатність інтерфейсу забезпечувати навчання користувачів щодо призначення елементів керування та їх використання.

Привабливість – здатність програмного інтерфейсу «подобатись» користувачу.

В якості прикладу, визначимо основні атрибути характеристики «Практичність». У табл. 2.3 наведено підхарактеристики і відповідні атрибути якості щодо практичності програмного інтерфейсу.

Модель практичності для опису якості людино-машинної взаємодії

Зрозумілість	Чіткість концепції
	Демонстраційні можливості
	Наглядність і повнота документації
Простота використання	Простота керування функціями і командами
	Комфорт експлуатації
	Середній час вводу даних
	Середній час відгуку на подію
Здатність до навчання	Складність навчання
	Тривалість навчання
	Об'єм електронних посібників
	Об'єм експлуатаційної документації
Привабливість	Суб'єктивна оцінка

Модель практичності вимагає додаткового дослідження та формалізації, а також залучення експертів для встановлення привабливості інтерфейсу.

2.2.2. Модель якості у використанні

При проектуванні та оцінюванні якості комп'ютерних систем окремо виділяють якість у використанні. Модель якості у використанні визначає у якій мірі задовольняються потреби користувачів при виконанні конкретних задач у визначеному контексті застосування із заданою ефективністю, продуктивністю та задоволеністю. Якість у використанні дозволяє прогнозувати успішність програмних інтерфейсів і комп'ютерної системи в цілому і визначає характеристики якості, які наведені на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Модель якості у використанні

Основними характеристиками якості у використанні є:

- Ефективність – здатність програмного забезпечення комп’ютерної системи дозволяти користувачу досягати визначених цілей з точністю і повнотою у заданому контексті використання.

- Продуктивність – продуктивність при вирішенні основних задач комп’ютерної системи в умовах реально обмежених ресурсів і в конкретному середовищі виконання.

- Задоволеність – здатність програмного забезпечення комп’ютерної системи задовольняти потреби користувача у заданому контексті використання.

- Безпека – здатність програмних інтерфейсів комп’ютерної системи досягати визначених рівнів ризиків, пов’язаних з безпекою користувачів, бізнесу, навколишньому середовищу у заданому контексті використання.

Приклад побудованої моделі якості у використанні приведено у табл. 2.4 у вигляді характеристик та атрибутів якості у використанні.

Слід зазначити, що дана модель має ієрархічну структуру, де на найвищому рівні ієрархії визначається якість у використанні комп’ютерної системи, на рівні нижче – знаходяться комплексні характеристики якості у використанні. За характеристиками якості у використанні ідуть атрибути, що описують більш детально реалізацію конкретної вимоги користувача, і на найнижчому рівні знаходяться метрики, що дають змогу кількісно виміряти значення атрибутів та характеристик якості у використанні.

**Підхарактеристики та атрибути моделі якості у використанні для
оцінювання людино-машинної взаємодії**

Підхарактеристика	Атрибут/метрика
Ефективність	Відсоток задач користувача, що реалізовано у системі
	Відношення успішних дій до помилок
	Навантаження користувача
	Кількість використовуваних функцій і команд
	Відсоток користувачів, які успішно виконали задачі
	Середня точність виконання задач
Продуктивність	Час виконання задачі
	Час попереднього навчання
	Час на виправлення помилок
	Кількість помилок при виконанні задачі
	Частота використання довідкових матеріалів
	Кількість помилкових і повторюваних дій
	Задачі, виконані за одиницю часу
	Оцінка затрат на виконання задач
Задоволеність	Рейтингова оцінка корисності системи
	Рейтингова оцінка задоволеності функціональністю системи
	Кількість випадків незадоволеності користувачів
	Частота скарг
	Ступінь завантаження за часом
Безпека	Ризик користувачів
	Економічний ризик
	Ризик пошкодження комп'ютерної системи і даних

За допомогою моделі якості у використанні можна частково оцінити якість людино-машинної взаємодії. Окрім цього, необхідно провести формалізацію структури та визначити атрибути і метрики для конкретної комп'ютерної системи.

2.2.3. Модель зручності використанні

Стандарт ISO/IEC 9241 містить вимоги до ергономіки візуальних дисплейних терміналів в умовах офісного використання. У ньому зручність використання визначається через ефективність, продуктивність та задоволеність. На рис. 2.4 наведено структурну схему зручності використання.

У стандарті наведено метрики, які покликані допомогти при проектуванні якісних користувацьких інтерфейсів. При виборі метрик для оцінювання зручності використання необхідно враховувати контекст використання комп'ютерної системи, що включає користувача, задачі, апаратне та програмне забезпечення, середовище виконання, а також цілі, які досягаються за допомогою зручності використання інтерфейсу.

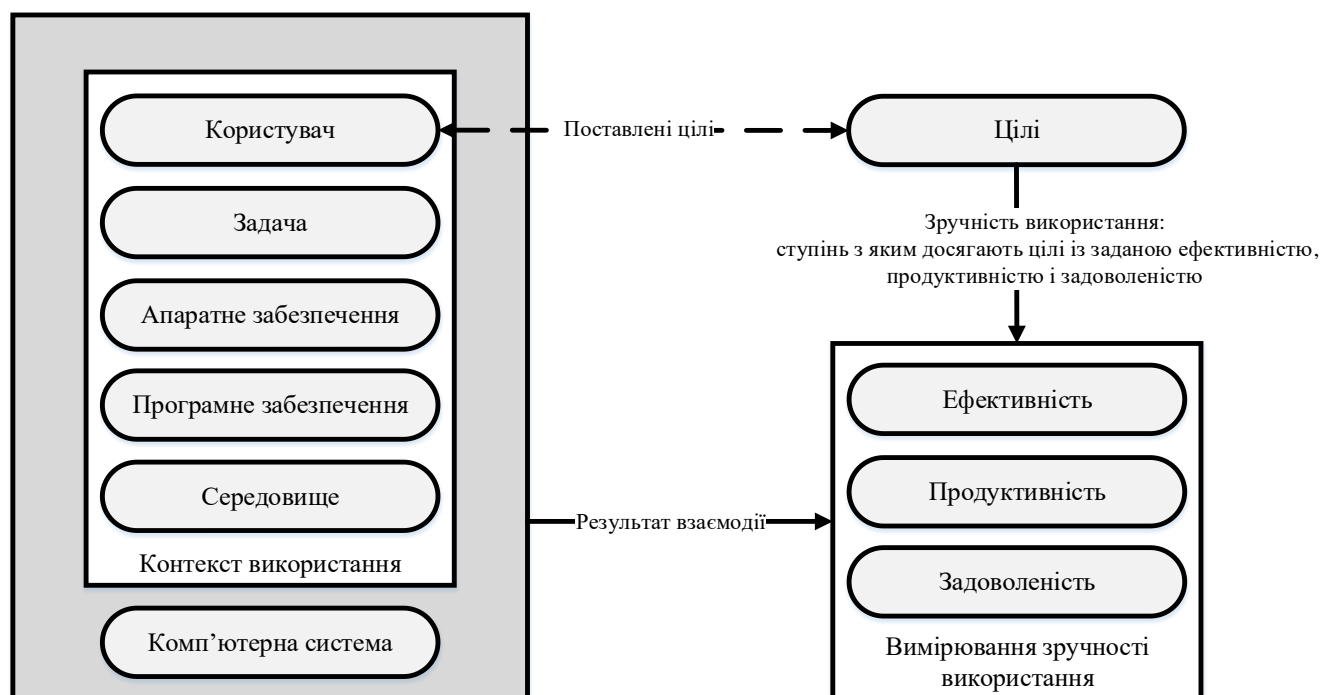


Рис. 2.4. Структура зручності використання

Для того, щоб виміряти зручність використання, необхідно мати наступну інформацію:

- опис цілей, які висувають до інтерфейсів людино-машинної взаємодії;
- опис компонентів контексту використання, включаючи користувачів, задачі, апаратне і програмне забезпечення, середовище виконання;
- реальні значення ефективності, продуктивності і задоволеності користувача в рамках визначеного контексту.

У випадку комплексних цілей можна провести їх декомпозицію на підцілі (підзадачі).

Опис користувача включає в себе знання, вміння, навички користувачів, їх освіта, фізичні дані, моторні характеристики і рівні чутливості.

Опис задач повинен включати всі задачі, які необхідно виконати для досягнення користувачем поставленої мети. Окрім цього, опис задач повинен включати характеристики, які можуть впливати на критерії зручності використання, для прикладу, частота виконання задачі і її тривалість.

При описі апаратного і програмного забезпечення повинна бути включена інформація про їх складові і можливості, а також засоби забезпечення людино-машинної взаємодії.

В опис середовища виконання входить, наприклад характеристика робочого місця, додаткові засоби, організаційна структура, температура повітря та вологість.

2.2.4. Побудова моделі оцінювання якості людино-машинної взаємодії

Наведені вище моделі дають змогу оцінити якість людино-машинної взаємодії з різних точок зору і за різними характеристиками. Для забезпечення повноти, точності і зручності результатів оцінювання необхідно інтегрувати характеристики якості у єдину структуру. В якості структури для інтеграції критеріїв пропонується використати і адаптувати модель, яка на найвищому концептуальному рівні включає три аспекти якості людино-машинної взаємодії: *Conception*, *Construction* та *Context* (3C-модель). При цьому, онтологія

властивостей інтерфейсів людино-машинної взаємодії будується з урахуванням цих трьох аспектів.

Концепція інтерфейсу людино-машинної взаємодії відображає функціональність комп'ютерної системи. Доменний експерт сприймає концепцію у вигляді функцій, які відображають певні об'єкти і процеси предметної області.

З погляду прототипування інтерфейсів функціональність повинна бути спільною (якомога ширшого застосування) і корисною. Тому в аспекті концепції інтерфейсів важливими є властивості корисності та спільності.

Корисність відображає ступінь задоволення вимог, що висуваються користувачами до інтерфейсу.

Спільність відображає широту можливого застосування прототипу інтерфейсу людино-машинної взаємодії.

Контекст відображає вимоги до середовища використання інтерфейсу людино-машинної взаємодії у складі комп'ютерної системи. У 3С-моделі можна виділити контекст концепції (семантичний контекст) і контекст конструкції (синтаксичний контекст). При створенні прототипів інтерфейсів семантичний контекст формується дизайнером як логіка взаємодії між компонентами комп'ютерної системи. Синтаксичний контекст формується як зовнішній вигляд прототипу. Тому в аспекті контексту істотними є наступні властивості: закінченість інтерфейсу, синтаксична незалежність, семантична незалежність. Закінченість інтерфейсу відображає те, що інтерфейс представляє всю функціональність, яка повинна бути доступна при використанні.

Семантична незалежність відображає здатність компонента мати фіксований результат при виконанні певних дій, незалежно від місця, в якому вони викликаються.

Синтаксична незалежність відображає здатність прототипу інтерфейсу використовуватися без зміни контексту.

Конструкція інтерфейсу користувача відображає одну з реалізацій концепції. Тому в аспекті конструкції важливими є наступні критерії:

- достатність – відображає здатність прототипу так представляти концепцію, щоб цього було достатньо для повного відображення функціональності комп'ютерної системи;
- закінченість конструкції – відображає те, що конструкція представляє всі можливості функціональності з концепції прототипу;
- примітивність – відображає те, що в конструкцію інтерфейсу повинні включатися тільки елементарні операції над об'єктами, передбачені в концепції;
- модульність – відображає те, що прототип інтерфейсу має модульну структуру, що спрощує його розуміння і модифікацію;
- структурованість – відображає використання в інтерфейсі структурних частин і їх складність, яка впливає на його розуміння і модифікацію;
- навігація – відображає можливість одержувати інформацію про стан системи і можливість переміщення на інші блоки;
- надійність – відображає стійку поведінку елементів керування, навіть якщо він неправильно використовується або використовується на межі своїх можливостей;
- ефективність – відображає однаково ефективне виконання дій в рамках всього спектру застосувань, передбачених для нього специфікацією вимог;
- переносимість – відображає працездатність інтерфейсу в різних апаратних і програмних середовищах;
- класифікація – відображає здатність ефективного пошуку відповідно до наперед заданої класифікації;
- компактність – відображає здатність компактного відображення компонента;
- зрозумілість – відображає суть елементів інтерфейсу, достатню для його використання у процесі створення прототипів;
- простота модифікації – відображає простоту внесення змін у конструкцію прототипу інтерфейсу;
- коректність – відображає відсутність синтаксичних і семантичних помилок у тексті компонента інтерфейсу;

– тестопридатність – відображає здатність ефективного тестування елементів керування інтерфейсу.

Одержана у дипломній роботі 3С-модель щодо оцінювання якості людино-машинної взаємодії показана на рис.2.5.

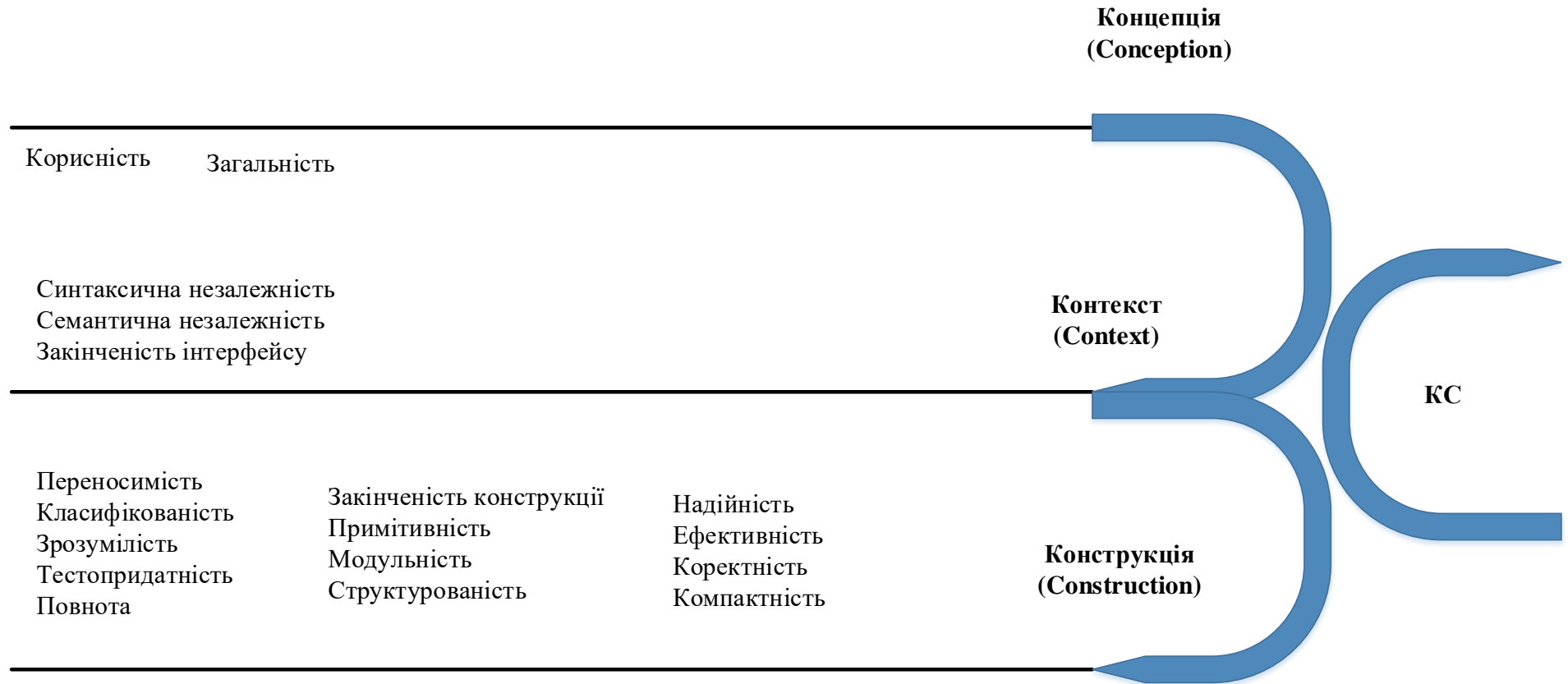


Рис. 2.5. 3С-модель властивостей прототипів інтерфейсів людино-машинної взаємодії

Для визначення остаточного складу множини властивостей прототипів інтерфейсів використовується додатковий аналіз властивостей 3С-моделі, з урахуванням впливу кожної властивості моделі на вартість процесів розробки або вибору готового шаблону інтерфейсу.

Розглянемо цю задачу для процесів фаз створення і використання прототипів інтерфейсів людино-машинної взаємодії.

Створення прототипу інтерфейсу проводиться у відповідності до вимог, підходами і технологій, які використовує фірма-розробник. В загальному випадку процес створення прототипу інтерфейсу людино-машинної взаємодії можна розглядати як діяльність, що складається з перетворення множини P_c властивостей наслідуваних прототипів до множини властивостей їх повторного використання P_r відповідно до вимог R :

$$P_{rc} = A(P_c, R), \quad (2.1)$$

P_{rc} – множина значень властивостей прототипу інтерфейсу;

A – операція перетворення.

P_c – множина значень властивостей компонента наслідуваного прототипу;

R – множина вимог до властивостей повторного застосування прототипу інтерфейсу.

Передбачається, що при повторному використанні прототипу (шаблону) інтерфейсу, враховуються тільки вимоги, без вихідного компонента («з нуля») і поміщається в репозиторій, з якого він використовується як «чорна скринька» (black-box reuse), тому можна розглядати цей процес як звичайну розробку компонентів комп'ютерної системи ($P_c = 0$). Тоді формула 2.1 має вигляд:

$$P_{rc} = A(R) \quad (2.2)$$

P_{rc} – множина значень необхідних властивостей прототипу;

A – операція перетворення.

R – множина вимог до властивостей можливого шаблону інтерфейсу;

При несистематичному використанні готових прототипів вихідними даними для створення інтерфейсів людино-машинної взаємодії служать компоненти, які вже мають деякі властивості, у тому числі й важливі з погляду повторного використання, тому можна розглядати процес розробки прототипу інтерфейсу як модифікацію готових компонентів під вимоги R (white- box reuse) без їх розміщення в репозиторії.

Очевидно, що трудомісткість перетворення наслідуваних компонентів прототипів під конкретні потреби залежить від «різниці» у значеннях властивостей множини P_c готового шаблону або компонентів інтерфейсу і необхідного, що належить множині значень P_{rc} і задається R , шаблону і трудомісткості операцій усунення цієї «різниці». Під різницею можна розуміти різницю множин P_c і P_{rc} в теоретико-множинному сенсі (якщо розглядати наявність або відсутність властивості в множині) або різниця між значеннями відповідних властивостей однієї та іншої множини. Критерієм вибору прототипу, що є можливим кандидатом для конкретного проекту є така умова:

$$C(A(P_c, R)) < C(A(R)), \quad (2.3)$$

$C(A(P_c, R))$ – витрати на створення прототипу інтерфейсу з готового шаблону;

$C(A(R))$ – витрати на створення прототипу інтерфейсу «з нуля».

Таким чином, при оцінюванні наслідуваних компонентів ПЗ завдання експерта полягає в тому, щоб визначити для кожного з них близькість множини властивостей P_c до множини властивостей ПВК P_{rc} , що визначаються множиною вимог R . Для визначення доцільності створення ПВК з даного компонента-кандидата експерт розробляє оцінювання трудовитрат, необхідних для зміни кожної властивості компонента-кандидата і оцінку сумарних трудовитрат:

$$C(A(P_c, R)) = \sum_{i=1}^n C_i(A_i(P_{ci}, R_i)), \quad (2.4)$$

$C_i(A_i(P_{ci}, R_i))$ – трудозатрати на зміну i -ої властивості P_{ci} з множини P_c відповідно до вимоги R_i ;

n – кількість властивостей множини P_c .

Спираючись на вищесказане, будемо застосовувати для визначення множини властивостей компонентів прототипів інтерфейсів, тезу: важливість властивості вважається тим більшою, чим вищі затрати на її зміну в прототипі на основі готового шаблону людино-машинної взаємодії.

Таким чином, придатність прототипу інтерфейсу буде визначатися «повнотою» множини властивостей P_u , які є важливими з погляду використання готового шаблону інтерфейсу та враховані при його створенні, і «різницею» значень цих і необхідних властивостей, тобто ступенем дотримання умови:

$$P'_{rc} = P_{rc} \quad (2.5)$$

де P'_{rc} – множина значень властивостей конкретного прототипу інтерфейсу;

P_{rc} – множина значень властивостей прототипу інтерфейсу, яке відповідає вимогам процесів його використання.

Недотримання цієї умови вимагає додаткових витрат на здійснення процесів використання шаблону інтерфейсу у новій КС, внаслідок проведення операцій, спрямованих на відповідне доопрацювання компонента (white-box reuse):

$$P'_{rc} = A(P_{rc}, R) . \quad (2.6)$$

Враховуючи аспекти опису людино-машинної взаємодії на основі моделей практичності, якості у використанні, зручності використання та ЗС пропонується якість людино-машинної взаємодії представити у вигляді, як показано на рис. 2.6.

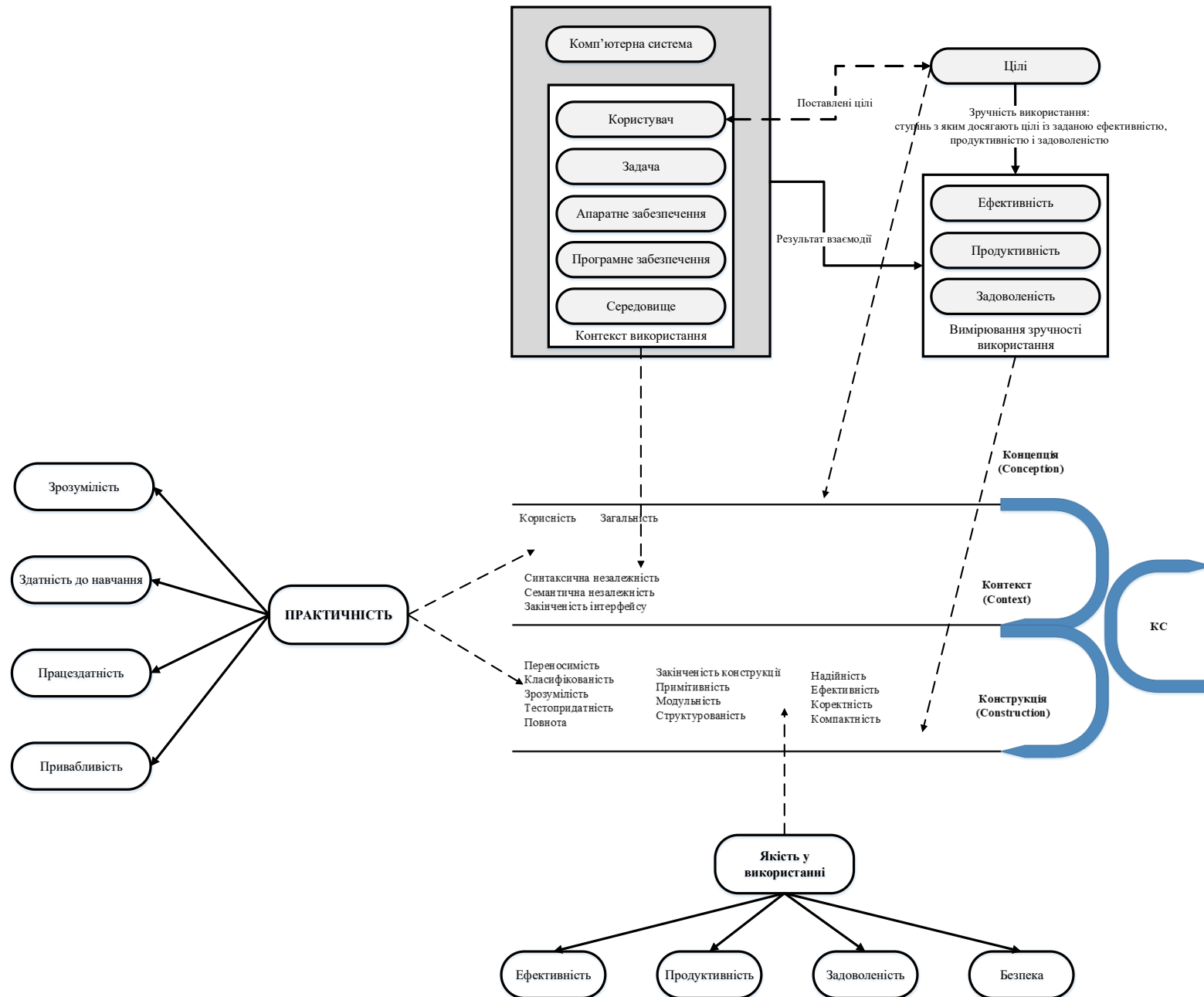


Рис. 2.6. Модель якості людинно-машинної взаємодії

2.3. Розробка методу оцінювання якості людино-машинної взаємодії

Для оцінювання якості людино-машинної взаємодії пропонується скористатись експертними технологіями. Кількісним вираженням якості людино-машинної взаємодії, тобто якістю інтерфейсів користувачів, є експертні оцінки, що представляють собою кількісні або порядкові значення оцінок процесів або явищ, які не можуть бути безпосередньо вимірними [8]. В основі методів експертного оцінювання лежать припущення, що на основі суджень експерта можна побудувати адекватну модель об'єкта прогнозування [8]. Залежно від типу експертизи розрізняють методи індивідуальних та колективних оцінок (рис.2.7)

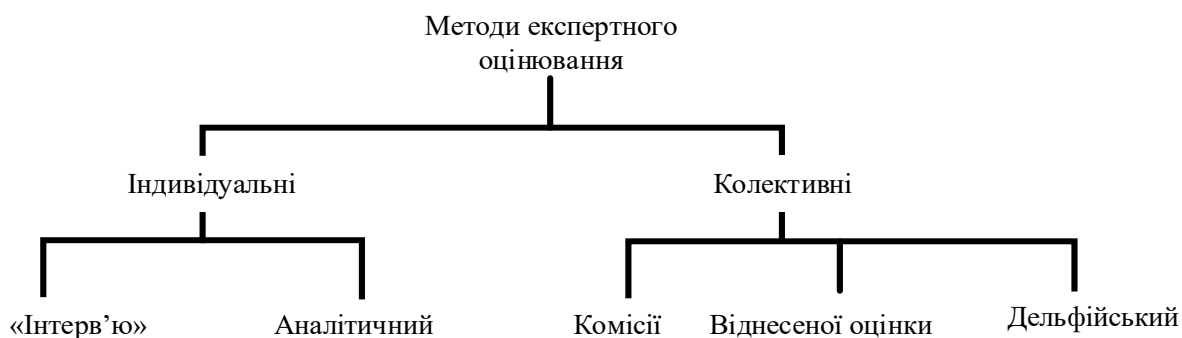


Рис. 2.7. Методи експертного оцінювання

Метод експертного оцінювання базований на інтерв'ю передбачає взаємодію дизайнера з експертом в галузі проектування людино-машинних інтерфейсів комп'ютерних систем шляхом опитування згідно визначеної програми і одержання відповідей про об'єкт дослідження.

Аналітичний метод експертного оцінювання вимагає від експерта самостійного аналізу перспектив, оцінювання стану та розвитку досліджуваного об'єкту.

Суть колективного методу «комісії» полягає у виробленні спільної стратегії щодо оцінювання об'єкта дослідження, що часто передбачає дискусії між членами групи експертів.

Метод «мозкового штурму» передбачає дві групи експертів, які формують можливі шляхи розв'язку задач та визначають оптимальність рішення відповідно.

Дельфійський метод експертного оцінювання не передбачає прямих колективних обговорень щодо об'єкту чи предмету дослідження, а базується на окремих індивідуальних опитуваннях експертів до тих пір, поки не буде досягнуто компромісу щодо бачення розвитку об'єкту.

Як показує практика, у результаті проведення індивідуального експертного оцінювання об'єктів дослідження спостерігається великий ступінь суб'єктивного впливу експерта на відображення процесу чи явища. При використанні колективних методів оцінювання ступінь суб'єктивності знижується, а відповідно підвищується достовірність і точність прогнозу поведінки чи опису об'єкту.

При виборі прототипів інтерфейсів людино-машинної взаємодії, об'єктом експертного оцінювання є якість інтерфейсів, що описується множиною властивостей представлених у вигляді моделей якості у використанні, практичності, зручності використання та ЗС-моделі. Тому реалізація методу експертного оцінювання компонентів ПЗ вимагає виконання двох наступних процесів (рис. 2.8):

- оцінювання реалізованих в інтерфейсі людино-машинної взаємодії властивостей;
- оцінювання придатності прототипу інтерфейсу користувача комп'ютерної системи для створення загального шаблону.

Для забезпечення виконання наведених вище процесів можна використати один з методів експертного оцінювання. В загальному випадку структуру реалізації методу можна представити як показано на рис. 2.9.

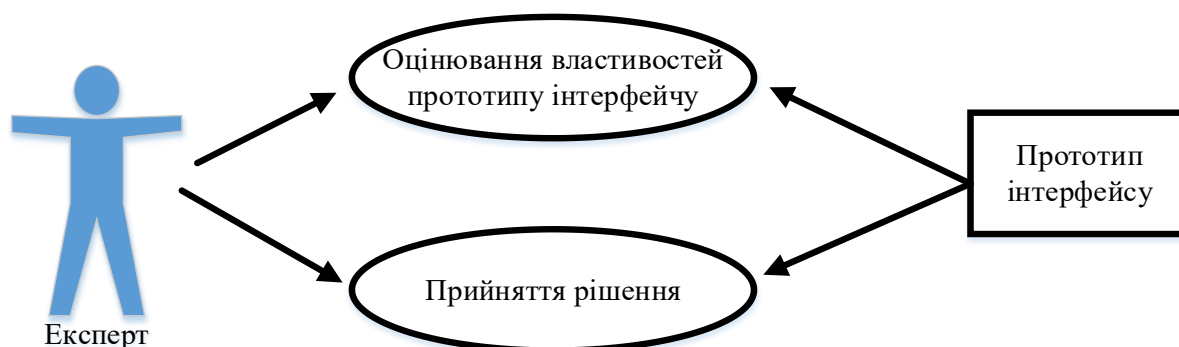


Рис. 2.8. Експертне оцінювання прототипів людино-машинної взаємодії

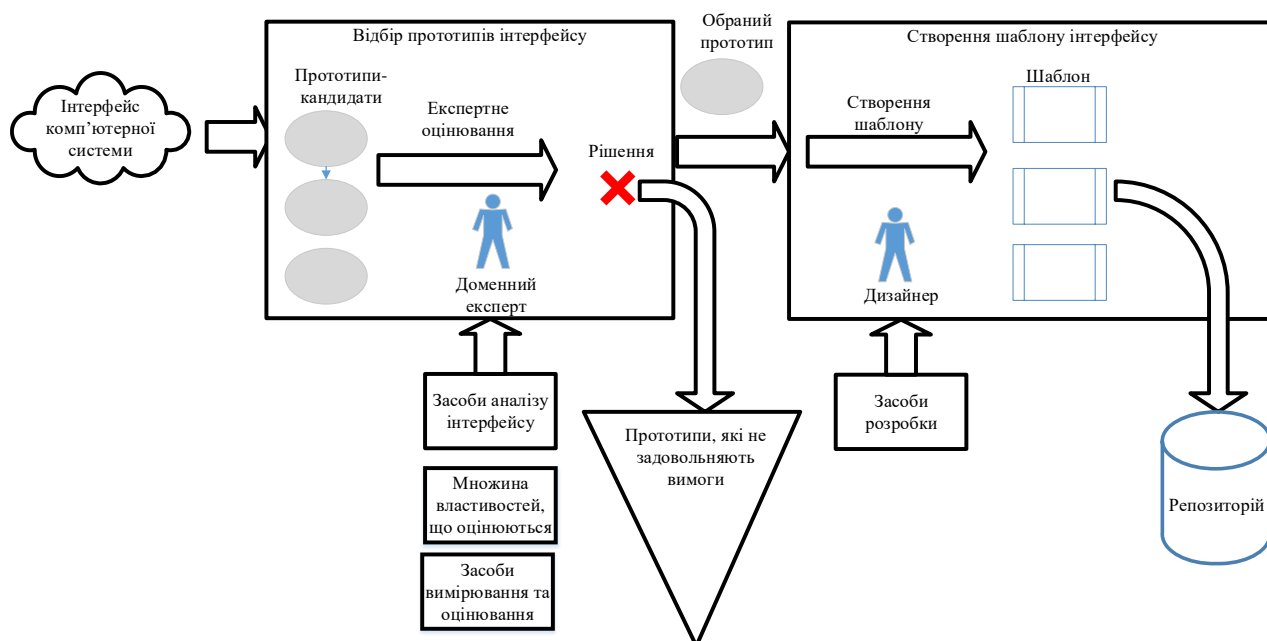


Рис. 2.9. Схема експертного оцінювання прототипів інтерфейсів людино-машинної взаємодії

Складність першого процесу полягає у тому, що експерт окрім оцінювання властивостей прототипу, повинен врахувати особливості створення шаблону для комплексного представлення усіх інтерфейсів користувача комп'ютерної системи. При цьому, для забезпечення ефективності процесу оцінювання якості людино-машинної взаємодії, експерту потрібні інструменти аналізу програмного коду інтерфейсу.

Другий процес вимагає в експерта знань не тільки методів і процедур експертного оцінювання, але і досконалого знання предметної області.

Враховуючи складність процедур оцінювання якості людино-машинної взаємодії, пропонується значення оцінок якості одержувати автоматичним шляхом. Автоматичним шляхом можна одержати не всі оцінки, але лише ті, які стосуються програмного коду реалізації інтерфейсів користувачів. Процес експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії представлено на рис.2.10.

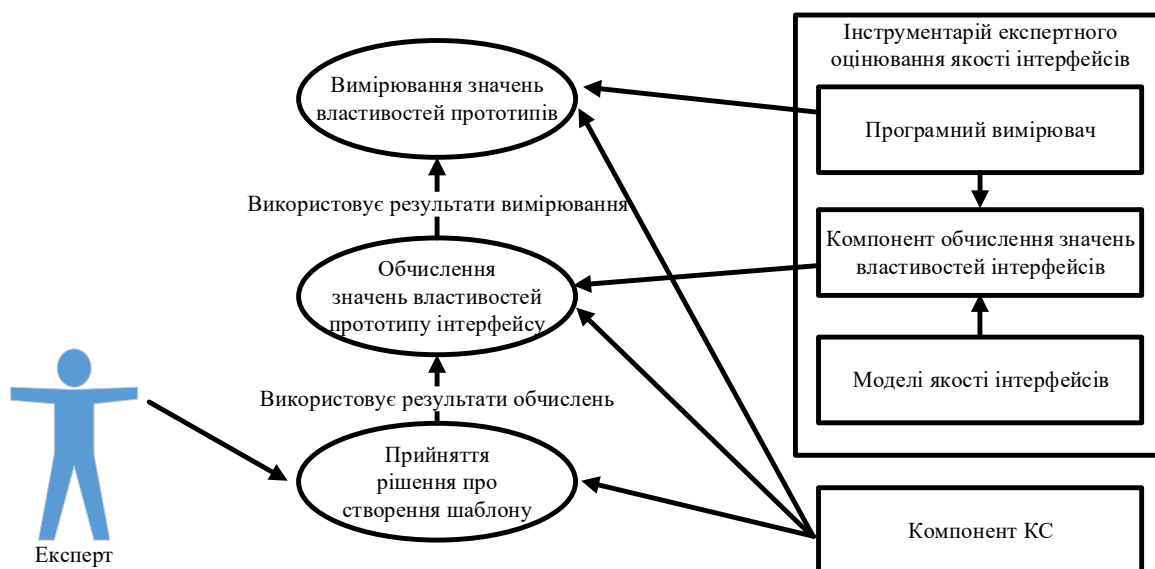


Рис. 2.10. Процес експертного оцінювання якості прототипів інтерфейсів із застосуванням засобів автоматизації

Підтримка автоматизованого оцінювання якості людино-машинної взаємодії включає три процеси:

- вимірювання значень властивостей прототипів;
- обчислення значень властивостей прототипу інтерфейсу;
- прийняття рішення щодо створення шаблону інтерфейсу.

Вимірювання властивостей прототипу має забезпечувати програмний засіб аналізу програмних кодів інтерфейсу і надавати значення метрик для вимірювання властивостей якості.

Для обчислення оцінок якості властивостей інтерфейсу людино-машинної взаємодії використовується засіб, який одержує значення критеріїв якості на основі результатів вимірювання з врахуванням моделей якості, що відображають залежності між різними метриками атрибутів компонентів інтерфейсів користувача комп'ютерних систем.

Формалізацію моделей якості та їх адекватність в процесі оцінювання людино-машинної взаємодії пропонується забезпечити шляхом їх уточнення на основі суджень експертів, які є фахівцями в предметній області та у побудові шаблонів прототипів інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем. При цьому потрібно забезпечити виконання наступних процесів:

– оцінювання якості компонентів інтерфейсу користувачів комп'ютерних систем;

– проведення вимірювання значень властивостей;

– уточнення атрибутів моделей якості.

Для автоматизації процесу оцінювання якості людино-машинної взаємодії експерту повинні бути надані інструментальні засоби, які дають змогу переглядати програмний код інтерфейсу, ввід та збереження оцінок експертного оцінювання. При визначенні оцінок щодо якості властивостей інтерфейсу людино-машинної взаємодії експерт може скористатись методами ранжування, попарного порівняння або безпосередньої оцінки. В загальному випадку, процедура уточнення моделей якості та оцінювання властивостей компонентів наведена на рис. 2.11.

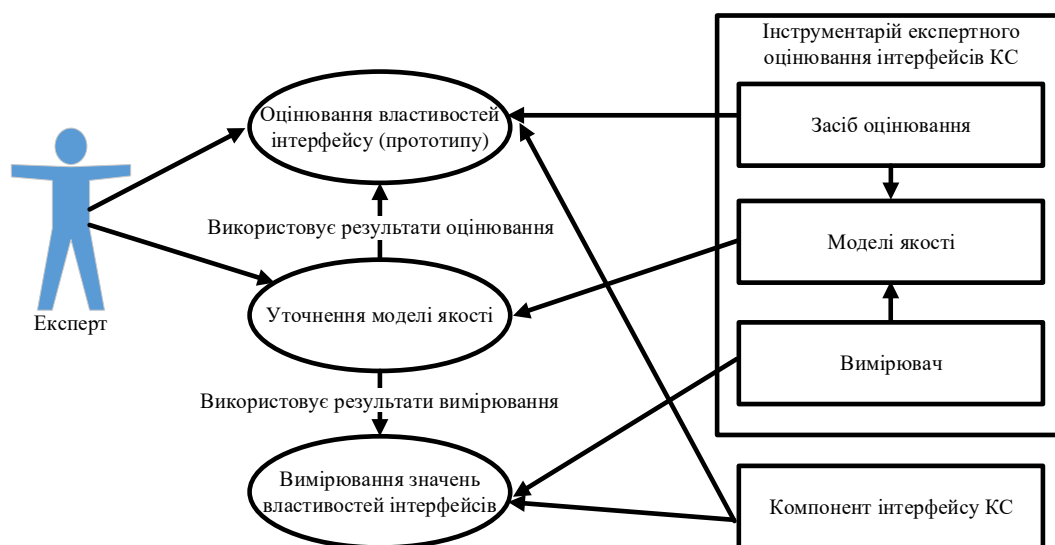


Рис. 2.11. Процедури та засоби оцінювання властивостей інтерфейсів

Метод ранжування експертних оцінок передбачає впорядкування властивостей інтерфейсу людино-машинної взаємодії за рівнем їх впливу на кінцеву якість прототипу інтерфейсу. При цьому експерт для визначення оцінок щодо якості властивостей компонентів інтерфейсів комп'ютерних систем керується одним або декількома показниками порівняння.

Метод парного порівняння (метод Сааті) базується на попарному порівнянні властивостей прототипів інтерфейсів із множини всіх можливих пар.

Метод безпосереднього оцінювання визначає процедуру присвоєння властивостям числових значень на основі інтервальних шкал. Діапазон або конкретне значення шкали відповідає ступеню впливу властивості на якість інтерфейсу людино-машинної взаємодії.

Методи ранжування і парного порівняння об'єктів вимагають послідовного їх надходження для визначення оцінки якості, тому їх застосування є не ефективним і пропонується використовувати метод безпосередньої оцінки властивостей компонентів інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем.

Для реалізації розробленого методу оцінювання якості людино-машинної взаємодії та з врахуванням обґрунтованих і запропонованої моделей якості необхідно вирішити задачі з проектування та реалізації архітектури програмного засобу підтримки процесу експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії.

2.4. Висновки до розділу

Основні результати, які отримані в даному розділі полягають в наступному:

1. Проведено аналіз та обґрунтовано використання моделей щодо практичності, зручності використання та якості у використанні в процесі оцінювання якості людино-машинної взаємодії, що дало змогу врахувати більше критеріїв якості при оцінюванні користувацьких інтерфейсів комп'ютерних систем, тим самим забезпечивши більшу повноту і достовірність результатів в порівнянні з відомими моделями.

2. Побудовано модель оцінювання якості людино-машинної взаємодії на основі принципів моделі 3С (Conception, Construction, Context) з врахуванням характеристик і структури моделі якості у використанні, моделі практичності та моделі зручності використання, що дало змогу забезпечити і врахувати відображення цілей створення людино-машинної взаємодії на структуру і контекст його використання.

3. Розроблено метод оцінювання якості людино-машинної взаємодії на основі експертних технологій, зокрема методу безпосередньої оцінки, що дає змогу оцінювати якість людино-машинної взаємодії з врахуванням структури моделі 3С та формувати на основі прототипу інтерфейсу шаблони для подальшого використання у визначеній предметній області.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ
ПІДТРИМКИ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЮДИНО-
МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ3.1. Проектування архітектури засобу підтримки оцінювання якості
людино-машинної взаємодії

Для підтримки процесу побудови запропонованих моделей якості та методу оцінювання якості прототипів інтерфейсів людино-машинної взаємодії розроблено архітектуру відповідних програмних засобів. Застосування засобів автоматизації орієнтоване на вирішення наступних задач:

- визначення і дослідження адекватності реалізованих властивостей інтерфейсу користувачів комп'ютерних систем і метрик для їх вимірювання;
- підтримка процесів експертного оцінювання прототипів інтерфейсів комп'ютерних систем.

Для розв'язання першої задачі необхідно забезпечити виконання наступних функціональних можливостей:

- автоматизація процесу експертного оцінювання якості прототипів користувацьких інтерфейсів і збереження результатів у базу даних;
- вибір та обчислення значень метрик атрибутів компонентів користувацького інтерфейсу з програмного коду і запис в базу даних;
- узгодження залежностей між значеннями оцінок і метриками на основі отриманих даних.

Розв'язок другої задачі передбачає виконання двох процесів:

- безпосереднє оцінювання властивостей інтерфейсу експертом;
- прийняття рішення щодо затвердження прототипу або створення нового.

Алгоритм реалізації цих процесів наведено на рис. 3.1. Основні функції, які передбачені процесами оцінювання та затвердження прототипів інтерфейсів людино-машинної взаємодії, передбачають вимірювання властивостей

компонентів інтерфейсів та обчислення їх значень на основі результатів вимірювань.

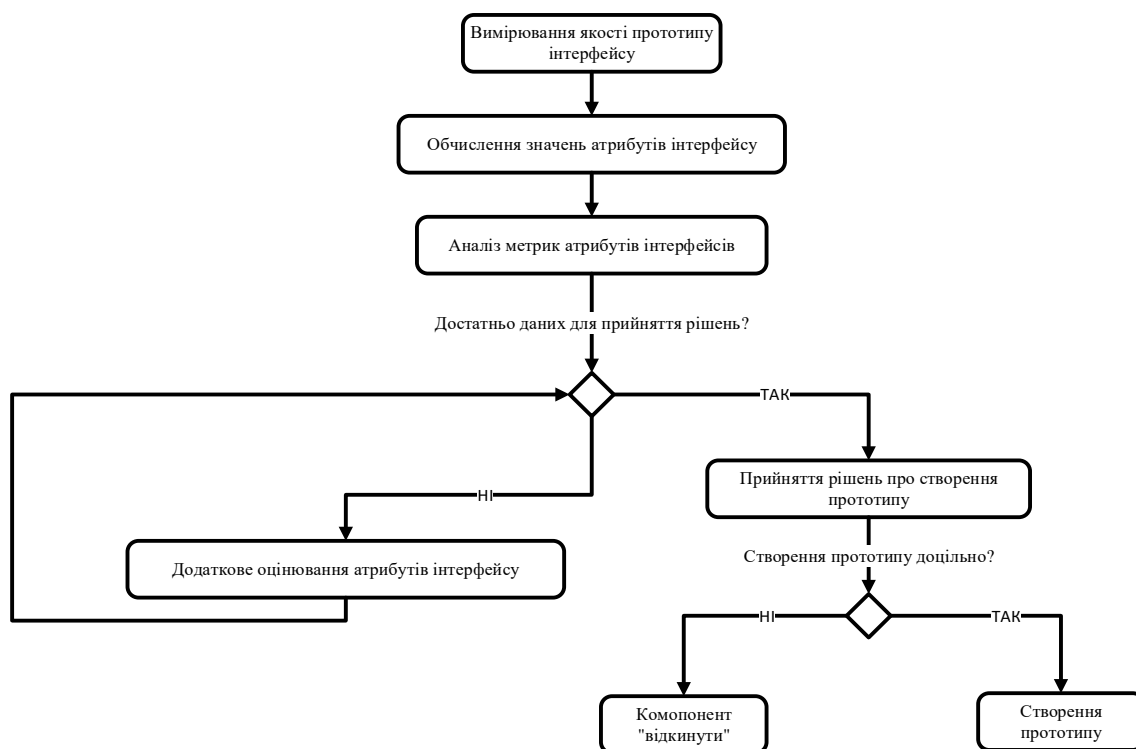


Рис. 3.1. Алгоритм реалізації процесів оцінювання якості компонентів прототипу інтерфейсів людино-машинної взаємодії

Реалізацію наведених вище функцій пропонується реалізувати на основі спроектованої архітектури, яка представлена на рис. 3.2.

Дана архітектура передбачає наступний набір програмних компонент:

- компонент обчислення значень атрибутів – використовується при обчисленні значень атрибута компонента інтерфейсу (прототипу) шляхом його вимірювання;
- аналізатор даних – реалізує можливість уточнення і деталізації залежностей між експертними оцінками та метриками атрибутів;
- інтерфейс експерта – забезпечує взаємодію експерта з програмною системою в режимі діалогу;
- компонент управління – забезпечує взаємодію програмних компонентів для ефективного керування процесом оцінювання якості;

- компонент вимірювання метрик – використовується для формування значень метрик на основі вимірювання програмного коду інтерфейсу людино-машинної взаємодії;
- база даних – засіб зберігання експертних оцінок і метрик якості, а також результатів проведених вимірювань та допоміжної інформації;
- база знань – формує та зберігає залежності між атрибутами інтерфейсів і метриками компонентів прототипу.

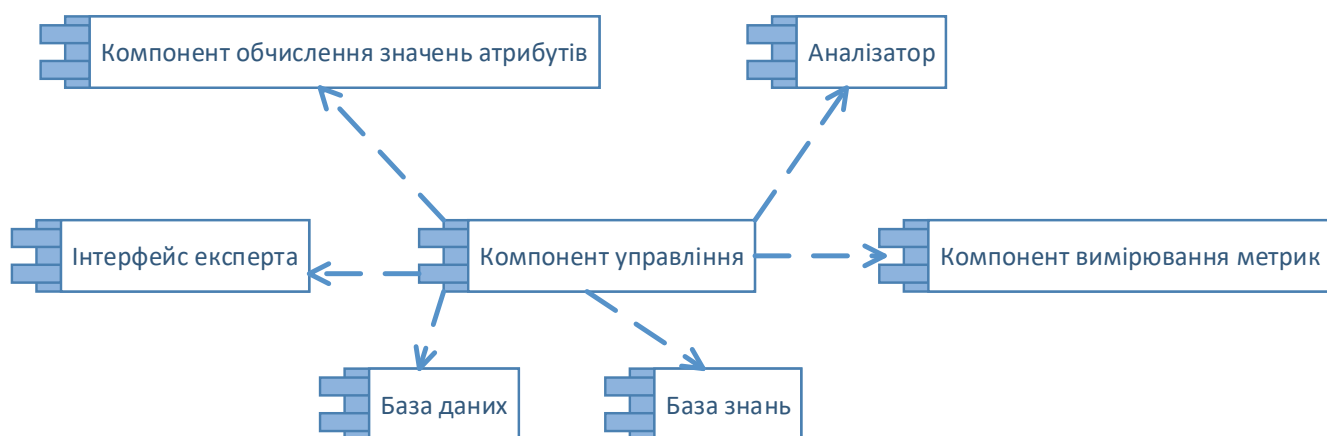


Рис. 3.2. Архітектура засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії

При реалізації запропонованого методу і функціональності експертного оцінювання програмний засіб може працювати у двох напрямках:

- зберігання, накопичення та аналіз даних – дозволяє проводити вимірювання та визначати експертні оцінки якості компонентів інтерфейсів користувачів, накопичувати дані у часі, проводити їх аналіз та визначати залежності між значеннями оцінок і метриками;
- оцінювання якості – одержання кількісних значень оцінок якості прототипів інтерфейсів на основі передбачених метрик і формування залежностей між атрибутами і метриками.

Під час накопичення та аналізу даних, експерт проводить оцінювання якості атрибутів користувацьких інтерфейсів за допомогою вимірювання значень атрибутів з програмного коду, записує значення у базу даних для подальшого аналізу і деталізації залежностей між експертними оцінками і метриками. Для

введення оцінок експерта використовується компонент програмного засобу – інтерфейс експерта. В інтерфейсі експерта передбачено можливість керування процесом оцінювання якості атрибутів інтерфейсів. Значення деяких метрик програмний засіб визначає автоматично за допомогою компонента вимірювання програмних кодів інтерфейсу. Одержані значення оцінок і метрик зберігають в базу даних, а залежності між метриками і експертними оцінками у базу знань.

При оцінюванні програмного коду інтерфейсу користувачів використовується компонент вимірювання метрик атрибутів і результати транслюються до компоненту, що обчислює значення атрибутів якості і враховує залежності між експертними оцінками і метриками, що доступні у базі знань. Інтерфейс експерт відображає обчислені значення метрик якості.

3.2. Опис архітектурних компонентів програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії

3.2.1. Компоненти реалізації експертного оцінювання якості

Реалізація експертного оцінювання передбачає використання наступних компонентів:

- інтерфейс експерта;
- компонент керування процесом оцінювання якості;
- компонент обчислення значень атрибутів якості.

В інтерфейсі експерта доступні такі функції:

- перегляд програмних кодів інтерфейсів користувача;
- ввід і відображення експертних оцінок.

Окрім цього, в інтерфейсі експерта забезпечено можливість вводу додаткових атрибутів для атрибутів якості інтерфейсів людино-машинної взаємодії. Для перегляду програмних кодів інтерфейсів прототипу реалізовано текстовий браузер. Функції введення і візуалізації значень експертного оцінювання, реалізується програмним засобом, що дозволяє:

- відображати множину експертних оцінок відповідно до атрибутів інтерфейсу;
- візуалізувати списки допустимих числових значень для експертних оцінок;
- вибирати значення для кількісного вираження якості атрибуту з наявного набору і його запис в базу даних;
- визначати атрибути, які розширюють повноту наявних властивостей інтерфейсів і зберігати їх у базу даних;
- одержувати значення метрик з компонента вимірювання і їх відображати;
- одержувати і відображати значення оцінок якості атрибутів із застосуванням наявних в базі даних метрик.

Вигляд інтерфейсу експерта реалізований за допомогою технології WindowsForms і наведений у п.3.3.

Компонент управління в архітектурі засобу підтримки запропонованого методу оцінювання якості людино-машинної взаємодії забезпечує централізоване керування і спільне використання програмних компонентів і дає змогу реалізувати наступні операції:

- ідентифікація та авторизація експерта – визначає роль і права користувача перед початком використання програмного засобу;
- керування роботою програмними компонентами – забезпечує ефективність, зв'язність та логіку використання програмних компонентів засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії і включає процедури ідентифікації та авторизації користувачів, вибору компонентів інтерфейсів для проведення оцінювання, доступ до компоненту вимірювання значень атрибутів якості, введення оцінок, збереження атрибутів інтерфейсів та результатів експериментів і т.д.;
- керування компонентом вимірювання значень атрибутів – дозволяє передати посилання на програмний код обраного компонента інтерфейсу та зберегти посилання у відповідну таблицю бази даних;

– адміністрування програмних компонентів – забезпечує введення, і корекцію даних у базі даних, зокрема метрик, експертних оцінок, атрибутів якості та зміни профілю експерта.

Для представлення логіки функціонування компонента вимірювання значень атрибутів і метрик в процесі накопичення даних і оцінювання компонентів інтерфейсів використано UML діаграми взаємодії, які наведені відповідно на рис. 3.3 і рис. 3.4.

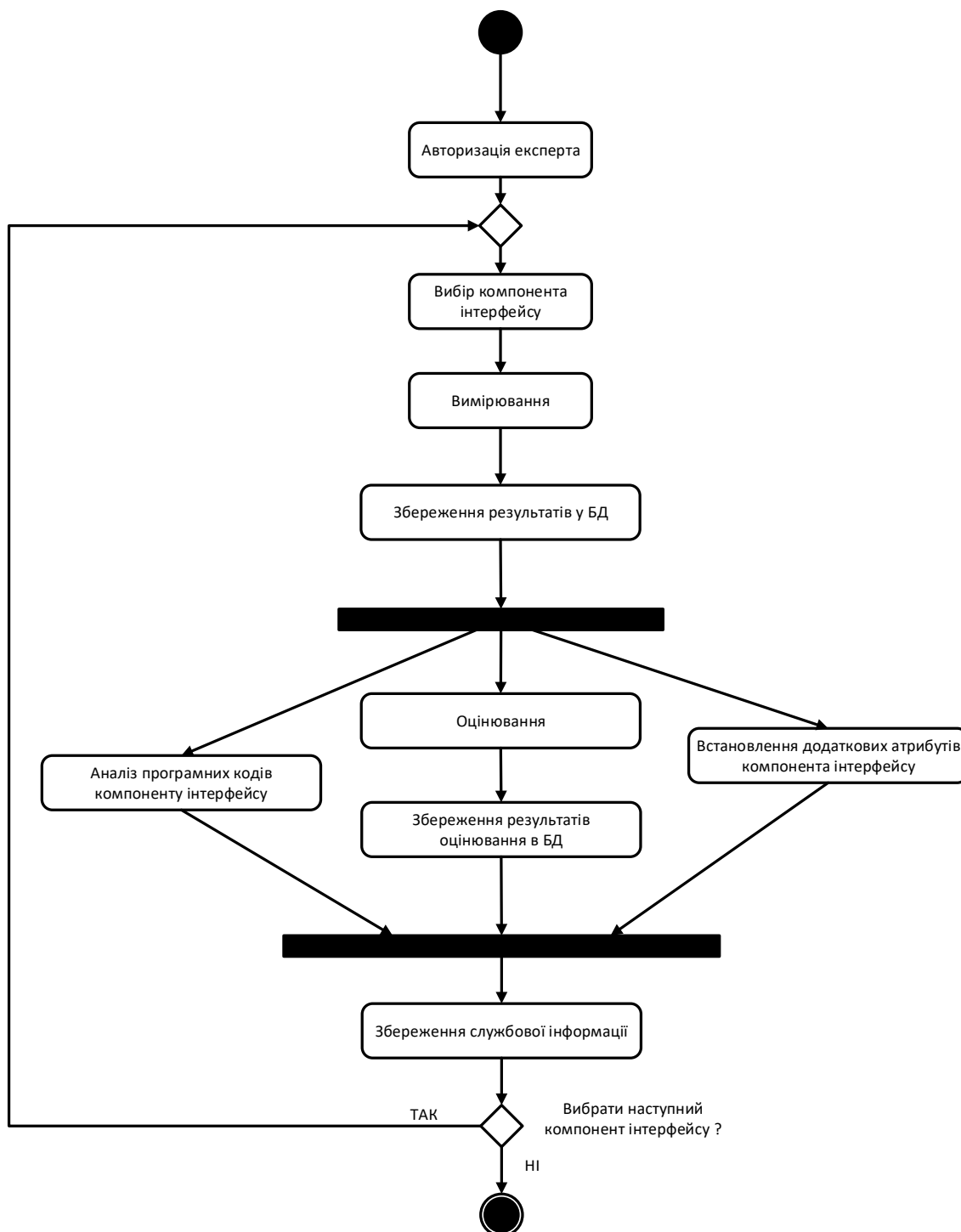


Рис. 3.3. Робота компонента вимірювання якості атрибутів при накопиченні даних

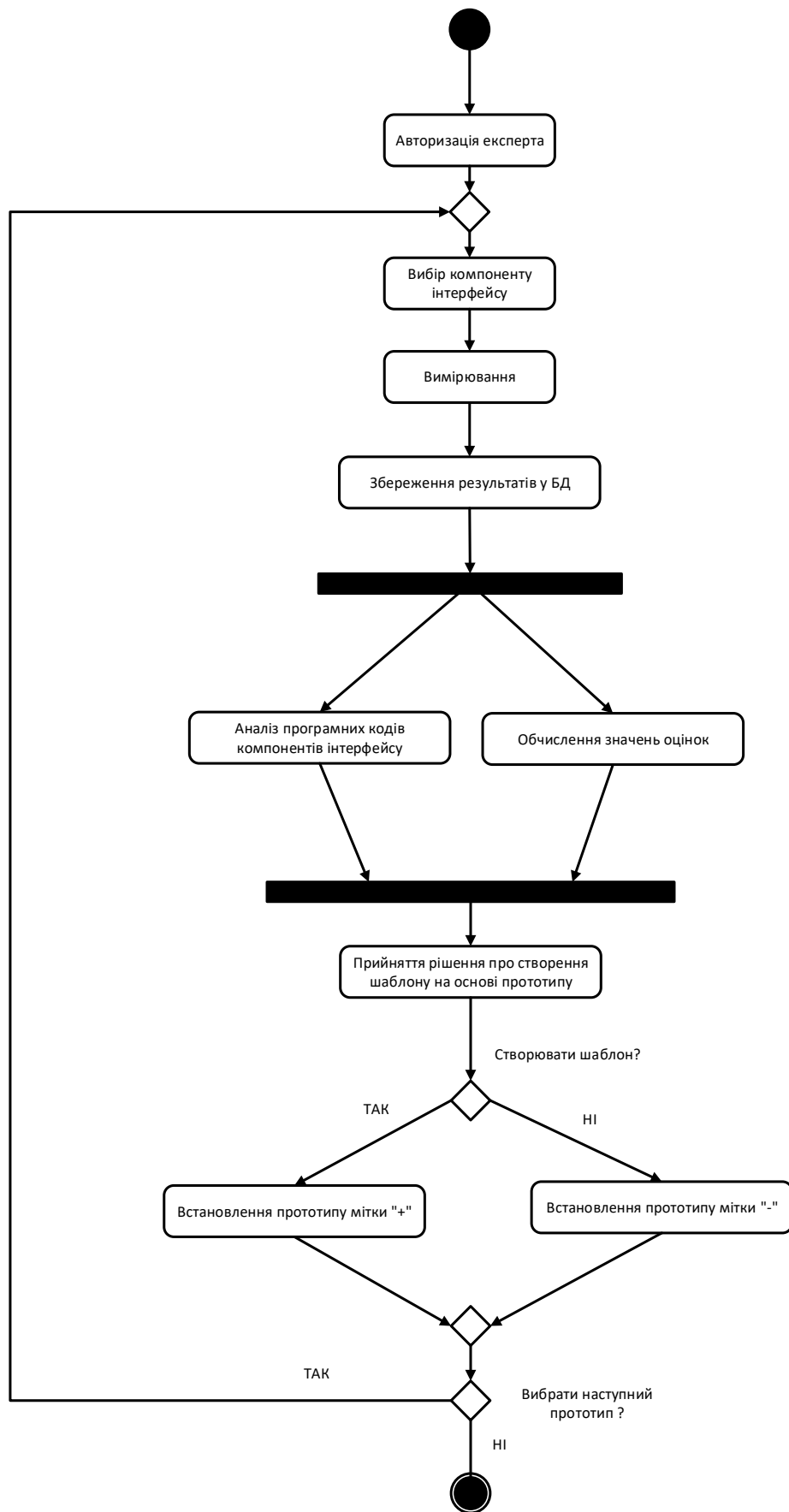


Рис. 3.4. Алгоритм роботи програмного засобу при оцінюванні якості прототипів інтерфейсів

Компонент обчислення значень оцінок дозволяє реалізувати процедуру обчислення кількісних значень щодо якості атрибутів інтерфейсів на основі значень метрик, при цьому з бази знань беруться залежності між експертними оцінками і метриками.

Даний компонент можна спроектувати з використанням різних підходів, як варіант – із застосуванням функцій багатьох змінних. У дипломній роботі запропоновано використати підхід машинного навчання на основі нейронних мереж [9]. Нейронні мережі є досить зручним інструментом для автоматизованого виявлення та збереження зв'язків між вхідними шарами нейронів і вихідним шаром. Сьогодні існує велика кількість архітектур і методів навчання нейронних мереж, зокрема методи прямого і зворотного поширення помилок, нейронечіткі архітектури, нейронні мережі глибокого навчання (deep learning).

Вибір архітектури нейронної мережі встановлюється експериментальним шляхом із відповідними обмеженнями на структури даних та їх формат.

Для реалізації компоненту обчислень значень атрибутів якості інтерфейсів людино-машинної взаємодії обрано адаптивну нечітку мережу – Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. Застосування цього класу мереж дає змогу забезпечити виконання обмежень при імплементації запропонованого методу [10].

Адаптивна нечітка нейромережа представляє собою спосіб побудови гібридних нечітких нейромереж прямого поширення сигналу. База знань для зберігання і встановлення залежностей між метриками і експертними оцінками відображають структуру нейронної мережі.

У таких видах нейронних нечітких мереж застосовуються диференційовані трикутні норми – множення та ймовірне АБО. Крім того, нечіткість нейронних мереж характеризується наявністю гладких функції приналежності, що дає змогу використовувати швидкі алгоритми навчання, засновані на методі зворотного поширення помилки для налаштування параметрів нечітких нейромереж. Оскільки множина значень експертних оцінок можуть приймати значення із заданих множин слів, то їх можна розглядати як лінгвістичні змінні, з відповідними множинами-термами [10].

3.2.2. Програмні компоненти аналізу і зберігання даних експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії

База даних, база знань і засоби аналізу атрибутів якості людино-машинної взаємодії формують програмні компоненти збереження та аналізу даних засобу експертного оцінювання.

База даних дозволяє зберігати набори оцінок і метрик, які можна вибрати для оцінювання якості атрибутів інтерфейсів за замовчуванням, значень експертних оцінок і результатів вимірювань програмних кодів інтерфейсів користувачів. У базі даних спроектовано об'єкти і їх властивості, які зображено на рис.3.5:

- експерти – забезпечують експертне оцінювання прототипів інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем;
- експертні оцінки та їх значення – опис щодо застосування експертних оцінок, їх значень та експертів;
- програмний код компонентів інтерфейсу – код інтерфейсів, оцінювання атрибутів якого необхідно провести;
- експерименти – містить перелік експериментів щодо оцінювання якості атрибутів користувацьких інтерфейсів;
- метрики – опис метрик і їхнього застосування;
- значення метрик – значення вимірюваних величин конкретного компоненту користувацького інтерфейсу.

В якості додаткової інформації, у базу даних можна внести дані щодо:

- кваліфікації експерта;
- тип комп'ютерної системи;
- мова програмування реалізації інтерфейсу людино-машинної взаємодії.



Рис. 3.5. Об'єкти предметної області для проектування бази даних

При такому описі об'єктів предметної області, можна визначити відповідні класи для проведення оцінювання і вимірювань щодо якості атрибутів інтерфейсів людино-машинної взаємодії. Для реалізації бази даних обрано реляційний підхід і реалізовано базу даних в СКБД Microsoft SQL Server.

В комплексі компонент аналізу даних і база знань дозволяють реалізувати наступні функції:

- при проведенні експерименту деталізуються сила зв'язків між атрибутами якості і значенням відповідних метрик;
- формалізоване представлення залежностей між метриками і експертними оцінками з подальшим збереженням та редагуванням.

Компонент аналізу даних і база знань є тісно пов'язаними у засобі підтримки процесу експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії, то їх можливості та функціональність варто розглядати в єдиному контексті.

Основне призначення компоненту аналізу даних полягає в одержанні знань на основі результатів експериментального оцінювання якості компонентів інтерфейсів користувачів. Фактично, даний компонент є засобом наповнення бази даних і бази знань щодо залежностей між оцінками експерта та метриками атрибутів якості. Як і будь-яка експертна система, розроблений програмний засіб реалізує процеси збору, концептуального представлення, формалізації,

імплементації та тестування знань. База знань забезпечує зберігання знань у вигляді, що визначений та узгоджений на етапі організації структури знань.

Для реалізації бази даних і бази знань використано реляційний підхід, що є гнучким і найбільш використовуваним на даний час, середовище реалізації – MS SQL Server.

Реалізація бази даних включає створення 11 таблиць. Структуру таблиць наведено на рис. 3.6-3.16.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Qualification	int	<input type="checkbox"/>
	Name	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(150)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.6. Структура таблиці “Qualification”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Expert	int	<input type="checkbox"/>
	ID_Qualification	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Name	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
	FullName	varchar(200)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Experience	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Password	varchar(30)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.7. Структура таблиці “Expert”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_unit	int	<input type="checkbox"/>
	ID_Language	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_SoftComponent	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	FileName	varchar(40)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Lang_Ver	varchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(150)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Date_Creation	date	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.8. Структура таблиці “Unit”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_SoftComponent	int	<input type="checkbox"/>
	ComponentName	varchar(150)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.9. Структура таблиці “SoftComponent”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Language	int	<input type="checkbox"/>
	LanguageName	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.10. Структура таблиці “Language”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Metric	int	<input type="checkbox"/>
	Name	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(150)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Code	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ScannerName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	NumberScan	int	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.11. Структура таблиці “Metric”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_U_M	int	<input type="checkbox"/>
	ID_Metric	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_Unit	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	MeasValue	float	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.12. Структура таблиці “Unit_Metric”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Experiment	int	<input type="checkbox"/>
	ID_Unit	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_U_M	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	EvalDate	date	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(250)	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_Expert	int	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.13. Структура таблиці “Unit”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Eval_Value	int	<input type="checkbox"/>
	NumValue	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Mark	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.14. Структура таблиці “Evaluation_Value”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Evaluation	int	<input type="checkbox"/>
	ID_Eval_Value	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Name	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
	OrderNum	int	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.15. Структура таблиці “Evaluation”

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Exp_Eval	int	<input type="checkbox"/>
	ID_Exp	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_Eval	int	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. 3.16. Структура таблиці “Experiment_Eval”

Схема зв'язків між таблицями спроектованої бази даних представлена на рис.3.17.

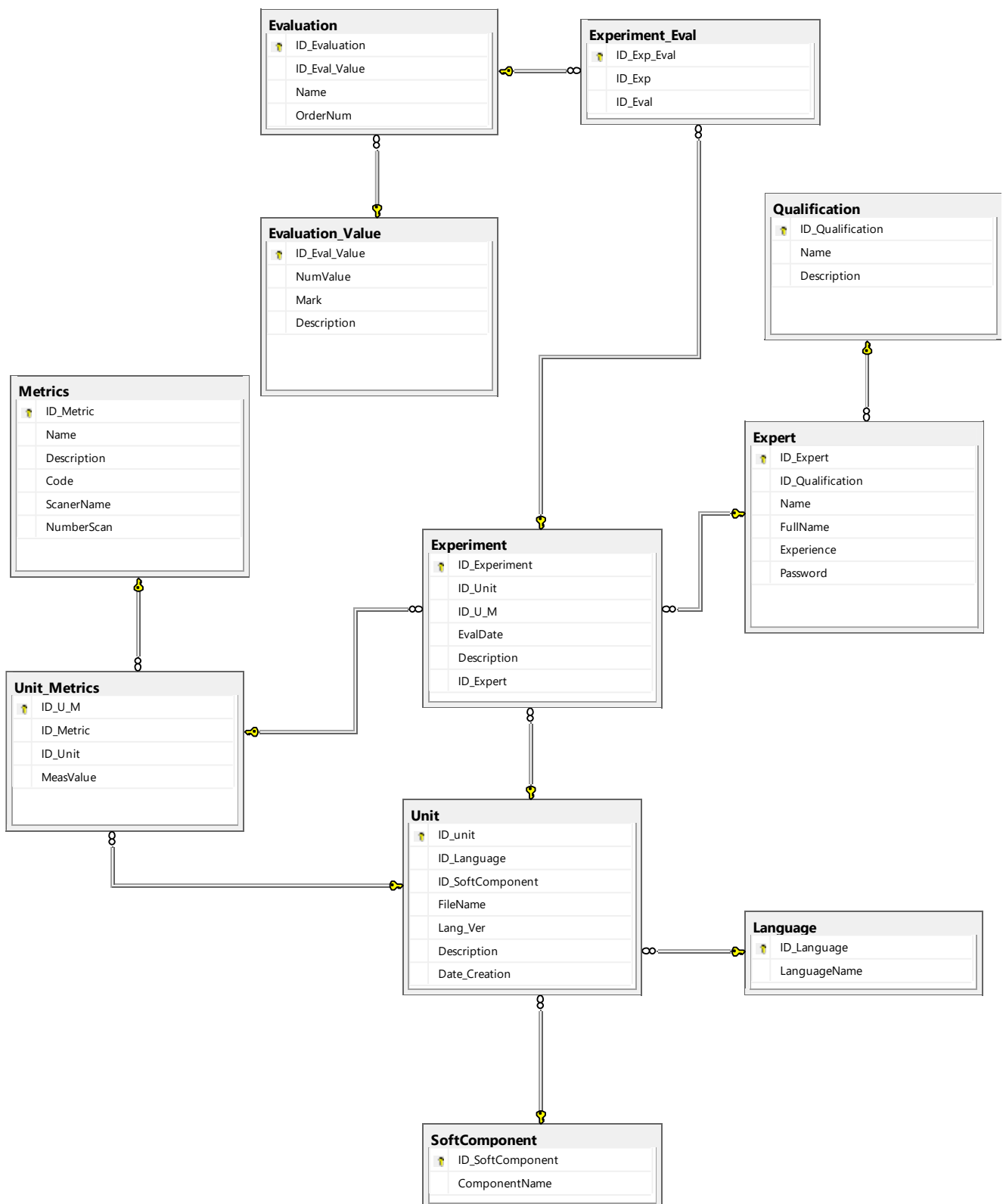


Рис. 3.17. Структура схеми БД

Програмний код створення таблиць бази даних наведено у лістингу 3.1.

Лістинг 3.1. Скрипт генерації бази даних

```

CREATE DATABASE Interface_Evaluation
CREATE TABLE Experiment_Eval (
ID_Exp_Eval int not null primary key identity (1,1),
ID_Exp int foreign key references Experiment(ID_Experiment),
ID_Eval int foreign key references Evaluation(ID_Evaluation),
)

CREATE TABLE Evaluation_Value (
ID_Eval_Value int not null primary key identity (1,1),
NumValue int ,
Mark varchar(50),
[Description] varchar (100)
)
CREATE TABLE Evaluation (
ID_Evaluation int not null primary key identity (1,1),
ID_Eval_Value int foreign key references Evaluation_Value
(ID_Eval_Value),
Name varchar (50),
OrderNum int,
)
CREATE TABLE Experiment (
ID_Experiment int not null primary key identity (1,1),
ID_Unit int foreign key references Unit (ID_Unit),
ID_U_M int foreign key references Unit_Metrics (ID_U_M),
EvalDate date,
[Description] varchar (250)
)
CREATE TABLE Unit_Metrics (
ID_U_M int not null primary key identity (1,1),
ID_Metric int foreign key references Metrics (ID_Metric),
ID_Unit int foreign key references Unit (ID_Unit),
MeasValue float,
)
CREATE TABLE Metrics (
ID_Metric int not null identity (1,1),
Name varchar (100),
[Description] varchar(150),
Code int,
ScannerName varchar (100),
NumberScan int
)
CREATE TABLE Expert (
ID_Expert int not null primary key identity(1,1),
ID_Qualification int foreign key references Qualification
(ID_Qualification),
Name varchar(50),
FullName varchar (200),
Experience int,
[Password] varchar(30)
)

```

```

CREATE TABLE Qualification (
  ID_Qualification int primary key not null identity (1,1),
  Name varchar(50),
  [Description] varchar(150)
)
CREATE TABLE Unit (
  ID_unit int not null primary key identity (1,1),
  ID_Language int foreign key references [Language] (ID_Language),
  ID_SoftComponent int foreign key references SoftComponent
  (ID_SoftComponent),
  [FileName] varchar (40),
  Lang_Ver varchar (10),
  [Description] varchar (150),
  Date_Creation date
)
CREATE TABLE [Language] (
  ID_Language int primary key not null identity (1,1),
  LanguageName varchar(50)
)
CREATE TABLE SoftComponent (
  ID_SoftComponent int primary key not null identity (1,1),
  ComponentName varchar(150)
)
Alter table Experiment add foreign key (ID_Expert) references
Expert(ID_Expert)

```

Запропонована архітектура програмного засобу оцінювання прототипів інтерфейсів людино-машинної взаємодії комп'ютерних систем забезпечує підтримку різних методів аналізу даних, узагальнення і деталізації залежностей між оцінками, атрибутами та метриками, оскільки результати оцінювання накопичуються в базі даних і зберігаються в реляційних структурах.

3.3. Інтерфейс експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії

Для створення логіки роботи програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії спроектовано користувацький інтерфейс експерта. Даний інтерфейс (рис. 3.18 – 3.20) дає змогу експерту одержувати значення атрибутів з програмного коду інтерфейсу, проводити тестування інтерфейсу зовнішніми інструментальними засобами, задавати значення оцінок щодо компонентів користувацького інтерфейсу комп'ютерних систем, проводити узгодження оцінок і метрик оцінювання атрибутів якості людино-машинного інтерфейсу.

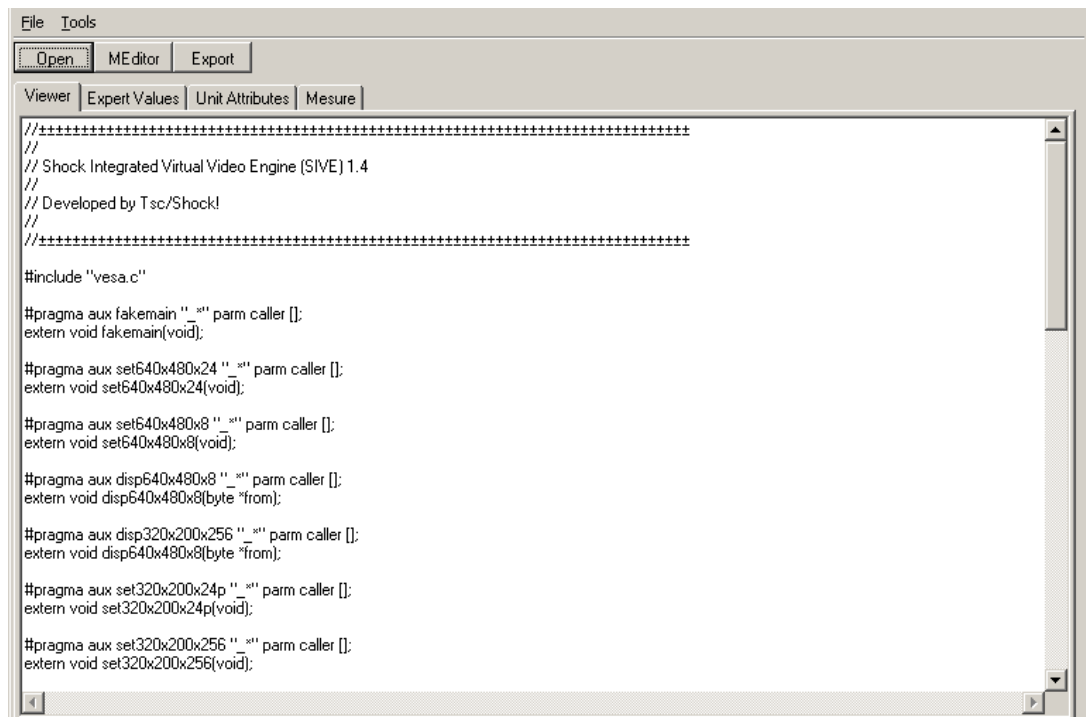


Рис. 3.18. Інтерфейс експерта засобу оцінювання якості

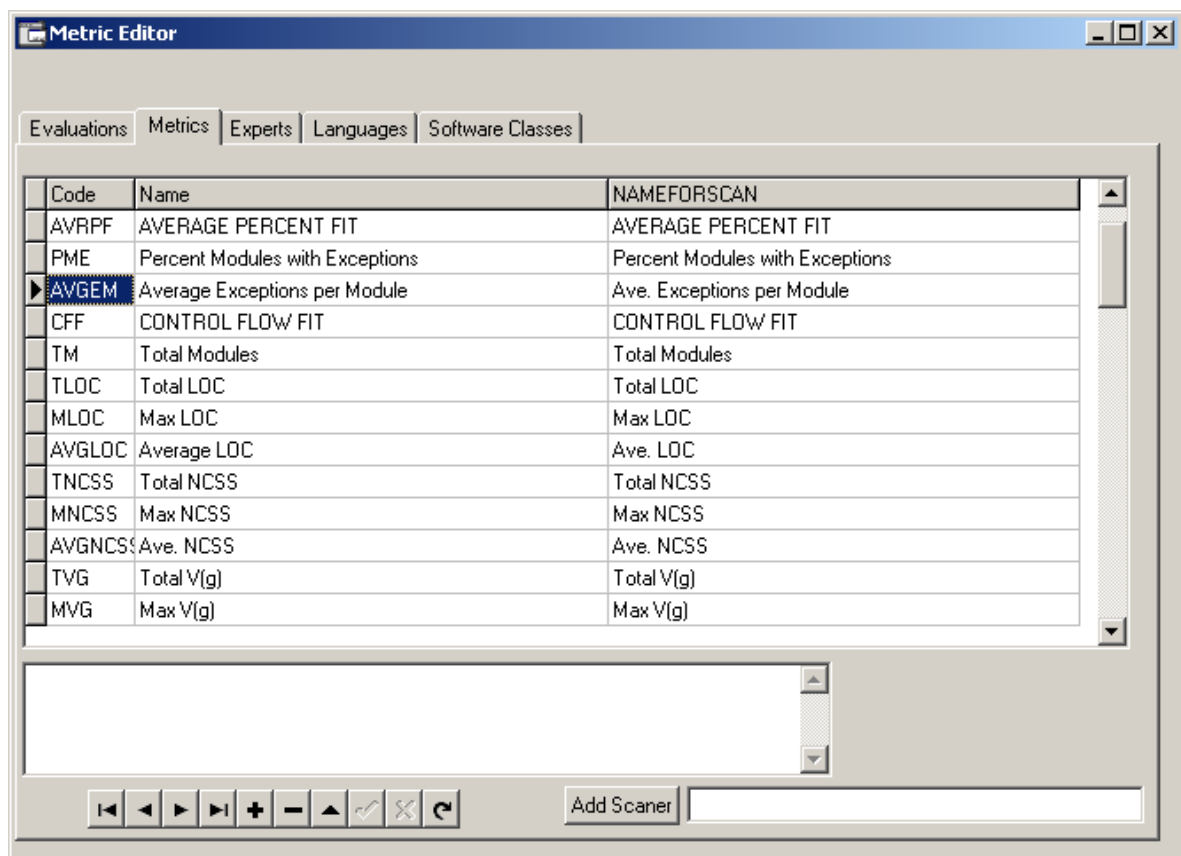


Рис. 3.19. Форма редагування метрик

Code	Name	NAMEFORSCAN	Value
AVRPF	AVERAGE PERCENT FIT	AVERAGE PERCENT FIT	39.28
PME	Percent Modules with Exceptions	Percent Modules with Exceptions	0.00
AVGEM	Average Exceptions per Module	Ave. Exceptions per Module	0
CFF	CONTROL FLOW FIT	CONTROL FLOW FIT	91.92
TM	Total Modules	Total Modules	1
TLOC	Total LOC	Total LOC	59
MLOC	Max LOC	Max LOC	6
AVGLOC	Average LOC	Ave. LOC	59
TNCSS	Total NCSS	Total NCSS	59
MNCSS	Max NCSS	Max NCSS	6
AVGNCS	Ave. NCSS	Ave. NCSS	59
TVG	Total V(g)	Total V(g)	1
MVG	Max V(g)	Max V(g)	1
AVGVG	Ave. V(g)	Ave. V(g)	1
THV	Total Hal's V	Total Hal's V	26
MHV	Max Hal's V	Max Hal's V	26
AHV	Ave Hal's V	Ave Hal's V	26
THE	Total Hal's E	Total Hal's E	52
MHE	Max Hal's E	Max Hal's E	52
AVGHE	Ave Hal's E	Ave Hal's E	52
MFO	Max Fan-out	Max Fan-out	3

Рис. 3.20. Форма перегляду значень метрик

Таким чином у дипломній роботі спроектовано та реалізовано програмний засіб підтримки процесу експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії, що дозволяє будувати залежності між експертними оцінками, атрибутами та метриками і кількісно виражати якість прототипів людино-машинних інтерфейсів комп'ютерних систем.

3.4. Висновки до розділу

Основні результати даного розділу полягають в наступному:

1. На основі use case діаграм визначено вимоги до функцій програмного засобу підтримки експертного оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів, що дало змогу спроектувати бізнес-логіку процесів встановлення залежностей між атрибутами якості та відповідними метриками, а також між експертними оцінками та метриками.

2. Спроектовано архітектуру програмного засобу оцінювання якості на рівні компонентів та відношень між ними, що дало змогу здійснити декомпозицію задач відносно оцінювання якості людино-машинної взаємодії.

3. Спроектовано базу даних і базу знань на основі реляційного підходу, що дало змогу забезпечити збереження даних вимірювання якості та експертних оцінок, а також ефективно проводити операції аналізу даних і їх маніпулювання.

4. Розроблено інтерфейс експерта щодо реалізації процесу оцінювання якості людино-машинної взаємодії та проведено експериментальні дослідження.

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Метою дипломної роботи магістра є дослідження методів і засобів оцінювання якості людино-машинної взаємодії. Одним із найважливіших етапів у процесі виконання роботи є визначення економічної ефективності та обчислення параметрів щодо витрат на оплату праці, соціальні відрахування, матеріальні витрати та інші фактори впливу і як наслідок визначення доцільності застосування запропонованих методів і засобів. Проведемо розрахунок критеріїв, які впливають на економічну ефективність.

4.1. Визначення етапів процесу і загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт

Основні етапи при виконанні НДР можна визначити наступним чином:

- обґрунтування актуальності теми дипломної роботи магістра;
- проведення аналізу існуючих методів і засобів оцінювання якості людино-машинної взаємодії;
- обґрунтування моделей представлення якості людино-машинної взаємодії;
- розробка методу оцінювання якості людино-машинної взаємодії;
- реалізація засобу експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії;
- створення інструкції з інсталяції та впровадження програмного продукту;
- оформлення інструкцій.

При оцінюванні тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які для окремих підприємств становлять: для однієї операції – 0,5-1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу, яка при трьох оцінках обчислюється за формулою [25]

$$T_{ec} = (t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}) / 6, \quad (4.1)$$

При двох оцінках, експертна оцінка обчислюється за формулою:

$$T_{ec} = (3t_{min} + 2t_{max}) / 5, \quad (4.2)$$

де T_{ec} – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії);

t_{min} – мінімальна оцінка тривалості виконання етапу;

$t_{н.й}$ – найбільш імовірна оцінка тривалості виконання етапу;

t_{max} – максимальна оцінка тривалості виконання етапу.

Дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) можна звести у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Основні етапи виконання НДР

№ та назва етапу	Середній час виконання стадії, год.	
	Інженер	Керівник
1 Обґрунтування актуальності теми дипломної роботи магістра	4	8
2 Проведення аналізу існуючих методів і засобів оцінювання якості людино-машинної взаємодії	15	6

№ та назва етапу	Середній час виконання стадії (етапу) інженером, год.	
	Інженер	Керівник
3 Обґрунтування моделей представлення якості людино-машинної взаємодії	20	10
4 Розробка методу оцінювання якості людино-машинної взаємодії	36	12
5 Реалізація засобу експертного оцінювання якості людино-машинної взаємодії	68	2
6 Створення інструкції з інсталяції та впровадження програмного продукту	32	2
7 Оформлення інструкцій	10	1
Разом	185	41

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. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України «Про оплату праці» заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

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 – 21 дні/міс., що відповідає 168 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн.} = T_c \cdot K_G \quad (4.3)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_G – кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище – заокруглюються до однієї гривні. У 2019 році посадові оклади (тарифні ставки) розраховуються згідно з Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік».

Мінімальна зарплата у 2019 р. складає 4173,00 грн., в погодинному розмірі 25,13 грн., приймемо 75,00 грн. для інженера, для керівника – 120,00 грн.

Для інженера: $Z_{осн.} = 75,00 \cdot 185 = 13875,00$ грн.

Для керівника: $Z_{осн.} = 120,00 \cdot 41 = 4920,00$ грн.

Додаткова заробітна плата становить 10 – 15% від суми основної заробітної плати і обчислюється за формулою

$$Z_{\text{дод.}} = Z_{\text{осн.}} \cdot K_{\text{допл.}} \quad (4.4)$$

де $K_{\text{допл.}}$ – коефіцієнт додаткових виплат (0,15).

Для інженера: $Z_{\text{дод.}} = 13875,00 \cdot 0,15 = 2081,25$ грн.

Для керівника: $Z_{\text{дод.}} = 4920,00 \cdot 0,1 = 738,00$ грн.

Звідси загальні витрати на оплату праці ($B_{\text{опл.}}$) визначаються за формулою

$$B_{\text{опл.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{дод.}} \quad (4.5)$$

Для інженера: $B_{\text{опл.}} = 13875,00 + 2081,25 = 15956,25$ грн.

Для керівника: $B_{\text{опл.}} = 4920,00 + 738,00 = 5658,00$ грн.

Таким чином загальна сума становить 21614,25 грн. Крім того, необхідно визначити відрахування на соціальні заходи:

- податок на доходи фізичних осіб: 18% – 3890,57 грн.;
- військовий збір: 1,5% – 324,21 грн.;
- єдиний внесок: 22% – 4755,14 грн.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%. Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи становитиме:

$$B_{\text{с.з.}} = \Phi ОП \cdot 0,415 \quad (4.6)$$

де $\Phi ОП$ – фонд оплати праці, грн.

У даному випадку сума відрахувань становить:
 $B_{\text{с.з.}} = 21614,25 \cdot 0,415 = 8969,91$ грн.

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у табл. 4.2.

Зведені витрати на заробітну плату

Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахування на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн.
	Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьованих годин	Фактично нарах. з/пл., грн.			
Інженер	75	185	13875,00	2081,25	6621,84	22578,09
Керівник проекту	120	41	4920,00	738,00	2348,07	8006,07
Разом			18795,00	2819,25	8969,91	30584,16

4.3. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію при використанні обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S \quad (4.7)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з постановою НКРЕКП України від 05.10.2018 р. № 1177 вартість електроенергії становить 243,71 коп./кВт.год.

Потужність комп'ютера – 400 Вт, а кількість годин роботи обладнання згідно табл. 4.1 – 226 годин.

Затрати на електроенергію становлять: $Z_e = 0,4 \cdot 226 \cdot 2,4371 = 220,31$ грн.

4.4. Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3.

Визначення величини затрат на матеріал

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Затрати матеріалів, грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Бібліотека формування звітів експертного оцінювання	шт.	1	6780	6780	-	6780
Компакт диски	шт.	2	7	14	-	14
Разом						6794,00

4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_e \cdot H_A}{100\%} \quad (4.8)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.,

B_e – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн.,

H_A – норма амортизації, яку приймемо на рівні 15%.

Амортизаційні відрахування при балансовій вартості ПК у 15000 грн. та нормі амортизації на рівні 15%, амортизаційні відрахування становитимуть:

$$A = \frac{15000 \cdot 15\%}{100\%} = 2250,00 \text{ грн.}$$

4.6. Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можна встановити на рівні 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_B = B_{оп} \cdot 0,2 \quad (4.9)$$

де H_B – накладні витрати, грн.,

$B_{оп}$ – суми основної та додаткової заробітної плати працівників, грн.,

У даному випадку накладні витрати становитимуть:

$$H_B = 21614,25 \cdot 0,2 = 4322,85 \text{ грн.}$$

4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідних робіт

Собівартість (C_B) науково-дослідних робіт розрахуємо за формулою:

$$C_B = B_{o.n.} + B_{c.z} + Z_{m.v.} + Z_e + T_e + A + H_e \quad (4.10)$$

У даному випадку собівартість (СВ) науково-дослідних робіт розрахуємо за формулою: $C_B = 21614,25 + 8969,91 + 6794,00 + 220,31 + 2250,00 + 4322,85 = 44171,33$ грн.грн.

Результати проведених вище розрахунків зведемо у табл. 4.4.

Таблиця 4.4.

Кошторис витрат на науково-дослідних робіт

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	21614,25	48,93%
Відрахування на соціальні заходи	8969,91	20,31%
Матеріальні витрати	6794	15,38%
Витрати на електроенергію	220,31	0,50%
Амортизаційні відрахування	2250,00	5,09%
Накладні витрати	4322,85	9,79%
Собівартість	44171,33	100,00%

4.8. Розрахунок ціни науково-дослідних робіт

Ціну науково-дослідних робіт можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_v \cdot (1 + P_{рен.}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.11)$$

де $P_{рен.}$ – рівень рентабельності, 20 %;

K – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти K та $B_{н.і.}$, оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$Ц = C_г \cdot (1 + P_{рен.}) \cdot (1 + ПДВ) \quad (4.12)$$

Ціна НДР становитиме: $Ц = 44171,33 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,2) = 71557,55$ грн.

Визначимо величину прибутку:

$$П = Ц - C_г \quad (4.13)$$

Прибуток буде становити: $П = 71557,55 - 44171,33 = 27386,22$ грн.

4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \frac{П}{C_г} \quad (4.14)$$

де $П$ – прибуток;

C_B – собівартість.

Економічна ефективність становить:

$$E_p = \frac{27386,22}{44171,33} = 0,62.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p):

$$T_p = \frac{1}{E_p} \quad (4.15)$$

В даному випадку термін окупності становить: $T_p = \frac{1}{0,62} = 1,61$ року.

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні критеріїв, які наведені у табл. 4.5.

Таблиця 4.5.

Техніко-економічні показники НДР

№ з/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн	44171,33
2	Плановий прибуток, грн	27386,22
3	Ціна, грн	71557,55
4	Економічна ефективність	0,62
5	Термін окупності, рік	1,61

У результаті проведених розрахунків встановлено, що ціна розробленого методу і засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії становить 71557,55 грн., а термін окупності 1,61 року. Тому доцільність такої розробки є економічно обґрунтованою.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці

У дипломній роботі магістра побудовано модель, розроблено метод і засіб оцінювання якості людино-машинної взаємодії. Обов'язковим елементом дослідження є визначення та аналіз вимог з охорони праці і техніки безпеки при розробці програмного засобу і проведенні експериментальних досліджень, що супроводжується використанням комп'ютерної техніки. Дотримання норм і правил охорони праці є важливим аспектом у контексті дотримання норм організації робочого місця, забезпечення комфортних та зручних умов праці осіб, які беруть участь у процесі, а це вимагає дослідження та дотримання вимог з охорони праці.

В Україні розроблено й діють ряд нормативних документів, які визначають вимоги і правила щодо використання комп'ютерної техніки, приміщень з екранними пристроями та ін. Основним нормативним документом при використанні комп'ютерної техніки є НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Він регламентує, що приміщення для експлуатації комп'ютерної техніки повинно розміщуватися в північній або північно-східній частині будівлі. Площа одного робочого місця повинна становити щонайменше 6 м², об'єм — щонайменше 20 м³, відстань між робочими столами — щонайменше 2,5 м у ряду і 1,2 м між рядами. Стіни приміщень потрібно фарбувати у пастельні тони з коефіцієнтом відбиття 0,5-0,6 [26].

З метою зменшення напруження очей потрібно, щоб відстань між краями сусідніх точок зображення на моніторі не перевищувала гранично оптимальний розмір літеро-цифрових знаків — 16-20, складних знаків — 35-40. Оптимальні співвідношення параметрів літер і цифр такі: ширина знака — 0,75 їх висоти, товщина ліній при зворотному контрасті — 1/6-1/8, відстань між знаками — 0,25-0,5 висоти знака, між словами — 0,75-1, між рядками — 0,5-1 [26].

Для профілактики загальної втоми і особливо зорового аналізатора важливе значення має організація режиму праці та відпочинку. Загальна тривалість робочого дня не повинна перевищувати 8 год. Частота і тривалість перерв залежать від типу та інтенсивності виконуваних робіт. Під час робіт, які виконуються з великим навантаженням, рекомендуються перерви на 10-15 хв. через кожну годину, а при неінтенсивній і монотонній роботі — на 10-15 хв. через кожні дві години. Кількість мікропауз (тривалістю до хвилини) потрібно регулювати індивідуально. Зміст регламентованих перерв може бути різний: виробнича гімнастика (вправи для очей, гімнастика, спрямована на корекцію вимушеної робочої пози, поліпшення венозного кровообігу, часткову дисфункцію рухової активності), альтернативна допоміжна робота, приймання їжі тощо.

Для того, щоб особи, які займаються проектуванням та оцінюванням якості людино-машинної взаємодії меншою мірою втомлювались і зберігали високий рівень працездатності, потрібно раціонально організувати їхні робочі місця. Зокрема, робоче місце має відповідати основним антропометричним даним людини. Крісло або стілець на робочому місці повинні мати висоту сидіння 40-50 см від рівня підлоги, а також відповідний кут нахилу спинки.

Монітори потрібно розміщувати на висоті рівня очей (висота від підлоги до нижнього краю екрана має становити 95-100 см) на відстані 60-70 см від оператора (відстань від краю столу — 50-70 см). Кут зору працюючого щодо екрану має дорівнювати 10-20°, але не більше 40°, кут між верхнім краєм монітора і рівнем очей користувача має становити менш як 10°. Найдоцільніше розміщувати екран перпендикулярно до лінії погляду користувача. Кут нахилу екрана по вертикалі має становити 0-30° [26]. З цією метою сучасні монітори комплектують підставкою з поворотним кронштейном, що дає змогу регулювати кут нахилу монітора і горизонтально обертати його навколо вертикальної осі. Висоту екрана від поверхні підлоги регулюють змінюючи висоту робочої поверхні столу. Іноді монітори встановлюють на спеціальні підставки, що уможлиблює його переміщення у просторі у вертикальному та горизонтальному напрямках.

У приміщеннях, де виконуються роботи на ПК, повинно бути передбачене природне і загальне штучне освітлення. Робочі місця користувачів потрібно розміщувати так, щоб у поле зору не потрапляли вікна і освітлювальні прилади (монітори потрібно розміщувати під кутом $90-105^\circ$ до вікон і на відстані 2,5-4 м від стін і віконних прорізів). У поле зору користувача не повинні потрапляти поверхні, що відбивають світло. Покриття столу має бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,25-0,4.

Для штучного освітлення приміщення рекомендується застосовувати світильники матового світла з розсіювачами, а спектральний склад ламп має наближатися до спектру сонячного світла (наприклад, люмінесцентні типу ЛБ). Оптимальна освітленість робочих місць — 400-500 лк.

У разі ураження електричним струмом необхідно терміново звільнити потерпілого від дії електричного струму (через відключення електроживлення в кімнаті, загального електроживлення на розподільному щиті або іншим способом). Викликати швидку медичну допомогу (подзвонивши за міським телефоном 103). Надати першу медичну допомогу потерпілому, враховуючи наступне:

- якщо потерпілий знепритомнів, але дихає, його необхідно рівно і зручно вкласти, розстебнути одяг, створити приплив свіжого повітря і забезпечити повний спокій;
- при відсутності ознак життя до прибуття лікарів потерпілому необхідно робити штучне дихання.

Дизайнери та архітектори інтерфейсів людино-машинної взаємодії при виконанні відповідних робіт несуть відповідальність за порушення вимог з охорони праці і правил техніки безпеки.

При дослідженні та розробці методу і засобу оцінювання людино-машинної взаємодії було дотримано усіх вище наведених вимог нормативних документів щодо охорони праці і техніки безпеки при експлуатації комп'ютерної техніки.

5.2. Запобігання негативному впливу стихійний лих та промислових аварій. Основні параметри їх уражаючої дії. На людей, тварин, рослин. Захист від них

До стихійних лих та аварій належать землетруси, зсувні процеси, лісові та польові пожежі, снігопади й ожеледі, смерчі і шквальні вітри тощо. Для зменшення загрози життю і здоров'ю людей, запобігання матеріальним та економічним збиткам у підприємницькій діяльності необхідно знати причини виникнення, динаміки розвитку та характеру вражаючих факторів природних надзвичайних ситуацій.

Характерними для території України є бурі та урагани. Нерівномірність нагрівання атмосфери призводить до зміни атмосферного тиску і, як наслідок, викликає загальну циркуляцію повітря в атмосфері, що і зумовлює особливості клімату, погоду, можливість та частоту виникнення метеорологічних надзвичайних ситуацій [13]. Область зменшеного атмосферного тиску з мінімумом в центрі називається циклоном. Циклон у діаметрі досягає декількох тисяч кілометрів. Циклони формують похмуру із сильними вітрами погоду. Антициклон - це область підвищеного атмосферного тиску з максимумом в центрі. Антициклон характеризується малохмарною, сухою погодою та слабкими вітрами.

Бурі та урагани виникають під час циклонів. Швидкість вітру біля земної поверхні перевищує 20 м/с і може досягати 100 м/с. Небезпека цих явищ природи створюється внаслідок динамічного навантаження від потоку повітряних мас. Руйнування будівель, споруд та інших об'єктів, ураження людей відбувається внаслідок дії швидкісного напору повітря, що викликає значний тиск на об'єкти.

Для характеристики сили вітру часто користуються 12-ти бальною шкалою Бофорта, яка ґрунтується на характерних наслідках дії вітру на земній поверхні (табл. 5.1).

Шкала Бофорта

Бали	Швидкість вітру м/с	Характеристик а вітру	Наслідки дії вітру
0	0-0,5	штиль	листя на деревах не ворухиться, дим із димарів піднімається вертикально
<u>1</u>	<u>0,5-1,7</u>	<u>тихий</u>	<u>дим трохи відхиляється, вітер майже не відчувається</u>
<u>2</u>	<u>1,7-3,3</u>	<u>легкий</u>	<u>відчувається слабкий вітерець</u>
<u>3</u>	<u>3,3-5,2</u>	<u>слабкий</u>	<u>гойдаються дрібні гілки</u>
<u>4</u>	<u>5,2-7,4</u>	<u>помірний</u>	<u>піднімається пилюка, гойдаються гілки середньої товщини</u>
<u>5</u>	<u>7,4-9,8</u>	<u>чималий</u>	<u>гойдаються тонкі дерева і товсті гілки, на воді утворюються брижі</u>
<u>6</u>	<u>9,8-12</u>	<u>сильний</u>	<u>гойдаються товсті стовбури дерев</u>
<u>7</u>	<u>12,0-15,0</u>	<u>дуже сильний</u>	<u>гойдаються великі дерева, тяжко йти проти вітру</u>
<u>8</u>	<u>15,0-18,0</u>	<u>надзвичайно сильний</u>	<u>ламаються товсті стовбури дерев</u>
<u>9</u>	<u>18,0-22,0</u>	<u>шторм</u>	<u>руйнуються легкі будівлі, паркани</u>
<u>10</u>	<u>22,0-25,0</u>	<u>сильний шторм</u>	<u>руйнуються досить міцні будівлі, вітер вириває дерева з корінням</u>
<u>11</u>	<u>25,0-29,0</u>	<u>жорстокий шторм</u>	<u>значні руйнування, перекидаються вагони, автомобілі</u>
<u>12</u>	<u>понад 29</u>	<u>ураган</u>	<u>руйнуються цегляні будинки, кам'яні огорожі</u>

Бурі поділяють на вихрові, пилові і потокові (на морі шторм) - сила вітру 9-11 балів, швидкість вітру 20-32 м/сек викликає пошкодження будівель, вириває дерева з корінням, перевертає машини, крани, руйнує повітряні лінії зв'язку та лінії електропередач. Ураження людей відбувається внаслідок пошкодження

будов, перевертання машин та механізмів, падіння дерев. 6 квітня 2000 р. в 6-ти областях України буря пошкодила лінії електромереж, в результаті чого були знеструмлені 906 населених пунктів у Львівській, Закарпатській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Миколаївській та Волинській областях.

Ураган - сила вітру 12 балів, швидкість вітру 32-60 м/с, деколи до 100 м/с - руйнує та спустошує все на своєму шляху. За своїм пагубним впливом урагани не поступаються землетрусам. У Пакистані 13 жовтня 1970 р в районі Бенгальської затоки від урагану загинуло близько 1 млн. осіб, територія зазнала величезних руйнувань.

Для забезпечення безпеки під час бурі та урагану оголошується "Штормове попередження". За цим повідомленням, обмежується вихід у море плавзасобів, закріплюються по "штормовому" баштові крани та інші будівельні механізми великих габаритів, обмежується рух транспортних засобів, припиняється заготівля лісу, польові роботи та ін. Крім того на підприємствах запобіжні заходи передбачають укріплення споруд, будівель, прибирання або закріплення предметів, які можуть травмувати людей, вживають заходів для збереження техніки.

У приватних будинках, квартирах та у виробничих приміщеннях щільно зачиняють двері, вікна. З дахів, лоджій, балконів забирають предмети, які від поривів вітру можуть впасти вниз і травмувати людей. Предмети, які знаходяться у дворах, закріплюють або заносять у приміщення.

Бурю (ураган) може супроводжувати гроза. При цьому необхідно уникати ситуацій, за яких зростає вірогідність ураження блискавкою.

Передбачення та попередження про бурю (ураган) здійснюється гідрометеослужбою за допомогою сучасних приладів, в т. ч. метеорологічних супутників, які фіксують виникнення надзвичайних метеорологічних явищ, після чого розраховується можливий напрямок їх переміщення, ймовірна потужність і час підходу до певного району. Повідомляються про наближення урагану (бурі) адміністративні органи областей, районів, штаби цивільної оборони, сільськогосподарські, лісогосподарські і промислові об'єкти. Місцеві органи влади повідомляють населення, а керівники підприємств і штаби ЦО -

працівників. Це дозволяє вчасно привести в готовність формування цивільної оборони, провести попереджувальні роботи у зонах можливої дії урагану чи бурі та ефективно ліквідувати наслідки стихійного лиха.

У районі урагану, бурі, смерчу формування цивільної оборони і населення повинні бути готовими до:

- проведення евакуації населення і матеріальних цінностей із небезпечних районів;
- рятування людей; розшуку і звільнення потерпілих із-під зруйнованих будівель і споруд;
- надання першої медичної допомоги і доставки їх у лікувальні установи;
- гасіння пожеж;
- ліквідації аварій на виробничих об'єктах і комунально-енергетичних мережах.

5.3. Створення комфортних умов праці при використанні засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії

Обов'язки роботодавця щодо забезпечення працівникам комфортних та безпечних умов для здійснення роботи, а також права працівників на такі умови передбачено частиною 2 ст. 2 та ч. 1 ст. 21 КЗпП, а також ст. 13 Закону України «Про охорону праці».

Під час проведення будь-яких робіт, де обробка отриманих даних здійснюється за допомогою комп'ютерів, потрібно дотримуватися гігієнічних норм, правил і вимог техніки безпеки при роботі з персональним комп'ютером (ПК).

Користувачі персональних комп'ютерів мають бути забезпечені відповідними робочими місцями, які відповідатимуть гігієнічним нормам. Конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування повинні відповідати ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності (ДСТ 12.2.032-78, ДСТ 22.269-76, ДСТ 21.889-76).

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози.

Робочі місця з персональними комп'ютерами слід так розташовувати відносно світлових прорізів, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

Конструкція робочого столу має відповідати вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Висота поверхні робочого столу з комп'ютером має регулюватися в межах 680-800мм, а ширині і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри 600-1400мм, глибина – 800-1000мм).

Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450мм, на рівні простягнутої ноги – не менше ніж 650 мм.

Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, за кутом нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння, поверхня сидіння має бути плоскою, передній край -заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися.

Крок регулювання елементів стільця має становити: для лінійних розмірів – 15-20мм, для кутових 2-5°.

Зусилля регулювання має не перевищувати 20Н. Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400...500мм, а ширина і глибина становити не менше ніж 400мм.

Кут нахилу сидіння – до 15° вперед і до 5° назад. Висота спинки стільця має становити 300±20мм, ширина – не менше ніж 380мм, радіус кривизни горизонтальної площини – 400мм. Кут нахилу спинки має регулюватися в меж 1-30° від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння має регулюватися в межах 260-400мм.

Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок слід використовувати стаціонарні або змінні підлокітники завдовжки не менше ніж

250мм, завширшки 50-70мм, що регулюються за висотою над сидінням у межах 230-260мм і відстанню між підлокітниками в межах 350-500мм. Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко чиститься і не електризується.

Робоче місце має бути обладнане підставкою для ніг завширшки не менше ніж 300мм, завглибшки не менше ніж 400мм, що регулюється за висотою в межах до 150мм і за кутом нахилу опорної поверхні підставки до 20°. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик по передньому краю заввишки 10мм.

Екран ПК має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, яка становить 600-700мм, але не ближче ніж за 700мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів. Розташування екрана має забезпечувати зручність зорового споглядання у вертикальній площині під кутом 30° до нормалі.

Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій (виготовлений із матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що перешкоджає мимовільному її зсуву), який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5-15°. Висота середнього рядка клавіш має не перевищувати 30мм. Поверхня клавіатури має бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4.

Розташування пристрою введення-виведення інформації має забезпечувати добру видимість екрана персонального комп'ютера, зручність ручного керування в зоні досяжності моторного поля і за висотою 900-1300мм, за шириною 100-500мм.

Таким чином, для того щоб особи, які працюють із засобом моніторингу якості функціональних критеріїв програмного забезпечення комп'ютерних систем, меншою мірою втомлювались і зберігали високий рівень працездатності, потрібно раціонально організувати їхні робочі місця.

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЯ

6.1. Класифікація показників екологічності виробництва

Оцінювання та аналіз екологічності виробництва (ЕВ) у промисловості проводиться за групами показників, які класифікують за такими ознаками: за змістом, за рівнем визначення, за часовим інтервалом, за об'єктом оцінювання, за характером використання. До групи еколого-економічних показників відносять [21]:

- натуральні показники – виражають екологічність (екобезпечність) технологічних процесів, техніки, виробничо-господарської діяльності в цілому та її окремих складових.

- натурально-вартісні показники – дозволяють встановити еколого-економічний збиток у розрахунку на одиницю товарної продукції в натуральному вираженні, збиткоємність маси викиду (скиду), екологічний результат у розрахунку на одну гривню капітальних вкладень;

- вартісні показники – дають змогу виразити розмір економічних збитків в розрахунку на одиницю продукції у вартісному вираженні, повні екологічні витрати виробництва, екологічні платежі за забруднення довкілля;

- локальні показники – кількісно виражають параметр ЕЕРВ і можуть бути основою формування інтегральних показників, а також використовуватися для аналізу впливу екологічних чинників на результати виробничо-господарської діяльності;

- узагальнюючі показники – є головною, підсумковою і регулюючою оцінкою еколого-економічної ефективності технологічних процесів, забезпеченості підприємства основними природоохоронними фондами, рівня впливу виробництва на навколишнє природне середовище і т.д.

За ознаками рівнів визначення показники виражають:

- народногосподарський рівень – аналізуються макроекономічні показники екологічної спрямованості;

– галузевий рівень – галузь розглядається в основному як сукупність підприємств, які об'єднуються за схожими характерними організаційно-технічними ознаками.

До групи показників, які відносять за ознакою часового інтервалу належать: ретроспективні, поточні, фактичні, оперативні, прогнозні, планові.

За об'єктом оцінювання показники бувають:

– виробництво в цілому, окремі етапи відтворювальних процесів (виробничо-технологічні, переробні, організаційні, природоохоронні, ресурсозбережні та ін.);

– виробництво конкретних видів продукції (послуг);

– види (складові) виробничо-господарської діяльності підприємств (виробнича, інвестиційна та ін.).

За характером використання показники бувають:

– регулюючі – це показники, що безпосередньо застосовуються в процесі управління екологічністю виробництва і якості навколишнього середовища, а також стану екосистем у процесі використання;

– індикаторні – показники, за допомогою яких може здійснюватися узагальнююча характеристика ЕВ у процесі аналізу;

– допоміжні показники забезпечують розрахунок комплексних, узагальнюючих еколого-економічних показників; можуть відігравати допоміжну роль при прийнятті складних, управлінських рішень.

6.2. Етапи та техніка збору та опрацювання екологічної інформації

Екологічні дослідження вимагають систематичного дотримання чотирьох послідовних етапів:

– спостереження;

– формулювання на основі спостережень теорії про закономірність досліджуваного явища;

– перевірка теорії наступними спостереженнями і експериментами;

– спостереження за тим, чи є правдивими передбачення, оснований на цій теорії.

Спостереження можуть бути якісними (тобто описувати колір, форму, смак, зовнішній вигляд тощо) або кількісними. Кількісні спостереження є точнішими. Вони включають вимірювання величини або кількості, наочним виразом яких можуть бути якісні ознаки. Внаслідок спостережень отримують так званий "сирий матеріал", на основі якого формулюється гіпотеза.

Техніка збору екологічної інформації базується і передбачає застосування польових біометричних методів і експериментів: перші дають змогу одержати інформацію методом безпосередніх спостережень, другі – забезпечують інформацією в процесі лабораторних досліджень.

В основі техніки збору екологічної інформації лежить ідея використання наступних методів: польовий метод, метод безпосередніх спостережень, ландшафтно- екологічний підхід, ландшафтно-індикаційні, гідрохімічні, біохімічні, ґрунтовогазові, гідрогеологічні, радіоекологічні спостереження, геохімічні спостереження ландшафтів, дистанційні спостереження, експериментальні дослідження.

Ландшафтно-екологічний підхід дає змогу виділити екосистеми ландшафту, місцевості, урочища і, нарешті, фацій або асоціацій. Межі цих утворень і є межами біогеоценозу або екосистеми нижчого базового рівня. Вони легко картуються, описуються, досліджуються. Такий підхід дає змогу виділяти як природні, так і штучні біогеоценози, досліджувати їх генезис, прогнозувати сукцесії, здійснювати екологічний моніторинг.

Ландшафтно-індикаційні спостереження виконуються з метою виявлення характерних зовнішніх (наочних) особливостей місцевості, що дає можливість більш цілеспрямовано проводити екологічні роботи, раціонально розташовувати мережу місць спостережень з урахуванням направленості змін рівня забруднення навколишнього середовища.

Гідрохімічні спостереження проводять з метою вивчення підземних вод, здійснюються пробо відбором з природних джерел, криниць і гідрогеологічних свердловин. В кожному конкретному випадку вони повинні обґрунтовуватись,

виходячи з існуючої можливості відбору, природної захищеності водоносних горизонтів і рівня техногенних порушень дослідницької території.

Біохімічні спостереження проводяться з метою вивчення речовинного складу рослинності, насамперед її мікро компонентного складу. Однак при вивченні впливу на навколишнє середовище будь-якого специфічного забруднення, доцільно вивчення біоти саме за цим показником.

Ґрунтово-газові спостереження використовуються для вивчення активних зон тектонічних порушень; для вивчення техногенних забруднень вуглеводами підземних вод чи порід у випадку, якщо забруднення не проявляється на поверхні; вивчення летючих забруднювачів.

Гідрогеологічні спостереження спрямовані на вивчення гідрохімічних, гідродинамічних і гідрофізичних особливостей стану підземних вод за допомогою природних джерел, криниць і гідрогеологічних свердловин. При цьому встановлюються зміни гідрохімічних і гідродинамічних параметрів підземних вод в просторі і часі. Схема розташування гідрогеологічних пунктів спостережень, обсяги і режими досліджень визначаються конкретною природно-техногенною обстановкою.

Радіоекологічні спостереження є своєрідними, в зв'язку із способом одержання тривожної інформації. Однак, частина цих досліджень, які базуються на відборі проб повітря, ґрунту, води і біоти, їх попереднього оброблення і лабораторного аналізу, майже нічим не відрізняється від геохімічного опробування.

Геохімічні спостереження ландшафтів включають в себе роботи з вивчення геохімічних характеристик різних компонентів природного середовища, що дозволяє виконувати балансові розрахунки і, таким чином, оцінювати кількісні характеристики міграції забруднюючих речовин. В найбільш повному виді геохімічні дослідження ландшафтів включають в себе комплекс робіт з вивчення: геохімії ґрунтів і порід зони аерації, гідро-геохімії підземних вод, геохімії донних осаджень водотоків і водойм, біогеохімії представницьких рослинних спільнот, гідрохімії атмосферних опадів і поверхневих вод.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра досліджено методи і засоби оцінювання якості людино-машинної взаємодії. Отримані наступні основні наукові і практичні результати.

1. Проведено аналіз особливостей та принципів проектування людино-машинної взаємодії при створенні комп'ютерних систем, у результаті якого встановлено, що найбільш ефективним є принцип побудови інтерфейсів людино-машинної взаємодії з орієнтацією на користувача, однак процеси проектування прототипів при цьому є слабоформалізованими.

2. Проведено аналіз стандартів щодо проектування та оцінювання якості людино-машинної взаємодії, у результаті якого запропоновано концептуальну модель оцінювання якості та обґрунтовано її формальний опис, що дало змогу враховувати фактори впливу на ефективність проектування користувацьких інтерфейсів комп'ютерних систем.

3. Проведено аналіз вимог до інтерфейсів та процесу проектування людино-машинної взаємодії, які необхідно враховувати як при самому проектуванні, так і при оцінюванні якості прототипів інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем.

4. Проведено аналіз та обґрунтовано використання моделей щодо практичності, зручності використання та якості у використанні в процесі оцінювання якості людино-машинної взаємодії, що дало змогу врахувати більше критеріїв якості при оцінюванні користувацьких інтерфейсів комп'ютерних систем, тим самим забезпечивши більшу повноту і достовірність результатів в порівнянні з відомими моделями.

5. Побудовано модель оцінювання якості людино-машинної взаємодії на основі принципів моделі 3С (Conception, Construction, Context) з врахуванням характеристик і структури моделі якості у використанні, моделі практичності та моделі зручності використання, що дало змогу забезпечити і врахувати відображення цілей створення людино-машинної взаємодії на структуру і контекст його використання.

6. Розроблено метод оцінювання якості людино-машинної взаємодії на основі експертних технологій, зокрема методу безпосередньої оцінки, що дає змогу оцінювати якість людино-машинної взаємодії з врахуванням структури моделі 3С та формувати на основі прототипу інтерфейсу шаблони для подальшого використання у визначеній предметній області.

7. На основі use case діаграм визначено вимоги до функцій програмного засобу підтримки експертного оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів, що дало змогу спроектувати бізнес-логіку процесів встановлення залежностей між атрибутами якості та відповідними метриками, а також між експертними оцінками та метриками.

8. Спроектовано архітектуру програмного засобу оцінювання якості на рівні компонентів та відношень між ними, що дало змогу здійснити декомпозицію задач відносно оцінювання якості людино-машинної взаємодії.

9. Спроектовано базу даних і базу знань на основі реляційного підходу, що дало змогу забезпечити збереження даних вимірювання якості та експертних оцінок, а також ефективно проводити операції аналізу даних і їх маніпулювання.

10. Розроблено інтерфейс експерта щодо реалізації процесу оцінювання якості людино-машинної взаємодії та проведено експериментальні дослідження.

11. Обчислено показники економічної ефективності проведення науково-дослідної роботи і визначено, що вартість запропонованого методу і засобу оцінювання людино-машинної взаємодії становить 71557,55 грн. при терміні окупності 1,61 року, що дає змогу обґрунтувати економічну доцільність впровадження розробки.

12. Проаналізовано вимоги і норми охорони праці користувачів програмного засобу оцінювання якості людино-машинної взаємодії, визначено шляхи запобігання негативному впливу стихійних та промислових аварій, основні параметри їх уражаючої дії, а також шляхи створення комфортних умов праці при використанні розробленого засобу.

13. Проведено аналіз та класифікацію показників екологічності виробництва та етапів збору та опрацювання екологічної інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабенко Л.П., Лаврищева К.М. Основы программной инженерии. К.: Знання. 2001. 269 с.
2. Горбань А. Н. Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронных сетей. Сибирский журнал вычислительной математики. Т. 1. № 1. 1998. С. 12 – 24.
3. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
4. Липаев В.В. Обеспечение качества программных средств. Москва : Синтез, 2001. 232 с.
5. Гультаев А.К., Машин В.А. Проектирование и дизайн пользовательского интерфейса. С-Пб : "Корона-принт". 2000. 349 с.
6. ДСТУ 3918-99 Інформаційні технології. Процеси життєвого циклу програмного забезпечення. Київ. Держстандарт України. 2000. 49 с.
7. Торрес Р.Дж. Практическое руководство по проектированию и разработке пользовательского интерфейса. М.:Издательский дом "Вильямс", 2002. 400 с.
8. Тараненко К.Г., Гученко І.В. Автоматизований аналіз та оцінка зручності використання програмних систем. Системний аналіз та інформаційні технології. Матеріали 12-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2010, Київ, 25–29 травня 2010 р. ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”. К.: ННК“ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2010. 544 с.
9. Чумакова Т.Я., Цыганенко С.М. Стандартизация в сфере информационных технологий. Математичні машини і системи. № 2. 2009. С. 145 – 150.
10. Нильсен Я. Веб-дизайн. К:Символ-Плюс. 2006. 512 с.
11. Лаврус В. Золотое сечение. URL: <http://n-t.ru/tp/iz/zs.htm> (дата звернення 13.10.2019 р.).
12. Волченков Е. Стандартизация пользовательского интерфейса. Открытые системы. №4. 2012. С. 89-97.

13. Сугак Е.Е. Методика эргономического проектирования пользовательского интерфейса. Тезисы к конференции «Прикладная психология как ресурс социально-экономического развития современной России». Москва. 2005. С. 34-36.

14. Bertoa M.F., Troya J.M., Vallecillo A. Measuring the usability of software components. Journal of Systems and Software. Volume 79. Issue 3. 2006. P. 427-439.

15. John M. Carroll Human Computer Interaction (HCI). URL: http://www.interaction-design.org/encyclopedia/human_computer_interaction_hci.html (дата звернения 11.11.2019 г.)

16. ISO/IEC 12207:2008. System and software engineering – Software life cycle processes. International Organization for Standardization. International Electrotechnical Commission. 2008. с.18. URL: <http://www.abelia.com/docs/12207cpt.pdf> (дата звернения 12.11.2019 г.)

17. ISO/IEC 15288:2008 System and software engineering – System life cycle processes. International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. 2008. С. 70 URL: http://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec15288%7Bed2.0%7Den.pdf (дата звернения 15.11.2019 г.)

18. IEEE 830-1998 Recommended practice for software requirements specifications [Электронный ресурс] / Institute of Electrical and Electronics Engineers. 1998. с. 35 URL: <http://amutiara.staff.gunadarma.ac.id/Ieee+Std+830-1998+-+Recommended+Practice+for+SW+Req.+Spec.pdf> (дата звернения 13.11.2019 г.)

19. ISO 9001:2000 Quality management systems – Requirements / International Organization for Standardization. 2000. P.45. URL: <http://www.praxiom.com/iso-9001.htm> (дата звернения 17.11.2019 г.)

20. ISO/IEC 9126-1:2001 Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model. International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. 2008. P. 135. URL: <http://www.management.uz/images/file/ISO9126-1.pdf> (дата звернения 17.11.2019 г.)

21. ISO/IEC 9126-2:2002 Software engineering – Product quality – Part 2: External metrics. International Organization for Standardization / International

Electrotechnical Commission. 2002. P .75. URL: <http://www.management.uz/images/file/ISO9126-2.pdf> (дата звернення 17.11.2019 р.).

22. 2003. ISO/IEC 9126-3:2003, Software engineering – Product quality – Part 3: Internal metrics. International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. 2003. P .89. URL: <http://www.management.uz/images/file/ISO9126-3.pdf> (дата звернення 17.11.2019 р.).

23. ISO/IEC 9126-4:2004 Software engineering – Product quality – Part 4: Quality in use metrics. International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. 2004. P .105. URL: <http://www.management.uz/images/file/ISO9126-4.pdf> (дата звернення 17.11.2019 р.).

24. ISO/IEC 14598-1:1999 Information technology – Software product evaluation – Part 1: General overview. International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. 1999. P. 18. URL: http://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec14598-1%7Bed1.0%7Den.pdf (дата звернення 17.11.2019 р.).

25. Бойчик І. М. Економіка підприємства: Навч. посібник. К.: Атіка, 2004. 480 с.

26. Жидецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів. Львів: Афіша, 2000. 176с.

27. Желібо Є., Заверуха Н., Зацарний В. Безпека життєдіяльності. К.: 2001. 483 с.

28. Тарасова В.В. Екологічна статистика. Київ: «Центр учбової літератури». 2008. 391с.

Додаток А

Тексти наукових публікацій дипломної роботи магістра

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
 Національна академія наук України
 Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
 Маріборський університет (Словенія)
 Технічний університет у Кошице (Словаччина)
 Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
 Шяуляйська державна колегія (Литва)
 Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
 Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
 Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
 Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
 Наукове товариство ім. Шевченка
 ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені
 Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

**VIII Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**

27-28 листопада 2019 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2019

	ДАНИХ НА БАЗІ СИНХРОННИХ МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ AXD155	
89.	В.М. Юзьвак ПАТЕРНИ РОБОТИ З БАЗАМИ ДАНИХ: ООП-ПІДХІД	122
90.	В.М. Юзьвак АНТИПАТЕРНИ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	123
91.	О.М. Яковенко, О.І. Забігайло, І.С. Ячменьов СТАНДАРТИ РОЗУМНОГО МІСТА	125
92.	О.М. Яковенко СТАНДАРТИ РОЗУМНОГО МІСТА В УКРАЇНІ	126
93.	О.П. Ясній, І.І. Голуб МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ З ПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GERON ТА LTE	127
94.	В.В. Яцишин, Д.Я. Войгина ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	128
95.	В.В. Яцишин, В.В. Нестор АЛГОРИТМ КЛАСИФІКАЦІЇ АТРИБУТИВ ЯКОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	129
96.	В.В. Яцишин, Я.О. Чирський ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ ЛЮДИНО-МАШИНОЇ ВЗАЄМОДІЇ	130
97.	І.Г. П'ятківський, І.С. Ячменьов ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ GOOGLE MAPS ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ	131

УДК 004.514

В.В. Яцишин, Я.О. Чирський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ

V.V. Yatsyshyn, Y.O. Chyrskiy

FEATURES OF INTERFACE DESIGN HUMAN-MACHINE INTERACTION

Проектування інтерфейсів людино-машинної взаємодії при реалізації комп'ютерних систем є досить складним і трудомістким процесом. Складність проектування інтерфейсів користувача, в першу чергу, пов'язана з неоднозначністю трактування вимог до комп'ютерних систем та їх невизначеністю. Окрім того, характерною ознакою цього процесу є нелінійність процесу, що відображається на відсутності простих алгоритмів проектування, наявності великої кількості альтернативних рішень, не впорядкованості етапів проектування.

Оскільки, інтерфейс користувача є комплексним відображенням сукупності реалізованих функціональних властивостей та поведінки комп'ютерної системи, то існує значний вплив одних характеристик людино-машинної взаємодії на інші. Такий вплив не завжди позитивно відображається на ефективності взаємодії користувача і системи. Тому при проектуванні інтерфейсів користувача центральними є наступні вимоги:

- однозначне трактування потреб користувачів;
- участь користувачів в процесі створення прототипів інтерфейсів;
- залучення додаткових спеціалістів, зокрема, психологів, фахівців з ергономіки при проектуванні людино-машинної взаємодії;
- забезпечення процесу зворотного зв'язку з користувачем і врахування їх поглядів при прийнятті рішень;
- збереження та аналіз відгуків користувачів;
- дотримання вимог стандартів і практик проектування інтерфейсів користувачів комп'ютерних систем;
- постійне оновлення та вдосконалення методів і засобів проектування людино-машинної взаємодії.

У процесі проектування людино-машинної взаємодії з орієнтацією на користувача, необхідно враховувати такі аспекти як:

- рівень кваліфікації та досвід користувача при роботі з комп'ютерною системою;
- ставлення користувача до виконуваних задач, бізнес-рішень та посадових інструкцій в цілому;
- вимоги користувача до супроводу програмного і апаратного забезпечення комп'ютерної системи;
- фізичні та психофізіологічні особливості користувача;
- характеристики соціального та фізичного середовища роботи користувача;
- навички користувача та їх рівень;
- фізичні обмеження користувача;
- здатність до навчання, самовдосконалення і мотивація.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

МАТЕРІАЛИ

VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



11–12 грудня 2019 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2019**

В. Лукашук	ЗАСОБИ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖУ В ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ	128
А. Мельничук, М. Хвостівський, І. Горбовий	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ	129
К. Моха, М. Хвостівський, А. Кравчук	КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ КРОВОНОСНИХ СУДИН ТА СІТКІВКИ ОКА ЛЮДИНИ	130
В. Нестор, В. Яцишин	ПРОЦЕДУРА КЛАСИФІКАЦІЇ АТРИБУТІВ ЗА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЯКОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	131
А. Паламар	ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДЖЕРЕЛ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ	132
Н. Паляниця, В. Дорофей	РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ ДЛЯ РОЗМІЧУВАННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У МАШИННОМУ НАВЧАННІ	133
Л. Пуляк, С. Лупенко	МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ	135
Б. Равчак	ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГІЇ JAMSTACK	136
Є. Сов'як, Є. Тиш	МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ЕКГ ДЛЯ СИСТЕМИ ТЕЛЕМОНІТОРИНГУ	137
В. Стеблик, У. Поливана	МЕРЕЖЕВИЙ МОНІТОРИНГ ЯК ЗАСІБ АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ЛОКАЛЬНІЙ І ГЛОБАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ	138
Є. Тиш, О. Зима	ВИБІР КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПРОВІДНИХ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ МЕРЕЖ	139
С. Туркот	НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ В СИСТЕМАХ БІОМЕТРИЧНОЇ АУТЕНТИФІКАЦІЇ	140
О. Цебрик	МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ БЕНЗИНУ	141
Б. Цюприк, О. Ясній	БЕЗПЕКА МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	142
В. Часник, Н. Луцик	ПРОЦЕС АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ МОВИ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ	143
Я. Чирський, В. Яцишин	АНАЛІЗ МОДЕЛІ ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ	144
Х. Юркевич, А. Луцків, Н. Попович	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ТЕКСТОВИХ ДАНИХ ЗАСОБАМИ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ	145
Я. Юськів, Є. Тиш	БАЗА ДАНИХ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ДЕФЕКТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА НАДІЙНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	146

УДК 004.514

Я. Чирський, В. Яцишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ МОДЕЛІ ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЮДИНО-МАШИНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

UDC 004.514

Y. Chyrskiy, V. Yatsyshyn

(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

ANALYSIS OF THE USABILITY MODEL IN THE QUALITY EVALUATION PROCESS OF HUMAN-MACHINE INTERACTION

Стандарт ISO/IEC 9241 містить вимоги до ергономіки візуальних дисплейних терміналів в умовах офісного використання. У ньому зручність використання визначається через ефективність, продуктивність та задоволеність. На рис. 1 наведено структурну схему зручності використання.

У стандарті наведено метрики, які покликані допомогти при проектуванні якісних користувацьких інтерфейсів. При виборі метрик для оцінювання зручності використання необхідно враховувати контекст використання комп'ютерної системи, що включає користувача, задачі, апаратне та програмне забезпечення, середовище виконання, а також цілі, які досягаються за допомогою зручності використання інтерфейсу.

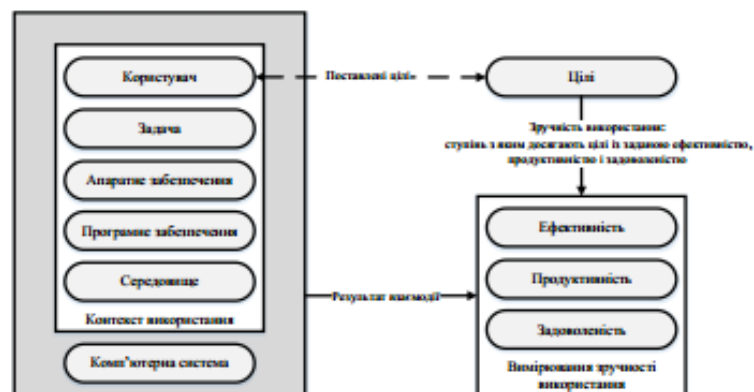


Рис. 1. Структура моделі зручності використання

Для того, щоб виміряти зручність використання, необхідно мати наступну інформацію:

- опис цілей, які висувають до інтерфейсів людино-машинної взаємодії;
- опис компонентів контексту використання, включаючи користувачів, задачі, апаратне і програмне забезпечення, середовище виконання;
- реальні значення ефективності, продуктивності і задоволеності користувача в рамках визначеного контексту.

У випадку комплексних цілей можна провести їх декомпозицію на підцілі (підзадачі). Опис користувача включає в себе знання, вміння, навички користувачів, їх освіта, фізичні дані, моторні характеристики і рівні чутливості. Опис задач повинен включати всі задачі, які необхідно виконати для досягнення користувачем поставленої мети. Окрім цього, опис задач повинен включати характеристики, які можуть впливати на критерії зручності використання, для прикладу, частота виконання задачі і її тривалість. При описі апаратного і програмного забезпечення повинна бути включена інформація про їх складові і можливості, а також засоби забезпечення людино-машинної взаємодії.