

УДК 004.5.05

doi: 10.32620/reks.2020.3.09

О. О. ГОРДЕЄВ

ДВНЗ «Університет банківської справи», Київ, Україна

МОДЕЛІ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЛЮДИНО-КОМП'ЮТЕРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

Якість програмного забезпечення в частині нефункціональних вимог описується моделлю якості програмного забезпечення. Найбільш відома і авторитетна модель якості ISO / IEC 25010 включає 8 відповідних характеристик: функціональна придатність, продуктивність, сумісність, зручність використання, надійність, безпека, супровідність і переносимість. Матеріали статті обмежуються тільки якістю ПЗ в частині характеристики зручності використання. Характеристика зручності використання програмного забезпечення повинна включати підхарактеристики, властиві якості інтерфейсу користувача, з одного боку, як статичного об'єкта, а з іншого боку, підхарактеристики процесу взаємодії з користувачем – людино-комп'ютерна взаємодія. Існуючі моделі якості та оцінки якості зручності використання не об'єднують в собі елементи якості самого інтерфейсу користувача та людино-комп'ютерної взаємодії. У статті пропонуються моделі якості та оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії, які об'єднують в собі характеристики, які належать безпосередньо до інтерфейсу користувача, і характеристики людино-комп'ютерної взаємодії. Такі моделі взаємопов'язані між собою за рахунок єдиної номенклатури підхарактеристик. Модель оцінювання якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії складається з двох частин та включає множину метрик та показників, які відповідають зазначеним підхарактеристикам. **Метою статті** є розробка моделі якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії та відповідної моделі оцінки її якості, які б об'єднали в собі якість призначеного для користувача інтерфейсу і якість його взаємодії з користувачем. **Об'єктом дослідження** є підхарактеристики зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії. Ідея розробки моделі базується на результатах аналізу наступних стандартів: ISO / IEC 25010, ISO / IEC 25022 та ISO / IEC 25022. Положення (підхарактеристики і метрики) зазначених стандартів враховані при формуванні основного матеріалу даної статті. Таксономія метрик та показників сформована на основі об'єднання метрик зі стандартів ISO / IEC 25022, ISO / IEC 25023 та авторських метрик. **Як результат**, в даній роботі пропонується модель якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії і модель оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії.

Ключові слова: зручність використання ПЗ; людино-комп'ютерна взаємодія; метрики зручності використання; стандарт ISO / IEC 25010; стандарт ISO / IEC 25022; стандарт ISO / IEC 25022.

Вступ і постановка задачі

Користувач взаємодіє з програмним забезпеченням з використанням інтерфейсу. Якість інтерфейсу програмного забезпечення визначається характеристикою зручності використання. Варто зазначити, що така характеристика визначає якість інтерфейсу користувача з одного боку, як статичного об'єкта, а з іншого, – у взаємодії з користувачем. Оскільки зручність використання є частиною якості програмного забезпечення, то під якістю зручності використання програмного забезпечення розуміють номенклатуру всіх підхарактеристик, які її деталізують.

Представимо визначення для зручності використання і людино-комп'ютерної взаємодії, а також

визначимо між ними взаємозв'язок. Зручність використання (usability) – характеристика програмного забезпечення (одна з восьми), при наявності якого встановлений користувач може застосувати ПЗ в певних умовах використання для досягнення встановлених цілей з необхідною ефективністю (efficiency), результативністю (effectiveness) та задоволеністю (satisfaction) [1]. Людино-комп'ютерна взаємодія – це процес взаємодії між комп'ютером і користувачем через інтерфейс користувача, коли користувач, аналізуючи отриману інформацію (переважно зорову) від програмного забезпечення (рис. 1, цифра 2) взаємодіє з програмним забезпеченням через інтерфейс користувача, використовуючи для цього (рис. 1, цифра 1) комп'ютерну клавіатуру, комп'ютерну мишку, веб-камеру і тощо.

Варто зазначити, що результати аналізу еволюції моделей якості програмного забезпечення (МЯПЗ) показали [2, 3], що характеристика «зручність використання» зміцнила свої позиції в останній моделі якості ПЗ [1], де з підхарактеристики трансформувалася в окрему характеристику МЯПЗ, поряд з надійністю, безпекою та іншими. Перелік зазначених моделей наведений у табл. 1.



Рис. 1. Взаємозв'язок між зручністю використання та людино-комп'ютерною взаємодією

Існуючі моделі якості та оцінки якості зручності використання програмного забезпечення, в яких присутня характеристика «зручність використання» можна розділити на 2 групи. Моделі першої групи [1, 4-23] розглядають призначений для користувача інтерфейс як статичний об'єкт і відповідно не враховують його інтерактивність з користувачем. Моделі другої групи описують якість взаємодії між користувачем та інтерфейсом програмного забезпечення [1, 24, 25]. Відзначимо, що кількість існуючих моделей з першої групи в рази перевищує кількість моделей другої групи. При описі якості зручності використання інтерфейсу програмного забезпечення і його оцінюванні застосовують моделі або з першої, або з другої групи. У зв'язку з цим **метою статті** є розробка моделі якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії та відповідної моделі оцінки її якості, які б об'єднали в собі якість призначеного для користувача інтерфейсу і якість його взаємодії з користувачем.

1. Модель якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії

Представимо та опишемо модель якості зручності використання інтерфейсу користувача програмного забезпечення. Якість зручності використання (Usability Quality, UQ) можна розділити на 2 частини (рис. 2): перша частина – це якість зручності ви-

Таблиця 1

Перелік моделей якості, у яких присутня характеристика (підхарактеристика) зручність використання

| № | Назва | Рік розробки | Авторство | Джерело |
|---|--------------------------|--------------|---|---------|
| Основоположні (базові) моделі якості ПЗ | | | | |
| 1 | ISO/IEC 25010 | 2010 | ISO | [1] |
| 2 | ISO/IEC 9126-1 | 2001 | ISO | [4] |
| 3 | ISO 9241-11 | 2018 | ISO | [5] |
| 4 | ISO 14764 | 2006 | IEEE | [6] |
| Корпоративні (авторські) моделі якості ПЗ | | | | |
| 5 | QUIM | 2006 | Seffah et al. | [7] |
| 6 | Rawashdeh Model | 2006 | Rawashdeh A, & Matalkah B. | [8] |
| 7 | Alvaro Model | 2005 | Alvaro A. & Almeida E. & Meira S. | [9] |
| 8 | Shneiderman and Plaisant | 2005 | Shneiderman and Plaisant | [10] |
| 9 | Montero | 2003 | Montero | [11] |
| 10 | GEQUAMO | 2003 | Georgiadou, Elli | [12] |
| 11 | 2QCV3Q | 2003 | Luisa Mich, Mariangela Franch, Gabriella Cilione | [13] |
| 12 | QMOOD | 2002 | Bansiya | [14] |
| 13 | Bertoa Model | 2002 | Bertoa, M & Vallecillo A. | [15] |
| 14 | Scapin model | 2000 | Scapin, D.L., Leulier, C., Vanderdonckt, J., Mariage, C., Bastien, Ch., Farenc, Ch., Palanque, Ph., Bastide, R. | [16] |
| 15 | Neilsen | 1994 | Neilsen | [17] |
| 16 | Bastien and Scapin | 1993 | Bastien and Scapin | [18] |
| 17 | FURPS | 1992 | Grady R. & Hewlett Packard | [19] |
| 18 | PACMAD | 1988 | Ashraf Saleh, Roesnita Binti Isamil, Norasi-kin Binti Fabil | [20] |
| 19 | Shackel Model | 1986 | Shackel | [21] |
| 20 | Eason Model | 1984 | Eason | [22] |
| 21 | MarkCoла | 1977 | John McCall | [23] |

користання самого програмного продукту, тобто якості використання інтерфейсу користувача, і друга частина – це якість зручності використання на основі досвіду користувача (тобто взаємодії користувача з інтерфейсом ПЗ). Введемо декілька термінів, які пов'язані з людино-комп'ютерною взаємодією: для

позначення першої частини – якість зручності використання інтерфейсу користувача (User Interface Usability Quality, UIUQ) і для позначення другої частини – якість зручності використання на основі досвіду користувача (User Experience Usability Quality, UXUQ).

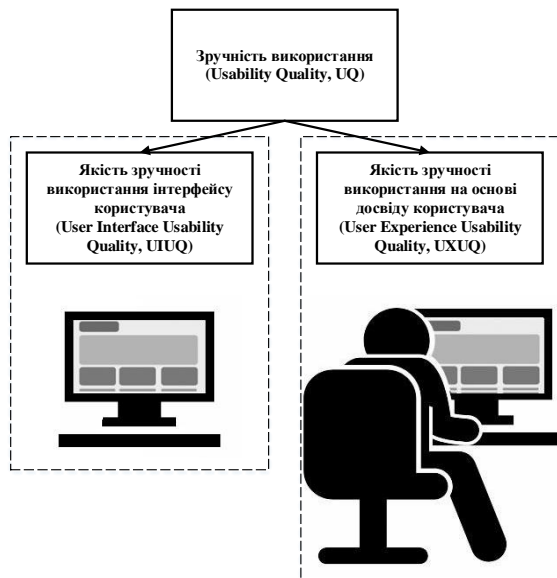


Рис. 2. Структура якості зручності використання людино-комп'ютерної взаємодії

Деталізуємо структуру якості зручності використання за рахунок поділу на зручність використання інтерфейсу користувача програмного забезпечення і зручність у користуванні з боку досвіду користувача на основі відомого та авторитетного стандарту [1]. Було встановлено, що UIUQ співвідноситься з моделлю якості програмного забезпечення стандарту [1] в частині характеристики «зручність використання», яка деталізується на такі підхарактеристики: розпізнавання відповідності (appropriateness recognisability), здатність до навчання (learnability), працездатність (operability), захист від помилок користувача (user error protection), естетика призначеного для користувача інтерфейсу (user interface aesthetics) і доступність (accessibility). Таке співвідношення представлено на рис. 3 (1 в темно-сірому колі). Далі було встановлено, що відповідно до визначення зручності використання в нього входить ефективність (effectiveness), результативність (effectiveness) і задоволеність (satisfaction). Аналогічні елементи містить у собі модель якості використання програмного забезпечення [1]. Таким чином UXUQ деталізується трьома наступними характеристиками: ефективністю, результативністю та задоволеністю. Перші дві характеристики є окремими характеристиками без деталізації, а характеристика «задоволеність» деталізується на підхарактеристики

корисність (usefulness), довіра (trust), насолода (pleasure) та комфорт (comfort). Співвіднесення визначення зручності використання та моделей якості ПЗ і якості у використанні ПЗ [1] представлено на рис. 3.

Для забезпечення, з одного боку, найбільшої повноти номенклатури характеристик (підхарактеристик) якості зручності використання і, з іншого, найбільшої їх деталізації було прийнято рішення проаналізувати характеристики (підхарактеристики) існуючих основоположних (базових, стандартизованих) та корпоративних (авторських) моделей якості програмного забезпечення в частині зручності використання. Для цього було сформовано перелік моделей якості, у яких присутня характеристика (підхарактеристика) зручності використання (див. табл. 1).

Докладніший аналіз моделей якості дозволив визначити множину унікальних підхарактеристик зручності використання і частоту їх появи в моделях якості. Далі із загальної номенклатури були відібрані ті підхарактеристики, частота яких більше двох, або вони входять в модель якості ПЗ стандарту [1] (табл. 2). Було встановлено, що 9 з 13 підхарактеристик моделі якості ПЗ [1] мають частоту входження підхарактеристик від 3 до 16 разів (див. табл. 2).

Таблиця 2

Підхарактеристики зручності використання, які найбільш часто зустрічаються у моделях якості ПЗ

| № | Назва підхарактеристики (укр.) | Назва підхарактеристики (англ.) | Частота появи |
|---|--|---------------------------------|---------------|
| Підхарактеристики основоположних (базових) МЯПЗ | | | |
| 1 | Здатність до навчатися | Learnability | 16 |
| 2 | Працездатність | Operability | 8 |
| 3 | Ефективність | Effectiveness | 6 |
| 4 | Задоволеність | Satisfaction | 6 |
| 5 | Результативність | Efficiency | 5 |
| 6 | Захист від помилок користувача | User error protection | 4 |
| 7 | Доступність | Accessibility | 4 |
| 8 | Естетика інтерфейсу користувача | User interface aesthetics | 3 |
| 9 | Корисність | Usefulness | 3 |
| 10 | Відповідність впізнаваності | Appropriateness recognisability | 1 |
| 11 | Довіра | Trust | 1 |
| 12 | Насолода | Pleasure | 1 |
| 13 | Комфорт | Comfort | 1 |
| Підхарактеристики корпоративних (авторських) МЯПЗ | | | |
| 14 | Зрозумілість | Understandability | 9 |
| 15 | Наявність документації для користувача | Documentation of the user | 4 |
| 16 | Узгодженість | Consistency | 4 |
| 17 | Наявність зворотного зв'язку системи | Informative feedback | 3 |

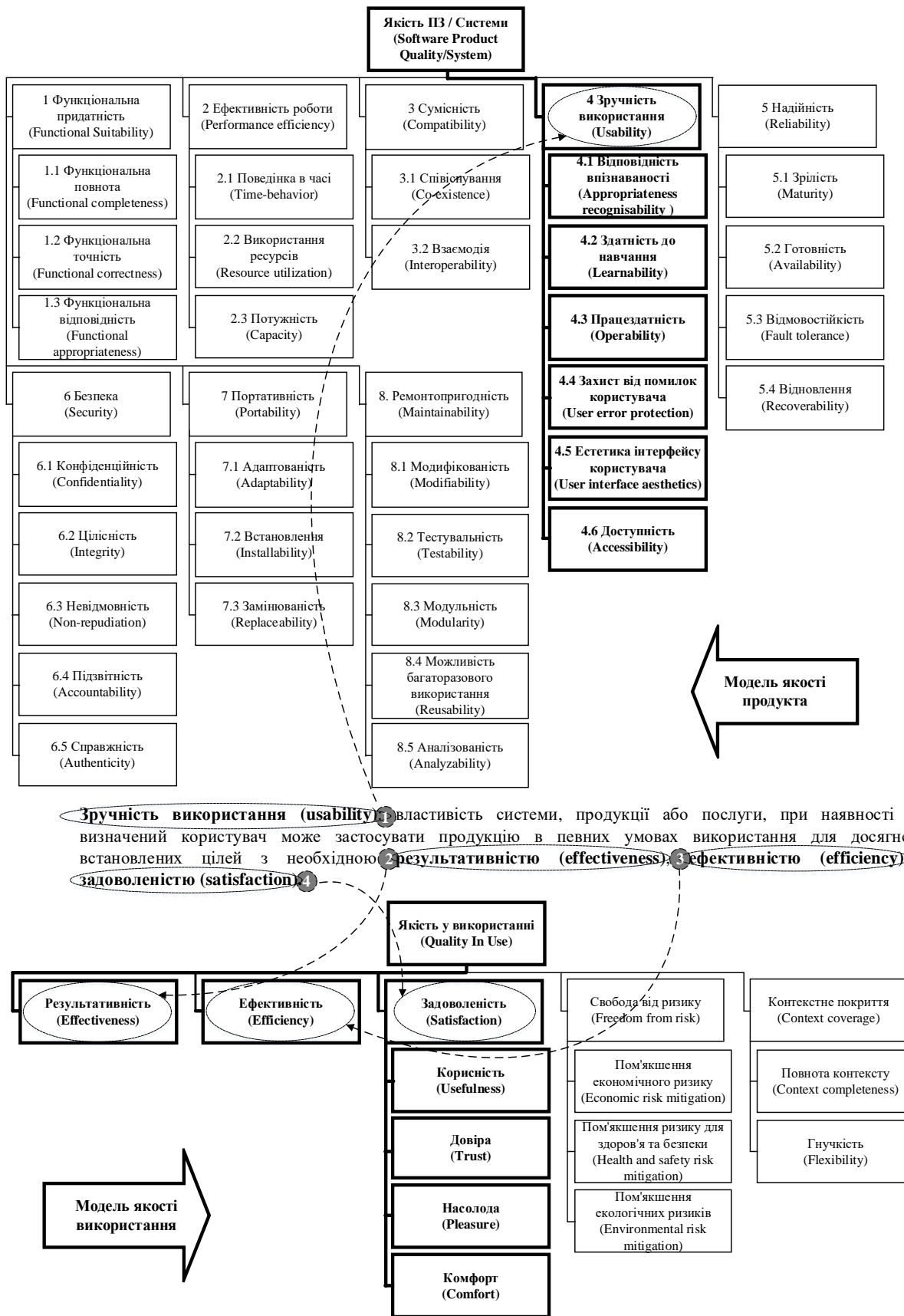


Рис. 3. Співвідношення визначення зручності використання і елементів моделей якості і якості використання ПЗ стандарту [3]

З числа підхарактеристик корпоративних (авторських) моделей якості ПЗ були визначені 4 таких підхарактеристики з частотою входження від 4 до 9 раз (див. табл. 2). Таким чином, основа моделі якості зручності використання формується з підхарактеристик моделі якості ПЗ та якості у використанні ПЗ стандарту [1], яку доповнюють підхарактеристики корпоративних моделей. Представимо визначення для таких підхарактеристик:

– здатність до навчання – це підхарактеристика зручності використання інтерфейсу користувача, яка відображає можливість використання програмного продукту або інформаційної системи для досягнення користувачем певних цілей навчання;

– працездатність – це підхарактеристика зручності використання інтерфейсу користувача, яка відображає можливість полегшення управління і контролю програмного продукту або інформаційної системи;

– ефективність – це підхарактеристика, яка визначає ресурси, витрачені на точність і повноту, з якими користувачі досягають цілей;

– задоволеність – це підхарактеристика зручності використання, з боку досвіду користувача, яка відображає задоволення потреб користувача при використанні програмного продукту або інформаційної системи в певному контексті;

– результативність – це підхарактеристика зручності використання, з боку досвіду користувача, яка відображає точність та повноту, з якими користувач досягає поставлених цілей;

– захист від помилок користувача – це підхарактеристика зручності використання інтерфейсу користувача, яка відображає можливість наявності механізмів захисту від помилок користувача в програмному продукті або інформаційній системі;

– доступність – це підхарактеристика зручності використання інтерфейсу користувача, яка відображає можливість інтерфейсу користувача надавати можливість використовувати програмний продукт або інформаційну систему людям з різними (в тому числі, обмеженими) можливостями ;

– естетика інтерфейсу користувача – це підхарактеристика зручності використання інтерфейсу користувача, яка відображає можливість інтерфейсу користувача задовольняти користувача і приносити йому задоволення від процесу взаємодії;

– корисність – це підхарактеристика задоволеності, відповідно до якої визначається на скільки користувач задоволений досягненням передбачуваних прагматичних цілей, включаючи результати і наслідки використання;

– відповідність впізнаваності – це підхарактеристика зручності використання інтерфейсу кори-

стувача, яка відображає можливість користувача розпізнати чи програмний продукт або інформаційна система відповідає його потребам;

– довіра – це підхарактеристика задоволеності, відповідно до якої, користувач або інша зацікавлена сторона повинні бути впевнені в тому, що програмний продукт або інформаційна система поводитимуться очікувано;

– насолода – це підхарактеристика задоволеності, відповідно до якої, користувач отримує задоволення від задоволення своїх особистих потреб;

– комфорт – це підхарактеристика задоволеності, відповідно до якої, користувач повинен бути задоволений своїм фізичним комфортом;

– зрозумілість – це підхарактеристика зручності використання інтерфейсу користувача, яка спрямована на розуміння загальної логічної концепції інтерфейсів користувача і його застосовності;

– наявність документації для користувача – це підхарактеристика зрозумілості, яка характеризує наявність інструкцій користувача або опис роботи з програмним забезпеченням;

– узгодженість – це підхарактеристика зрозумілості, яка є основою інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу. Якщо елементи інтерфейсу користувача узгоджені, то він концентрується безпосередньо на виконанні завдання, а не на вивченні функціональності не до кінця зрозумілих елементів інтерфейсу або ж їх послідовності. Розрізняють візуальну, функціональну, внутрішню і зовнішню узгодженості.

– наявність зворотного зв'язку – це підхарактеристика зрозумілості, яка визначає наявність зворотного зв'язку системи в наступному вигляді: текстовому (наприклад, опис статусу системи), візуальному (наприклад, індикатор виконання) або слуховому (наприклад, сигнал, який звучить після завершення процесу).

Таким чином, якість зручності використання відповідно до визначення об'єднує в собі елементи моделі якості програмного забезпечення і моделі якості у використанні програмного забезпечення базових і авторських моделей якості ПЗ. В результаті була сформована модель якості зручності використання людино-комп'ютерної взаємодії (рис. 4).

2. Модель оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії

Модель оцінювання якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії базується на моделі якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної вза-

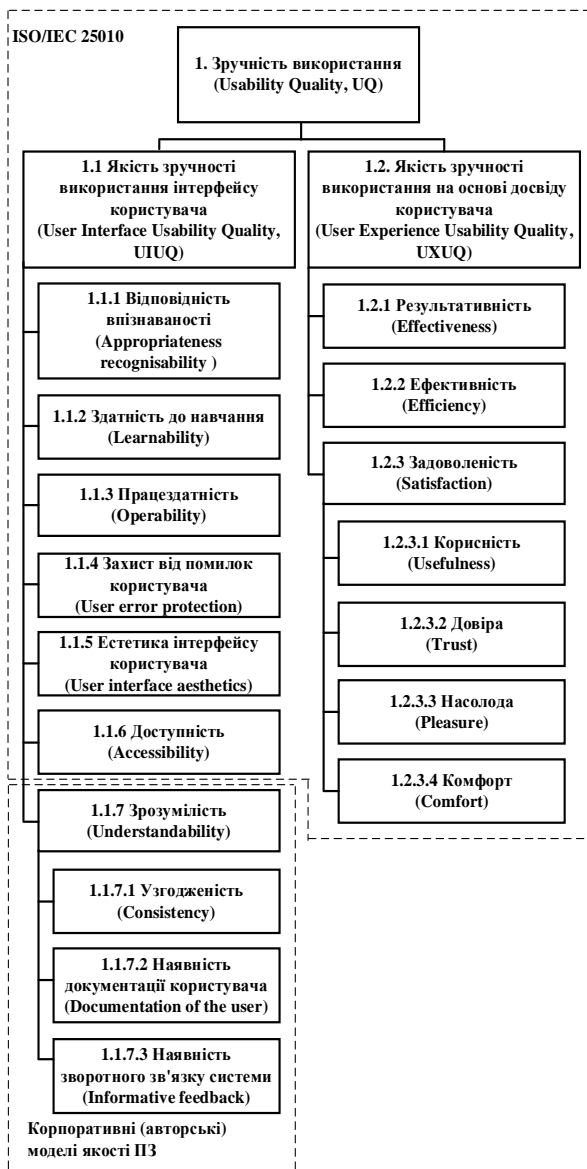


Рис. 4. Структура якості зручності використання людино-комп'ютерної взаємодії

сгодії, яка включає загальну номенклатуру підхарактеристик, які характеризують якість зручності використання. Частина характеристик оцінюється відповідними метриками зі стандартів [24, 25], а інші характеристики («зрозумілість») і підхарактеристики («наявність документації користувача», «узгодженість» та «наявність зворотного зв'язку системи») оцінюються додатковими метриками, які не увійшли до відповідних стандартів.

Таким чином, структура моделі оцінювання якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії складається з двох частин (рис. 5): перша – це таксономія підхарактеристик якості зручності використання людино-комп'ютерної взаємодії (верхній трикутник), і друга – відповідна їй таксономія метрик і показників оцін-

ки якості зручності використання людино-комп'ютерної взаємодії (нижній трикутник).

Розглянемо відповідність підхарактеристик моделі якості зручності використання людино-комп'ютерної взаємодії до метрик стандартів [24, 25]. Підхарактеристики моделі якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії частково оцінюються множиною кількісних метрик зі стандартів [24, 25] і частково додатковими метриками, які були розроблені для даної моделі оцінки.

Для прикладу наведемо деякі метрики більш докладно відповідно до підхарактеристик якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії і представимо їх назву, опис, формулу для розрахунку, а також примітиви (табл. 3).

Для об'єднання метрик в єдину пов'язану таксономію були введені додаткові показники (табл. 4).

У результаті була сформована єдина таксономія показників і метрик оцінки якості зручності використання людино-комп'ютерної взаємодії (рис. 6).

Для переходу від багатовекторності множини пов'язаних показників (рис. 6) до скалярного значення умовного інтегрального показника (Π – *Integral Indicator*) відповідно до узагальненої таксономії показників і метрик застосуємо метод адитивної згортки. Він полягає у зортанні порівнянних показників (метрик) одного рівня з узагальненої таксономії показників і метрик в єдиний інтегральний показник наступного рівня в таксономії. Варто відзначити, що адитивна згортка передбачає для кожного показника (метрики) одного рівня таксономії (рис. 6) призначення вагових коефіцієнтів $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$. Тобто один показник – один ваговий коефіцієнт. Таким чином, інтегральний показник у загальному вигляді розраховується за такою формулою (1):

$$\Pi = \sum_{i=0}^n (k_i * I_i), \tag{1}$$

де Π – інтегральний показник,

I – показник,

k – ваговий коефіцієнт.

Варто зазначити, що сума вагових коефіцієнтів має дорівнювати 1 (2):

$$\sum_{i=0}^n k_i = 1, k_i \geq 0. \tag{2}$$

3. Приклад практичного використання

Як приклад, наведемо розрахунки для показника зрозумілості інтерфейсу користувача (UI19) для сервісу «онлайн депозит», який пропонує Ощадбанк на сторінці свого сайту [26]. Відповідно до таксономії метрик та показників оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії розрахуємо відповідні показники UI10-UI12 та метрики UM23-UM29. Перш за все розрахуємо значення для метрик:

$$UM23 = A / B = 5 / 6 = 0,83, \quad (3)$$

де UM23 – покриття документацією користувача щодо функціональності програмного забезпечення, A – кількість функцій ПЗ, які забезпечені документацією, B – загальна кількість функцій ПЗ;

$$UM24 = A / B = 1 / 2 = 0,5, \quad (4)$$

де UM24 – наявність можливості пошуку в призначеній для користувача документації програмного забезпечення, A – кількість призначених для користувача документів, для яких передбачена можливість пошуку, B – загальна кількість призначених для користувача документів;

$$UM25 = A / B = 13 / 13 = 1, \quad (5)$$

де UM25 – візуальна узгодженість, A – кількість візуально узгоджених елементів інтерфейсу користувача, B – загальна кількість елементів інтерфейсу користувача;

$$UM26 = A / B = 12 / 13 = 0,92, \quad (6)$$

де UM26 – функціональна узгодженість, A – кількість функціонально узгоджених елементів інтерфейсу користувача, B – загальна кількість елементів інтерфейсу користувача;

$$UM27 = A / B = 12 / 13 = 0,92, \quad (7)$$

де UM27 – внутрішня узгодженість, A – кількість візуально і функціонально узгоджених елементів інтерфейсу користувача, B – загальна кількість елементів інтерфейсу користувача;

$$UM28 = A / B = 1 / 1 = 1, \quad (8)$$

де UM28 – зовнішня узгодженість, A – кількість узгоджених інтерфейсів користувача для різних

систем або веб-сторінок, B – загальна кількість інтерфейсів користувача для різних систем або веб-сторінок;

$$UM29 = A / B = 1 / 1 = 1, \quad (9)$$

де UM29 – покриття зворотними зв'язками, A – кількість зворотних зв'язків, B – загальна кількість функцій системи, для яких необхідні зворотні зв'язки.

Далі наведемо розрахунок відповідних показників:

$$UI10 = K_1 * UM23 + K_2 * UM24 = 0,5 * 0,83 + 0,5 * 0,5 = 0,67, \quad (10)$$

де UI10 – показник документації інтерфейсу користувача, UM23 – покриття документацією користувача щодо функціональності програмного забезпечення, UM24 – наявність можливості пошуку в призначеній для користувача документації програмного забезпечення, K₁ і K₂ – вагові коефіцієнти;

$$UI11 = K_1 * UM25 + K_2 * UM26 + K_1 * UM27 + K_2 * UM28 = 0,25 * 1 + 0,25 * 0,92 + 0,25 * 0,92 + 0,25 * 1 = 0,96, \quad (10)$$

де UI11 – показник узгодженості інтерфейсу користувача, UM25 – візуальна узгодженість, UM26 – функціональна узгодженість, UM27 – внутрішня узгодженість, UM28 – зовнішня узгодженість, K₁, K₂, K₃, K₄ – вагові коефіцієнти;

$$UI12 = UM29 = 1, \quad (11)$$

де UI12 – показник зворотного зв'язку інтерфейсу користувача, UM25 – покриття зворотними зв'язками;

$$UI9 = K_1 * UI10 + K_2 * UI11 + K_1 * UI12 = 0,33 * 0,67 + 0,33 * 0,96 + 0,33 * 1 = 0,87, \quad (12)$$

де UI9 – показник зрозумілості інтерфейсу користувача, UI10 – показник документації інтерфейсу користувача, UI11 – показник узгодженості інтерфейсу користувача, UI12 – показник зворотного зв'язку інтерфейсу користувача, K₁, K₂, K₃ – вагові коефіцієнти.

Експертним шляхом було встановлені наступні діапазони значень для показника UI9:

– 0 ... 0,33 – задовільна якість в частині зрозумілості інтерфейсу користувача;

Таблиця 3

Метрики для оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії

| Наскрізнний ID | Назва метрики | Формула та опис | Примітиви |
|---|--|--|--|
| 1. Зручність використання людино-комп'ютерної взаємодії | | | |
| 1.1 Зручність використання інтерфейсу користувача | | | |
| 1.1.1 Відповідність впізнаваності (Appropriateness recognisability) | | | |
| UM1 | DECO – повнота опису (description completeness). | $DECO = A/B$. Яке співвідношення функцій (або типів функцій) має зрозумілий опис в програмного забезпечення. | A – кількість функцій (або типів функцій), які описані зрозуміло в описі програмного забезпечення, B – загальна кількість функцій (або типів функцій). |
| UM2 | CODE – покриття демонстрації (coverage of demonstration). | $CODE = A/B$. Яке співвідношення функцій, що вимагають демонстрації, має таку можливість. | A – кількість функцій, реалізованих з можливістю демонстрації, B – загальна кількість функцій, для яких необхідна демонстрація можливостей. |
| UM3 | EPSD – початкова точка інформативності (entry point self-descriptiveness). | $EPSD=A/B$. Яке співвідношення цільових сторінок веб-сайту, які пояснюють мету веб-сайту. | A – число сторінок веб-сайту, які пояснюють мету веб-сайту, B – число сторінок веб-сайту. |
| | | | |
| 1.2 Зручність використання на основі досвіду користувача | | | |
| 1.2.1 Результативність (Effectiveness) | | | |
| UM30 | TACO – завершена задача (task completed). | $TACO = A/B$. Яке співвідношення виконаних завдань. | A – кількість виконаних завдань, B – загальна кількість спроб. |
| UM31 | TAEF – результативність завдання (task effectiveness). | $TAEF=1-\sum A_i, X>0$. Яке співвідношення цілей завдання досягнута правильно. | A _i – пропорційне значення кожного відсутнього або неправильного компонента завдання в вихідних даних завдання (максимальне значення = 1). Наприклад, всі дані введені правильно: 100%, невірний час або дата: 0%; за кожен елемент інформації в неправильному полі віднімається 20%; за кожен друкарську помилку віднімають 5%. |
| UM32 | ERFR – частота помилок (error frequency (failure frequency)). | $ERFR = A/B$. Яке співвідношення частоти помилок, допущених користувачем, у порівнянні з цільовим значенням. | A – кількість помилок, зроблених користувачем, B – кількість завдань (або може бути час). |
| | | | |

Таблиця 4

Показники оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерного взаємодії

| Наскрізнний ID | Абревіатура | Назва англійською | Назва українською |
|----------------|-------------|--|---|
| UI1 | HCIUQGI | Human-computer interaction usability quality generalized index | Узагальнений показник якості зручності використання людино-комп'ютерної взаємодії |
| UI2 | UIUQI | User interface usability quality index | Показник якості зручності використання інтерфейсу користувача |
| UI3 | UIARI | User interface appropriateness recognisability index | Показник відповідності впізнаваності інтерфейсу користувача |
| UI4 | UILI | User interface learnability index | Показник здатності до навчання інтерфейсу користувача |
| UI5 | UIOI | User interface operability index | Показник працездатності інтерфейсу користувача |
| UI6 | UIUEPI | User interface user error protection index | Показник захисту від помилок користувача інтерфейсу користувача |
| UI7 | UIAI | User interface aesthetics index | Показник естетики інтерфейсу користувача |
| UI8 | UIAI | User interface accessibility index | Показник доступності інтерфейсу користувача |
| UI9 | UIUI | User interface understandability index | Показник зрозумілості інтерфейсу користувача |
| UI10 | UIDI | User interface documentation index | Показник документації інтерфейсу користувача |
| UI11 | UICI | User interface consistency index | Показник узгодженості інтерфейсу користувача |
| UI12 | UIIFI | User interface informative feedback index | Показник зворотного зв'язку інтерфейсу користувача |
| UI13 | UEUQI | User experience usability quality index | Показник якості зручності використання з боку досвіду користувача |
| UI14 | UEEI | User experience effectiveness index | Показник результативності досвіду користувача |
| UI15 | UEEFI | User experience efficiency index | Показник ефективності досвіду користувача |
| UI16 | UESI | User experience satisfaction index | Показник задоволеності досвіду користувача |
| UI17 | UEUI | User experience usefulness index | Показник корисності досвіду користувача |
| UI18 | UETI | User experience trust index | Показник довіри досвіду користувача |
| UI19 | UEPI | User experience pleasure index | Показник насолоди досвіду користувача |
| UI20 | UECI | User experience comfort index | Показник комфорту досвіду користувача |

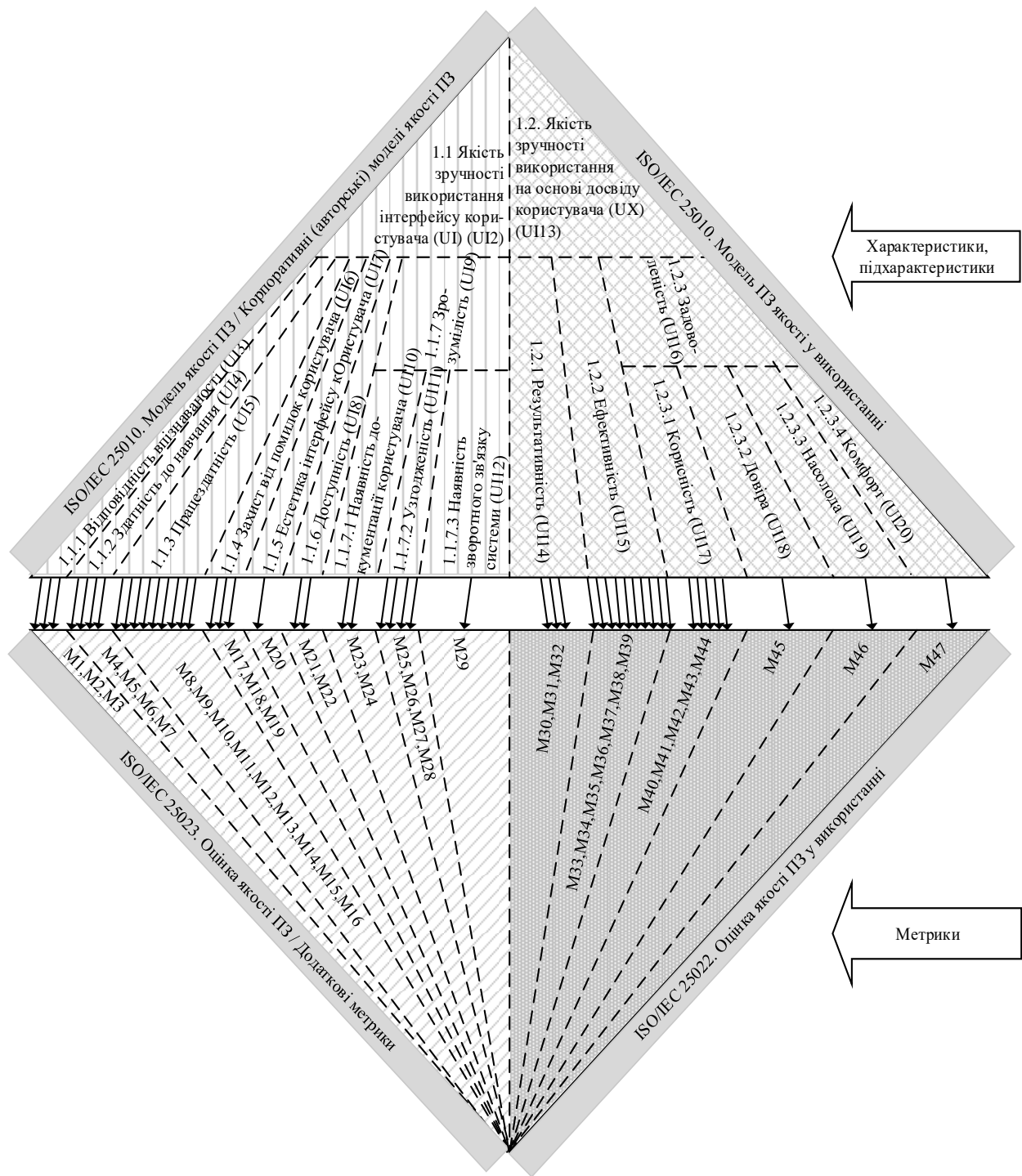


Рис. 5. Структура моделі оцінювання якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії

- 0,34 ... 0,7 – добра якість в частині зрозумілості інтерфейсу користувача;
- 0,71 ... 1 – відмінна якість в частині зрозумілості інтерфейсу користувача.

Таким чином, якість в частині зрозумілості інтерфейсу користувача (відповідно до значення показника UI9) для сервісу «онлайн депозит», який пропонує Ощадбанк є відмінною.

Висновки

У статті запропонована модель якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії і відповідна їй модель оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії. Запропоновані моделі пов'язані між собою на рівні підхарактеристик. Оцінювання якості зручності використання

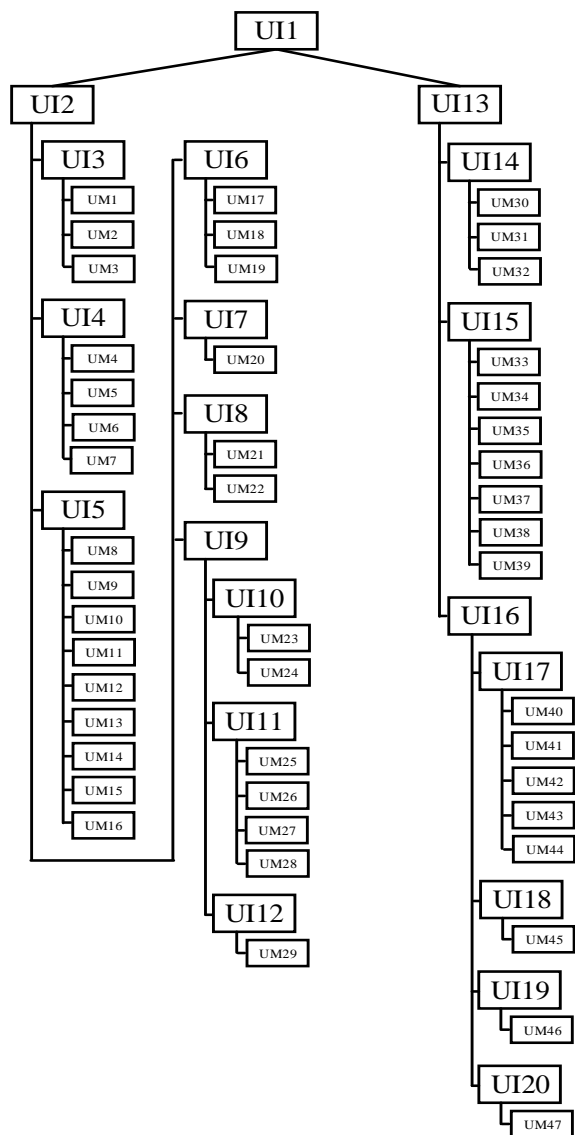


Рис. 6. Таксономія метрик та показників оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПО для людино-комп'ютерної взаємодії

інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії здійснюється з використанням відповідних показників та метрик. Для зв'язку відповідних показників і метрик застосовувався інструмент адитивної згортки. Надалі планується розробити інструментальний засіб, який буде підтримувати процес оцінки якості зручності використання інтерфейсу ПЗ для людино-комп'ютерної взаємодії. Також доцільно впроваджувати та розвивати представлені у статті результати у досить новому та перспективному напрямку кіберінтерфейси.

Література

1. International standard ISO/IEC 25010:2011. *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE)* –

System and software quality models. – International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011. – 34 p.

2. Gordieiev, O. Usability, security and safety interaction: profile and metrics based analysis [Text] / O. Gordieiev, V. Kharchenko, K. Leontiiev // *Dependability and Complex Systems : Proc. of the 13 Int. Conf. (DepCoS-RELCOMEX), Brunow, Poland, July 2-6, 2018.* – Springer, 2018. – P. 238-247. DOI: 10.1007/978-3-319-91446-6_23.

3. Gordieiev, O. Usable Security Versus Secure Usability: an Assessment of Attributes Interaction [Text] / O. Gordieiev, V. Kharchenko, K. Vereshchak // *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer : Proc. of the 13th Int. Conf. (ICTERI), Kyiv, Ukraine, May 15-18, 2017.* – K., 2017. – P. 727-740.

4. International standard ISO/IEC 9126-1:2001. *Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model.* – International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2001. – 25 p.

5. International standard ISO 9241-11:2018. *Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts.* – International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2018. – 29 p.

6. International standard ISO/IEC 14764:2006. *Software Engineering – Software Life Cycle Processes – Maintenance.* – International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2006. – 44 p.

7. Usability measurement and metrics: A consolidated model [Text] / A. Seffah, M. Donyaee, R. B. Kline, H. K. Padda // *Software Quality Journal.* – 2006. – Vol. 14(2). – P. 159-178. DOI: 10.1007/s11219-006-7600-8.

8. Rawashdeh, A. New Software Quality Model for Evaluating COTS Components [Text] / A. Rawashdeh, M. Bassem // *Journal of Computer Science.* – 2006. – Vol 2 (4). – P.373-381.

9. Upadhyay, N. Towards a Software Component Quality Model [Text] / N. Upadhyay, B. Deshpande, V. Agrawal // *Computer Science and Information Technology : Proc. of the 1st Int. Conf., Penang, Malaysia, February 22-24, 2011.* – Springer, 2011. – P. 398-412. DOI: 10.1007/978-3-642-17857-3_40.

10. Shneiderman, B. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* [Text] / B. Shneiderman, C. Plaisant. – Pearson ; 4th Edition, 2004. – 672 p.

11. Usability and web site evaluation. *Quality models and user testing evaluations* [Text] / F. Montero, V. Lopez-Jaquero, M. Lozano, P. Gonzalez // *Enterprise Information Systems : Proc. of the 5th Int. Conf., An-*

gers, France, April 23-26, 2003. – Springer, 2003. – P. 525-528.

12. Georgiadou, E. *GEQUAMO-A Generic, Multi-layered, Customizable Software Quality model [Text]* / E. Georgiadou // *Software Quality Control Journal*. – 2003. – Vol. 11 (4). – P. 313-323.

13. Mich, L. *The 2QCV3Q quality model for the analysis of web site requirements [Text]* / L. Mich, M. Franch, G. Cilione // *Journal of Web Engineering*. – 2003. – Vol. 2. – P. 105-127.

14. Bansiya, J. *Hierarchical Model for Object-Oriented Quality Assessment [Text]* / J. Bansiya, C. Davis // *IEEE Transactions on Software Engineering*. – 2002. – Vol. 28. – P. 4-17.

15. Bertoa, M. A. *Quality Attributes for COTS Components [Text]* / M. Bertoa, A. Vallecillo // *I+D Computacion*. – 2002. – Vol. 1. – P. 128-144.

16. *A Framework for Organizing Web Usability Guidelines [Text]* / D. Scapin, C. Leulier, J. Vanderdonck, C. Mariage, Ch. Bastien, Ch. Farenc, Ph. Palanque, R. Bastide // *Human Factors and the Web HFWeb : Proc. of 7th Int. Conf., Austin, Texas, USA, June 19, 2000*. – Springer, 2000. – P. 1-23.

17. Nielsen, J. *Usability 101: Introduction to Usability [Electronic resource]*. – Access mode: <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html> – 06.06.2012.

18. Bastien, J. M. *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces [Text]* / J. M. Bastien, D. L. Scapin // *International Journal of Human-Computer Interaction*. – 1992. – Vol. 4(2). – P. 183-196.

19. Grady, R. B. *Practical software metrics for project management and process improvement [Text]* / R. B. Grady. – Lebanon, Indiana, U.S.A.: Prentice Hall; 1st Edition, 1992. – 282 p.

20. Hart, S. *Development of NASA- TLX (task load index): results of empirical and theoretical research, in Human Mental [Text]* / S. Hart, L. Staveland. – Amsterdam, The Netherlands : North-Holland Press, 1988. – P. 239-250.

21. Shackel, B. *Ergonomics in design for usability [Text]* / B. Shackel // *British Computer Society, human computer interaction specialist group on People and computers: designing for usability : Proc. of the 2nd Int. Conf., University of York, UK, August 23-26, 1986*. – Springer, 1986. – P. 44-64.

22. Madan, A. *Usability evaluation methods: a literature review [Text]* / A. Madan, S. K. Dubey // *International Journal of Engineering Science and Technology*. – 2012. – Vol. 4(2). – P. 590-599.

23. McCall, J. A. *Factors in Software Quality [Text]* / J. A. McCall, P. K. Richards, G. F. Walters // *Final Technical report RADC TR-77-369, Rome Air Development Center, Rome, Vol. 1-3, 1977*. – 168 p.

24. *International standard ISO/IEC 25022:2016 Systems and software engineering – Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) – Measurement of quality in use*. – International Organization for Standardization, International Electrotech-

nic Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016. – 41 p.

25. *International standard ISO/IEC 25023:2016 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of system and software product quality*. – International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016. – 45 p.

26. *Сервіс онлайн депозиту Ощадбанку України [Електронний ресурс]*. – Режим доступу: <https://www.oschadbank.ua/ua/private/deposit/online-deposit>. – 14.08.2020.

References

1. *International standard ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models*. International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, 2011. 34 p.

2. Gordieiev, O., Kharchenko, V., Leontiev, K. Usability, security and safety interaction: profile and metrics based analysis. In: *Proceedings of the 13 International Conference on Dependability and Complex Systems (DepCoS-RELCOMEX)*, Brunow, Poland, July 2-6, 2018, pp. 238-247. DOI: 10.1007/978-3-319-91446-6_23.

3. Godieiev, O., Kharchenko, V., Vereshchak, K. Usable Security Versus Secure Usability: an Assessment of Attributes Interaction. In: *Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI)*, Kyiv, Ukraine, May 15-18, 2017, pp. 727-740.

4. *International standard ISO/IEC 9126-1:2001. Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model*, International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, 2001. 25 p.

5. *International standard ISO 9241-11:2018. Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts*. International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, 2018. 29 p.

6. *International standard ISO/IEC 14764:2006. Software Engineering – Software Life Cycle Processes – Maintenance*. International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, 2006. 44 p.

7. Seffah, A., Donyaee, M., Kline, R. B., Padda, H. K. Usability measurement and metrics: A consolidated model. In: *Software Quality Journal*, 2006, vol. 14(2), pp. 159-178. DOI: 10.1007/s11219-006-7600-8.

8. Rawashdeh, A., Bassem, M. A New Software Quality Model for Evaluating COTS Components. In: *Journal of Computer Science*, 2006, vol. 2 (4), pp. 373-381.

9. Upadhyay, N., Despande, B., Agrawal, V. Towards a Software Component Quality Model. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Computer Science and Information Technology*, Penang, Malaysia, February 22-24, 2011, pp. 398-412. DOI: 10.1007/978-3-642-17857-3_40.
10. Shneiderman, B., Plaisant, C. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Pearson; 4th Edition, 2004. 672 p.
11. Montero, F., Lopez-Jaquero, V., Lozano, M., Gonzalez, P. Usability and web site evaluation. Quality models and user testing evaluations. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Enterprise Information Systems*, Angers, France, April 23-26, 2003, pp. 525-528.
12. Georgiadou, E. GEQUAMO-A Generic, Multilayered, Customizable Software Quality model. In: *Software Quality Control Journal*, 2003, vol.11 (4), pp. 313-323.
13. Mich, L., Franch, M., Cilione, G. The 2QCV3Q quality model for the analysis of web site requirements. In: *Journal of Web Engineering*, 2003, vol. 2, pp. 105-127.
14. Bansiya, J., Davis, C. Hierarchical Model for Object-Oriented Quality Assessment. In: *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2002, vol. 28, pp. 4-17.
15. Bertoa, M., Vallecillo, A. Quality Attributes for COTS Components. In: *I+D Computacion*, 2002, vol. 1, pp. 128-144.
16. Scapin, D., Leulier, C., Vanderdonckt, J., Mariage, C., Bastien, Ch., Farenc, Ch., Palanque, Ph., Bastide, R. A Framework for Organizing Web Usability Guidelines. In: *Proceedings of 7th conference on Human Factors and the Web HFWeb*, Austin, Texas, USA, June 19, 2000, pp. 1-23.
17. Nielsen, J. *Usability 101: Introduction to Usability*. Available at: <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html> (accessed 06.06.2012).
18. Bastien, J. M., Scapin, D. L. Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. In: *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1992, vol. 4(2), pp. 183-196.
19. Grady, R. B. *Practical software metrics for project management and process improvement*. Lebanon, Indiana, U.S.A., Prentice Hall, 1st Edition, 1992. 282 p.
20. Hart, S., Staveland, L. *Development of NASA-TLX (task load index): results of empirical and theoretical research, in Human Mental*. Amsterdam, The Netherlands, North-Holland Press, 1988, pp. 239-250.
21. Shackel, B. Ergonomics in design for usability. In: *Proceedings of the Second Conference of the British Computer Society, human computer interaction specialist group on People and computers: designing for usability*, University of York, UK, August 23-26, 1986, pp. 44-64.
22. Madan, A., Dubey, S. K., Usability evaluation methods: a literature review. In: *International Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 4(2), 2012, pp. 590-599.
23. McCall, J. A., Richards, P. K., Walters, G. F. Factors in Software Quality. In: *Final Technical report RADC TR-77-369*, Rome Air Development Center, Rome, vol. 1-3, 1977, 168 p.
24. *International standard ISO/IEC 25022:2016 Systems and software engineering – Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) – Measurement of quality in use*. International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, 2016. 41 p.
25. *International standard ISO/IEC 25023:2016 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of system and software product quality*. International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, 2016. 45 p.
26. *Сервіс онлайн депозиту Ощадбанку України* [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.oschadbank.ua/ua/private/deposit/online-deposit> (accessed 14.08.2020).

Поступила в редакцію 25.08.2020, рассмотрена на редколлегии 15.09.2020

МОДЕЛИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УДОБСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЧЕЛОВЕК-КОМПЬЮТЕРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

А. А. Гордеев

Качество программного обеспечения в части нефункциональных требований описывается моделью качества программного обеспечения (ПО). Наиболее известная и авторитетная модель качества ISO/IEC 25010 включает 8 соответствующих характеристик: функциональная пригодность, производительность, совместимость, удобство использования, надежность, безопасность, сопровождаемость и переносимость. Материалы статьи ограничиваются только качеством ПО в части характеристики удобства использования. Характеристика удобства использования программного обеспечения должна включать подхарактеристики, присущие качеству интерфейса пользователя, с одной стороны, как статического объекта, а с другой стороны, подхарактеристики процесса взаимодействия с пользователем – человеко-компьютерное взаимодействие. Существующие модели качества и оценки качества удобства использования не объединяют в себе элементы качества самого интерфейса пользователя и пользовательского взаимодействия. В статье предлагаются модели качества и оценки качества удобства использования интерфейса ПО для человеко-компьютерном взаимодействии, которые объединяют в себе характеристики, присущие непосредственно интерфейсу пользовате-

ля, и характеристики человеко-машинного взаимодействия. Такие модели взаимосвязаны между собой за счет единой номенклатуры подхарактеристик. Модель оценивания качества удобства использования интерфейса для человеко-компьютерном взаимодействии состоит из двух частей и включает множество метрик и показателей, которые соответствуют обозначенным подхарактеристикам. Целью статьи является разработка модели качества удобства использования интерфейса ПО для человеко-компьютерном взаимодействии и соответствующей модели оценки ее качества, которые бы объединили в себе подхарактеристики качества пользовательского интерфейса и подхарактеристики качества его взаимодействия с пользователем. Объектом исследования являются подхарактеристики удобства использования интерфейса ПО для человеко-компьютерном взаимодействии. Идея разработки модели базируется на результатах анализа следующих стандартов: ISO/IEC 25010, ISO/IEC 25022 и ISO/IEC 25022. Положения (подхарактеристики и метрики) указанных стандартов учтены при формировании основного материала данной статьи. Таксономия метрик и показателей формировалась на основе объединения метрик из стандартов ISO/IEC 25022, ISO/IEC 25023 и авторских метрик. Как результат, в данной работе предлагается модель качества удобства использования интерфейса ПО для человеко-компьютерном взаимодействии и модель оценки качества удобства использования интерфейса ПО для человеко-компьютерном взаимодействии.

Ключевые слова: удобство использования ПО; человеко-компьютерное взаимодействие; метрики удобства использования; стандарт ISO / IEC 25010; стандарт ISO / IEC 25022; стандарт ISO / IEC 25022.

A MODELS AND ASSESSMENT OF QUALITY OF HUMAN-COMPUTER INTERACTION SOFTWARE INTERFACE USABILITY

Oleksandr Gordieiev

The software quality model describes software quality in terms of non-functional requirements. The most well-known and authoritative quality model ISO/IEC 25010, includes 8 related characteristics: functionality, performance, compatibility, usability, reliability, security, maintainability, and portability. The article materials are limited only by the quality of the software in terms of usability characteristics. The characteristic of the usability of the software should include subcharacteristics inherent in the quality of the user interface, on the one hand, as a static object, and on the other hand, subcharacteristics of the process of interaction with the user – human-computer interaction. Existing quality models and usability assessments do not combine the quality elements of the user interface itself and the user experience. The article proposes models of quality and quality assessment of the usability of the software interface of human-computer interaction, which combine the characteristics inherent directly to the user interface and the characteristics of human-computer interaction. Such models are interconnected due to a single nomenclature of subcharacteristics. The model for assessing the quality of software usability consists of two parts and includes many metrics and indicators that correspond to the indicated sub-characteristics. The purpose of the article is to develop a quality model of the usability of the software interface of human-computer interaction and a corresponding model for assessing its quality, which would combine the subcharacteristics of the quality of the user interface and the subcharacteristics of the quality of its interaction with the user. The object of the research is the subcharacteristics of the usability of the software interface of human-computer interaction. The idea of developing the model is based on the results of the analysis of the following standards: ISO / IEC 25010, ISO / IEC 25022, and ISO / IEC 25022. The provisions (subcharacteristics and metrics) of these standards were taken into account when forming the main material of this article. The taxonomy of metrics and indicators was formed by combining metrics from ISO / IEC 25022, ISO / IEC 25023, and proprietary metrics. As a result, this paper proposes a model for the quality of the usability of the software interface of human-computer interaction and a model for assessing the quality of the usability of the software interface of human-computer interaction.

Keywords: software usability; human-computer interaction; usability metrics; standard ISO / IEC 25010; standard ISO / IEC 25022; standard ISO / IEC 25022.

Гордєєв Олександр Олександрович – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри кібербезпеки ДВНЗ «Університет банківської справи», Київ, Україна.

Oleksandr Gordieiev – PhD, associate professor, head of cybersecurity department at Banking University, Kyiv, Ukraine,
e-mail: alex.gordeyev@gmail.com, Scopus Author ID: 56447150300, ORCID Author ID: 0000-0003-2517-9388, ResearchGate: Oleksandr_Gordieiev.