

## РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОБРОБКИ ДАНИХ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЯКОСТІ ПРОГРАМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА

У статті проведений аналіз існуючих моделей якості програмного забезпечення. Відібрана модель якості програмного забезпечення МакКола, в якій за певними факторами, критеріями та метриками були прийняті граничній точності компетенції експерта. В роботі проведене експертне оцінювання за визначеними критеріями якості програмного забезпечення. Запропонована модель обробки даних експертних оцінок для визначенні якості програм. В ході досліджень розроблено Автоматизоване робоче місце відповідальної особи за прийом якісних програм з урахуванням узагальненої середньої оцінки експертів, яке може бути використане при формуванні єдиного інформаційного середовища.

**Ключові слова:** обробка даних експертних оцінок, якість програмного забезпечення, модель якості програмного забезпечення.

### Постановка проблеми

Актуальність програмного забезпечення (ПЗ) для потреб різних галузей, а особливо військової, останнім часом набуває нового відтінку. Відомо, що в Міністерстві оборони України є програми, які необхідно розробляти чи модернізувати. Для військових є потреба у створенні єдиного інформаційного середовища (ЄІС) [1, 2]. Проекти по формуванню нового програмного проекту в рамках ЄІС можуть набути більшого дроблення, ніж це прийнято в державних структурах. Відтак, програмний глобалізм у самописному вигляді не є доцільним, особливо з ознаками ітераційного підходу. Вартість же придбаного “пакетного” складного готового рішення ПЗ є більш оправданим, а ніж залучення спеціалістів на створення його “з нуля”. Особливо це стосується складних систем зі двох- та багаторівневою архітектурою програмного комплексу. Також, спостерігається затримка відповідними посадовими особами у прийнятті рішення щодо промислової експлуатації дослідного зразку ПЗ одночасно за всіма функціональними напрямками. У першу чергу, це відбувається через відсутність концептуально відпрацьованої політики безпеки для захисту інформації в середині системи. На сьогодні запуск у промислову експлуатацію лише частини від запланованого раніше програмного проекту у Міністерстві оборони України з реалізованою системою комплексного захисту інформації свідчить про прийнятність переходу на по-функціональний запуск у промислову експлуатацію програмних проектів. Після цього ПЗ може доопрацьовуватися шляхом впровадження певних міні-проектів. Практичні приклади по створенню міні-проектів слід брати із цивільної бізнес-сфери суспільства. Такий проект по розробці чи налаштуванні ПЗ може бути ініційований на паралельному рівні функціонального підрозділу та підрозділу по супроводженню та розробці ПЗ. Слід зауважити, що в менших програмних проектах по створенню чи налаштуванню ПЗ легше контролювати безпеку програмного коду. Особливу, увагу звертаємо на захист від програмних вкладок, шкідливих кодів тощо. Придатність самого ПЗ, із врахуванням особливостей захищеності, як кінцевого продукту – це питання відповідності якості ПЗ до технічного завдання і воно повинне вирішуватися визначеними уповноваженими особами. Ці особи є (мають бути) *експертами*, які дають оцінку якості ПЗ. Саме в сфері оцінки якості ПЗ важливо не упустити очевидної правдивості думок незалежних експертів і не допустити неправдивості результатів (наприклад, фахова необізнаність, лобіювання інтересів, нехтування політикою безпеки тощо). Це стосується постановки свідомо завищеної чи заниженої оцінки певним експертом. Тому питання обґрунтування об’єктивних результатів роботи експертів по оцінці якості ПЗ при створенні ЄІС є актуальним.

**Ступінь розробленості проблеми.** Якість програмного забезпечення є суттєвою складовою при надійності ПЗ. Розкриттю особливостей найбільш широко застосованих моделей оцінки якості ПЗ за визначеними метриками присвячені праці [3, 4]. Щодо застосування методів експертної оцінки то дане питання відноситься до площини досліджень

Вороніна [5]. У джерелах наукових праць процес експертного оцінювання якості ПЗ описується з урахуванням сфери компетентності експертів та за умови стаціонарних ваг кожного з експертів за критеріями [6]. В даній роботі задачу щодо визначення якості ПЗ пропонується вирішити на основі методу обробки даних експертних оцінок в багатокритеріальних задачах [5].

**Метою статті** є визначення поняття якості ПЗ та побудова моделі оцінки вагових коефіцієнтів критеріїв якості ПЗ способом врахування неоднорідності складу експертів.

#### **Виклад основного матеріалу**

За останні роки програмування по справжньому перетворюється на інженерну дисципліну зі строгими прогнозованими і добре формалізованими процесами [7, 8].

Розробка ПЗ являє собою [9] знаходження оптимального співвідношення між наступними 4-ма характеристиками: витрати, час, якість та обсяг робіт. Відповідальні особи за проект визначають три із цих обмежень за характеристиками, а програмісти (особи відповідальні за працездатність ПЗ) – четверту. Якщо жорстко задати заздалегідь всі чотири змінні, то один з показників (частіше – якість або час) стає непередбачуваним. В рамках даної роботи детально зупинимося на “якості”.

Якість – змінна, що контролюється найважче. Найчастіше наполягаючи на збільшенні якості, можна завершити проект швидше, ніж заплановано або встигнути зробити більше за заданий інтервал часу. Наприклад, розробляючи певні тести, можна краще зрозуміти суть проблеми. При цьому треба розрізняти внутрішню і зовнішню якість. Зовнішня якість – це якість, виміром (валідацією) якої займається замовник. Внутрішня якість (технологія розробки) оцінюється розробником і програмістами. Нівелювання внутрішньою якістю на користь часу чи зовнішньої якості може обернутися значними втратами при супроводі чи модернізації ПЗ.

*Якість програмного забезпечення*, це 1) – характеристика програмного забезпечення, ступінь відповідності ПЗ до вимог [4]; 2) – набір властивостей продукту (сервісу або програм), що характеризують його здатність задовольнити встановлені або передбачувані потреби замовника [7]; 3) – є композитною характеристикою і може бути виражена адекватно лише певною структурованою системою характеристик або атрибутів, тобто моделлю якості.

Найбільшого поширення набули такі моделі якості ПЗ, як *МакКола*, *Боєма*, *ISO 9126*, *модель якості FURPS* та *модель Дрома*.

*Модель якості ПЗ МакКола* – стала першою і широко відомою моделлю. Вона була запропонована в 1977 р. МакКолом та ін. [10]. У ній характеристики якості розділені на три групи:

- фактори, що описують ПЗ з позиції користувача і задаються вимогами.
- критерії, що описують ПЗ з позиції розробника і задаються як цілі.
- метрики, використовуються для кількісного опису та вимірювання якості.

Фактори якості, яких було виділено 11, групують у три групи за різними способам роботи фахівців з ПЗ. Отримана структура зображується у вигляді трикутника (рис.1)

Умовно кожен фактор якості має критерії – числові рівні. Значення кожного критерію є граничним і визначається на початку розробки. Безпосередньо об'єктивно оцінити чи виміряти чинники якості досить важко, тому застосовують метрики, які полегшують вимірювання і оцінювання. Оцінки по шкалі МакКола приймають значення від 0 до 10. Нижче наведені двадцять метрик якості:

- Зручність перевірки на відповідність стандартам.
- Точність керування і обчислень.
- Ступінь стандартизованості інтерфейсів.
- Функціональна повнота.
- Незалежність від апаратної платформи.
- Повнота протоколювання помилок та інших подій.
- Модульність.
- Зручність роботи.

- Однорідність використовуваних правил проектування та документації.
- Ступінь стандартизованості форматів даних.
- Стійкість до помилок.
- Ефективність роботи.
- Розширюваність.
- Широта області потенційного використання.
- Захищеність.
- Самодокументованість.
- Простота роботи.
- Незалежність від програмної платформи.
- Можливість співвіднесення проекту з вимогами .
- Зручність навчання.

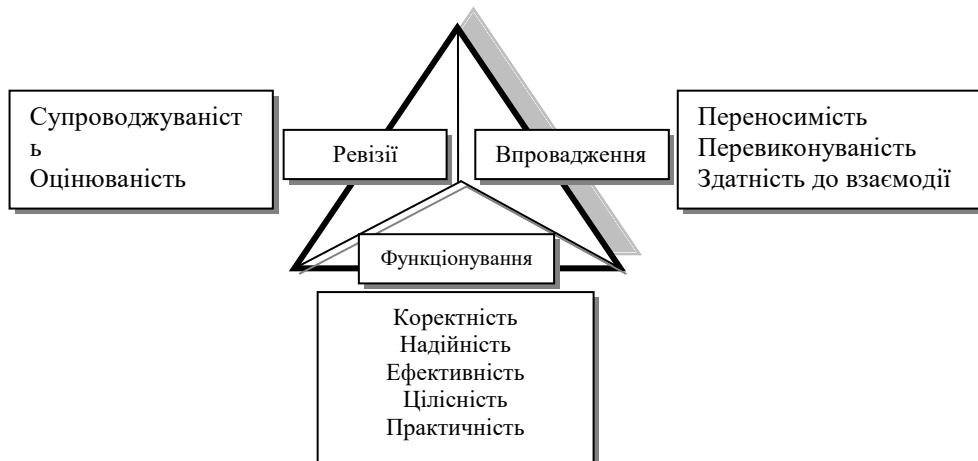


Рис.1. Трикутник факторів якості ПЗ МакКола

Кожна метрика впливає на оцінку декількох факторів якості. Числове вираження фактора являє собою лінійну комбінацію значень впливаючих на нього метрик. Коефіцієнти цього виразу визначаються по-різному для різних організацій, команд розробки, видів ПЗ, використовуваних процесів тощо.

Розглянемо додатково ряд моделей якості ПЗ.

*Модель якості ПЗ Боема.* У 1978 Боем [11, 12] запропонував свою модель, яка по суті являє собою розширення моделі МакКола. В ній атрибути якості підрозділяються за способом використання ПЗ. Визначено 19 проміжних атрибутів, що включають всі 11 факторів якості за МакКолем. Проміжні атрибути поділяються на примітивні, які, у свою чергу, можуть бути оцінені на основі метрик.

*Модель якості ПЗ ISO 9126* була прийнята у вигляді стандарту [13-16], яка додатково до факторів МакКола, атрибутів якості Боема включила наступні характеристики: ясність, зручність внесення змін, документованість, здатність до відновлення функцій, зрозумілість, адекватність, функціональність, універсальність. У ній оцінка якості ПЗ заснована на тривірневому поділі.

1 рівень – цілі – запланований вигляд ПЗ.

2 рівень – атрибути – властивості ПЗ, що показують наближення до цілей.

3 рівень – метрики – кількісні характеристики ступеню наявності атрибутів.

Список атрибутів моделі ISO 9126 має наступний вид:

*Функціональність:*

Придатність до певної роботи.  
Точність, правильність.  
Здатність до взаємодії.  
Відповідність стандартам і правилам.  
Захищеність.

*Надійність:*

Зрілість, завершеність.  
Стійкість до відмов.  
Здатність до відновлення працездатності при відмовах.  
Відповідність стандартам надійності.

*Практичність, зручність використання:*

Зрозумілість.  
Зручність навчання.  
Працездатність.  
Привабливість.  
Відповідність стандартам практичності.

*Ефективність:*

Тимчасові характеристики.  
Використання ресурсів.  
Відповідність стандартам ефективності.

*Супроводжуваність:*

Аналізованість.  
Змінність, зручність внесення змін.  
Ризик виникнення несподіваних ефектів при внесенні змін.  
Контрольованість, зручність перевірки.  
Відповідність стандартам супроводжуваності.  
Мобільність.  
Адаптованість.  
Зручність установки.  
Здатність до співіснування з іншим ПЗ.  
Зручність заміни іншого ПО даними.  
Відповідність стандартам мобільності.

Порівняння моделей МакКола, Боєма і ISO 9126 можна знайти в [17]. В даному аналізі остаточної переваги жодна модель над іншою не мала. Додатково, також зазначимо дві поширені моделі якості ПЗ.

*Модель якості FURPS*, запропонована в 1987 році. Ця модель за структурою схожа на моделі МакКола і Боєма, але в ній не приділяється достатня увага переносимості ПЗ.

*Модель Дрома*, запропонована в 1996 році. Вона відрізняється від прийнятого в 1991 році стандарту ISO чіткішим виділенням зв'язків між цілями, атрибутами і метриками якості. У рамках цієї моделі вперше вказується на необхідність розгляду характеристик процесу розробки ПЗ для оцінки якості отриманого продукту.

Оцінювання якості програмного продукту набуває особливого значення із розвитком і вдосконаленням методів обробки експертних знань. Ці обставини привели до необхідності розробки методів та інструментарію комплексного оцінювання об'єкту.

Основними методами визначення показників якості ПЗ для розрахунку узагальнених показників якості ПЗ є *експертний*, *реєстраційний* (отримання інформації під час випробувань і функціонування) і на підставі офіційної інформації, доступної про ПЗ з документації на неї, літератури та інтернету [7].

Для оцінювання якості ПЗ проаналізовано десять критеріїв, що найбільше всесторонньо характеризують ПЗ із позицій адаптованості до функціонального застосування і подальшого вдосконалення. В основу зазначеного набору покладені метрики *моделі якості ПЗ МакКола*. Важливо, що в даній моделі є рівнозначний такий критерій, як **захищеність**, що суттєво впливає на кібербезпеку ЄІС. Вагова шкала має діапазон оцінок від 1 до 10. В роботі [6] були відібрані критерії і початкові ваги експертів по кожному критерію наведені у табл. Приймаємо за допущення, те що початкові ваги, які були визначені емпіричним шляхом, відповідають граничній точності компетенції експерта.

Нехай, оцінка якості ПЗ може проводитися двома групами експертів: статичними експертами і динамічними експерти. До першої групи можуть відноситися уповноважені фахівці відповідальні за напрямки розробки. наприклад, 1) спеціаліст функціонального напрямку, 2) фахівець проектування користувальницьких інтерфейсів, 3) головний програміст. До другої групи відносять кінцевих користувачів ПЗ.

Ваги експертів за визначеними критеріями якості ПЗ

№ з/п	Критерії / Вага	Експерт функціонального напрямку	Експерт проектування інтерфейсів	Експерт з програмування	Кінцеві користувачі
1.	Стійкість до помилок	6	4	10	7
2.	Захищеність	8	6	8	4
3.	Функціональна повнота	10	3	9	6
4.	Точність керування і обчислень	8	5	9	7
5.	Зручність роботи	9	9	7	10
6.	Розширюваність	4	3	10	2
7.	Ступінь стандартності інтерфейсів	4	9	6	4
8.	Простота роботи	9	7	5	10
9.	Взаємодія і переносимість	5	3	10	2
10.	Зручність навчання	7	8	5	10

При вирішенні складних завдань необхідно враховувати, що кількість експертів часто є обмеженою величиною, а ступінь їх компетентності в даному питанні може бути різною. Неврахування цих обставин знижує достовірність і точність шуканих оцінок. Природно припустити, що точність і достовірність процедури експертних оцінок істотно зростають, якщо висловлювання кожного експерту будуть сприйматися з коефіцієнтом (вагою), що залежать від ступеня його компетентності в даному питанні. Ця вага може встановлюватися або на основі оцінок попередньої діяльності експерта, або за даними самооцінки, або з урахуванням кваліфікації, ерудиції, посади або звання експерта. Для визначення якості ПЗ по обраній моделі якості ПЗ необхідно проводити постійне уточнення оцінок. Більш надійна процедура, при якій компетентність експерта оцінюється саме безпосередньо в процесі вирішення конкретного завдання по оцінці ПЗ.

Тому, для достовірності результатів процедури виконання, необхідно мати діючу модель обробки даних експертних оцінок, а саме модель оцінки вагових коефіцієнтів узагальненого критерію якості ПЗ способом врахування неоднорідності складу експертів.

Для розробки цієї моделі використаємо методу запропоновану Вороніним в рамках синергетичної теорії комплексування даних – виявлення найбільш інформативних каналів і відмова від інших (механізм “редукторів ступенів свободи”).

При оцінці якості ПЗ в єдиному інформаційному середовищі, дані, що характеризують стан одного і того ж об'єкта метрики якості передаються декількома каналами. Проблема полягає у визначенні відносної міри достовірності даних, що надходять по кожному з каналів (від експертів) в поточний момент часу й у виробленні найбільш достовірної оцінки характеристики об'єкта (процесу) за наявною сукупності даних.

На чисельному прикладі розглянемо ситуацію коли  $m=4$  експертів (табл.1) оцінюють показник одного критерію (наприклад, “Стійкість до помилок”), певним балом за деякою шкалою оцінок [1...10]. Припустимо, задано: масив вихідних даних експертних оцінок:

$$A = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_j \\ \dots \\ a_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8 \\ 3 \\ 9 \\ 7 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Встановлюємо допуск достатньої точності оцінок – умову зупинки розрахунків:

$$\varphi^h = |a^h - a^{h-1}| \leq \varphi^* = 0,5 \quad (2)$$

Оскільки на початку ступінь довіри до експертів однакова – їх оцінки приймаються з одним коефіцієнтом. У результаті, виходить середня оцінка приймається, як оцінка першої ітерації. Ця операція визначення середнього в матричному вигляді являє собою множення матриці експертних оцінок зліва на одиничну  $m$ -матрицю-рядок  $E = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$ ; ділення добутку на кількість експертів:  $a^I = (1/m)EA$ , тобто  $a^I = 6,75$ .

Очевидно, що різниця між усередненою оцінкою (думкою більшості) і оцінкою, винесеної експертом, може служити підставою для зміни вагового коефіцієнта, з яким сприймається висновок даного експерта. Тим експертам, чия оцінка на першій ітерації ближче до середньої, необхідно підвищити коефіцієнт і, навпаки, експертам, оцінки яких далекі від середньої, його слід знизити. Умова, коли “істина” виявляється на стороні меншості – приймається за обмеження. Редуктори степенів свободи:

$$\delta_j^II = |a^I - a_j|, j \in [1, 4]. \quad (3)$$

$\delta_j^II$  – служить кількісним вираженням ступеня некомпетентності  $j$ -го експерта на другій ітерації. Відповідно  $\delta_{1..4}^II = 1,25; 3,75, 2,25, 0,25$ . Доцільно підібрати такі коефіцієнти  $k_j^II$ , які являли б собою функції, обернено пропорційні  $k_j^II = a / \delta_j^II$ ,  $a = const$ , за умови  $\sum_{j=1}^m k_j^II = m$ , звідси перевірка умов нормування:  $4=4$ .

Вагові коефіцієнти на другій ітерації

$$k_j^II = \left( \frac{m}{\delta_j^II} \right) / \sum_{i=1}^m \left( \frac{1}{\delta_i^II} \right) \quad (4)$$

Відповідно  $k_{1..4}^II = 0,58; 0,20; 0,32; 2,90$ .

Після цього виконується усереднення на другій ітерації вже з урахуванням компетентності експертів за результатами першої ітерації

$$a^II = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m k_j^II a_j \quad (5)$$

Процес третьої ітерації починається із встановлення міри

$$\delta^III = |a^III - a_j|, j \in [1, m], \quad (6)$$

і т.д.

Ітераційна процедура  $a^{(g)} = (1/m)K^{(g)}A$ ,  $g \in [1, h]$ ,  $K^I = E$  продовжується поки не виконається умова зупинки  $|a^{(h)} - a^{(h-1)}| \leq \varphi$ , де  $\varphi$  - задана мала величина. Порівнявши з (2) після другої ітерації маємо  $|6,75 - 7,11| > 0,05$  – умова не виконується. Але після третьої -  $|7,11 - 7,11| \leq 0,05$   $|6,75 - 7,11| > 0,05$  – умова виконалася. Відповідно, ваговими коефіцієнтами в третій ітерації стали значення  $k_{1..4}^III = 0,42; 0,09; 0,20; 3,29$ .

Результатом зазначеної ітераційної процедури є отримання уточненої оцінки визначеної з урахуванням різномірності у складі експертів, при цьому виявляється найбільш інформативний канал надходження даних експертних оцінок.

Отже, розходженість у вагових коефіцієнтах може свідчити про низький рівень інформативності каналу надходження даних експертних оцінок якості ПЗ ЄІС, а різниця середніх значень першої і останньої ітераціями  $\Delta a^h = |6,75 - 7,11| = 0,36$  свідчить про рівень адекватності загальної оцінки більшості експертів.

В рамках дослідження за даною тематикою роботи було розроблено у програмному середовищі Delphi Автоматизоване робоче місце відповідальної особи за прийом якісних програм з урахуванням узагальненої середньої оцінки експертів.

Відповідним чином, можливо розрахувати рівень адекватності експертів за критеріями якості ПЗ, такими, як “Захищеність”, “Функціональна повнота” тощо.

### Висновок

В роботі уточнене поняття якості та проведений аналіз моделей якості ПЗ. За допомогою обраної моделі якості ПЗ МакКола та визначеного з її складу критеріїв, була побудована модель обробки даних експертних оцінок для створення єдиного інформаційного середовища. А саме – оцінки вагових коефіцієнтів узагальненого критерію якості ПЗ способом врахування неоднорідності складу експертів. Був проведений пошук середнього значення експертних оцінок якості ПЗ в рамках теорії синергетичного комплексування даних за допомогою механізму редукторів степенів свободи. Даний спосіб впливає на обґрунтованість прийняття рішення щодо впровадження якісних і більш захищених програм.

Подальші дослідження слід присвятити аналізу існуючих моделей надійності програмного забезпечення.

### Література

1. Модель оцінки надійності програмної компоненти єдиного інформаційного середовища / В. Л. Шевченко, Ю. А. Кірпічников, В. А. Федорієнко [та ін.] // Збірник наукових праць ЦВСД НУОУ ім. І. Черняхівського. – 2014. – № 1 (50). – С. 144 – 151.
2. Підходи щодо оцінки надійності програмної компоненти головної системи єдиного інформаційного середовища / В. Л. Шевченко, Ю. А. Кірпічников, В. А. Федорієнко [та ін.] // К. : Збірник наукових праць ЦВСД НУОУ. – 2013. – №1(44) – С. 12–23.
3. В. В. Кулямин. Место тестирования среди методов оценки качества ПО / В. В. Кулямин, О. Л. Петренко. – М. : 2008. – Режим доступу : <http://software-testing.ru/library/5-testing/117-2008-10-13-19-25-13>.
4. Information technology – Software product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use (ISO/IEC 9126) : ISO/IEC 9126. 1991. – Geneva : International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, 1991. – (International Standard).
5. Воронин А. Н. Многокритериальные задачи: модели и методы / Воронин А. Н., Зиатдинов Ю. К., Кулинский М. В. – К. : НАУ, 2011. – 348 с. – (Монографія).
6. Моргун І. А. Метод експертної оцінки якості програмного забезпечення / І. А. Моргун // Інженерія програмного забезпечення. – Вінниця: 2007. – № 2(6). – С. 33-37.
7. Ханджян А. О. Повышение надежности программного обеспечения информационно-измерительных и управляющих систем безопасности ядерных радиационно-опасных объектов : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.11.16 “Информационно-измерительные и управляющие системы” / А. О. Ханджян. – М., 2006. – 27 с.
8. Дубова Н. Учимся работать с Rational / Н. Дубова // Открытые системы. – 2003. – № 4. – С. 54 — 57.
9. Бек К. Экстремальное программирование / Бек К — М. : Питер, 2002. — 220 с.
10. J. McCall. Factors in Software Quality : (three volumes, NTIS AD-A049-014, AD-A049-015, AD-A049-055) [Електронний ресурс] / J. McCall, P. Richards, G. Walters. – New York: United States Air Force Hanscom AFB, 1978. – с. 168. – Режим доступу : <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a049014.pdf>.
11. Characteristics of Software Quality / B. W. Boehm, J. R. Brown, H. Kaspar [таін.] // Amsterdam: North Holland. – 1978.
12. Boehm B. Software Risk Management / Boehm B. – Michigan: Computer Society Press, 1989. – р. 496.
13. Липаев В. В. Качество программного обеспечения / Липаев В. В. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 264 с.
14. Software engineering – Software product quality – Part 1: Quality model (ISO/IEC 9126-1) : ISO/IEC 9126. 2001. – Geneva : International Organization for Standardization, 2001. – (International Standard).
15. Software engineering – Software product quality – Part 2: External metrics (ISO/ IEC DTR 9126-2) : ISO/ IEC DTR 9126-2. 2001. – Geneva : International Organization for Standardization, 2001. – (International Standard).