

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ДОСТАТНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ ЗВАЖЕНОЇ ОНТОЛОГІЇ

У статті вперше розроблено метод оцінювання вагових коефіцієнтів атрибутів якості програмного забезпечення та метод оцінювання достатності інформації для визначення якості програмного забезпечення (за стандартом ISO 25010) на основі зваженої онтології, які дають можливість зменшити розмір розриву у знаннях про програмну систему, що призводить до підвищення якості та безпеки програмної системи.

Ключові слова: програмне забезпечення (ПЗ), специфікація вимог до ПЗ, якість програмного забезпечення, онтологія, зважена онтологія, ISO 25010:2011.

T.O. NOVORUSHCHENKO, O.V. IVANOV, O.O. PAVLOVA
Khmelnitsky National University

METHOD OF EVALUATION OF SUFFICIENCY OF INFORMATION FOR THE SOFTWARE QUALITY ASSESSMENT BASED ON WEIGHTED ONTOLOGY

The article describes the first time developed method of evaluation of weights of software quality measures and method of evaluation of sufficiency of information for the software quality assessment based on weighted ontology, that provide to decrease the size of gap of knowledge about software system, that leads to increasing the software quality and safety. The method of evaluation of weights of software quality measures provides the evolutions of weights of software quality measures and the conclusion about the existence of which measures in SRS are necessary to ensure the appropriate level of veracity assessment of software quality. The method of evaluation of sufficiency of information for the software quality assessment based on weighted ontology provides the sorting of all absent in the SRS software quality measures in descending order the values of their weights, i.e. to prioritize their amendments in the software requirements specification.

Keywords: software, software requirements specification (SRS), software quality, ontology, weighted ontology, ISO 25010:2011.

Вступ

Найбільш використовуваною моделлю для оцінки якості ПЗ є модель якості зі стандарту ISO 25010 [1]. Модель ISO 25010 пропонує оцінити якість ПЗ як функцію від восьми характеристик, кожна з яких є функцією декількох підхарактеристик (всього 31 підхарактеристика), але підхарактеристики, в свою чергу, є функціями від декількох атрибутів – рис. 1. Аналіз робіт [2–5] та стандарту ISO 25023 [6] дав можливість визначити залежність підхарактеристик якості від атрибутів – наразі існує залежність характеристик та підхарактеристик якості ПЗ від 203 атрибутів (таблиця 1), але є атрибути, від яких залежать більше однієї підхарактеристики та характеристики якості ПЗ. Основна ідея полягає в тому, що оцінювання якості, а також її характеристик та підхарактеристик слід проводити комплексно, з врахуванням всіх зазначених характеристик, підхарактеристик та атрибутів відповідно.



Рис. 1. Оцінювання якості ПЗ

Таблиця 1

Кількість підхарактеристик та атрибутів для характеристик якості ПЗ

Характеристика якості ПЗ	Кількість підхарактеристик	Кількість атрибутів
Функційна придатність (Functional Suitability)	3	15
Ефективність (Performance Efficiency)	3	26
Зручність використання (Usability)	6	49
Надійність (Reliability)	4	30
Сумісність (Compatibility)	3	18
Захищеність (Security)	5	23
Супроводжуваність, ремонтпридатність (Maintainability)	5	33
Можливість переносу (Portability)	2	9

Сьогодні оцінювання атрибутів якості відбувається лише на етапі оцінювання якості ПЗ для готового програмного коду. Але всі атрибути якості закладено вже у специфікації вимог до ПЗ, тобто вже на основі специфікації вимог до ПЗ можна оцінити достатність інформації для майбутнього визначення якості

ПЗ і за відсутності важливих атрибутів внести необхідні корективи у специфікацію вимог.

Для усунення проблеми суб'єктивного оцінювання та формального задоволення якості було побудовано формалізовану модель якості ПЗ [7] за стандартом [1], яка доводить важливість оцінки взаємовпливу характеристик, а не лише впливу кожної окремої характеристики на якість ПЗ, тобто важливість враховувати як ступінь вираженості характеристик і підхарактеристик якості, так і їх значущість. Однією з проблем моделей якості є саме визначення значущості характеристик якості [8]. Характеристики якості можуть впливати одна на одну. Існування взаємозв'язків між характеристиками та підхарактеристиками впливає на значущість та вагу характеристик якості ПЗ [8]. Тому перспективним подальшим напрямком досліджень є виявлення спільних атрибутів для характеристик і підхарактеристик якості ПЗ, визначення значущості атрибутів якості ПЗ і забезпечення атрибутів якості ПЗ у специфікації вимог до ПЗ з врахуванням одержаних вагових коефіцієнтів значущості.

Отже, *актуальною* є задача оцінювання вагових коефіцієнтів атрибутів якості ПЗ на основі виявлення ступеня взаємовпливів характеристик та підхарактеристик якості ПЗ за атрибутами (на основі стандарту ISO 25010 [1]), а також оцінювання достатності інформації для визначення якості програмного забезпечення (за стандартом ISO 25010 [1]) на основі зваженої онтології.

Метод оцінювання вагових коефіцієнтів атрибутів якості програмного забезпечення

Можливість прояву взаємної кореляції характеристик та підхарактеристик при використанні їх у моделі якості ПЗ є однією з основних властивостей базової онтології, тому для подальшої роботи використаємо базову онтологію предметної галузі «Інженерія програмного забезпечення» (частина «Якість ПЗ»), представлену у [9].

Метод оцінювання вагових коефіцієнтів атрибутів якості програмного забезпечення складається з наступних кроків:

- 1) визначення спільних атрибутів для характеристик якості ПЗ на основі представленої у [9] базової онтології;
- 2) виявлення взаємовпливів характеристик якості ПЗ;
- 3) визначення спільних атрибутів для підхарактеристик якості ПЗ на основі представленої у [9] базової онтології;
- 4) виявлення взаємовпливів підхарактеристик якості ПЗ;
- 5) виявлення атрибутів, від яких залежать більше однієї підхарактеристики та характеристики якості;
- 6) розрахунок вагових коефіцієнтів атрибутів якості ПЗ на основі кількості підхарактеристик та характеристик, які залежать від цих атрибутів.

Побудована у [9] базова онтологія дала можливість визначити спільні атрибути для характеристик якості програмного забезпечення: 1) атрибут «час роботи (Operation time)» входить до підхарактеристик всіх восьми характеристик якості; 2) атрибут «кількість функцій (Number of functions)» входить до Функційної придатності, Надійності, Зручності використання, Супроводжуваності, Сумісності, Можливості переносу; 3) атрибут «кількість елементів даних (Number of data items)» входить до Функційної придатності, Ефективності, Супроводжуваності, Захищеності, Сумісності, Можливості переносу; 4) атрибут «кількість збоїв (Number of faults)» входить до Надійності, Можливості переносу; 5) атрибут «кількість відмов (Number of failures)» входить до Надійності, Ефективності, Супроводжуваності, Сумісності; 6) атрибут «кількість тестових випадків (Number of test cases)» входить до Надійності, Супроводжуваності, Захищеності; 7) атрибут «кількість фіксованих відмов (Number of resolved failures)» входить до Надійності, Супроводжуваності; 8) атрибут «кількість недозволенних операцій (Number of illegal operations)» входить до Надійності, Захищеності; 9) атрибути «кількість задач (Number of tasks)», «кількість помилок введення-виведення (Number of IO-related errors)» входять до Ефективності, Зручності використання.

Кількість спільних атрибутів для характеристик якості представлені у таблиці 2 (ФП – Функційна придатність, Н – Надійність, ЗВ – Зручність використання, З – Захищеність, Е – Ефективність, С – Супроводжуваність, МП – Можливість переносу, См – Сумісність).

Таблиця 2

Попарне порівняння характеристик якості ПЗ на предмет визначення кількості спільних атрибутів

	ФП	Н	ЗВ	З	Е	С	МП	См
ФП		2	2	2	2	3	3	3
Н	2		2	3	2	5	3	3
ЗВ	2	2		1	2	2	2	2
З	2	3	1		2	3	2	2
Е	2	2	2	2		3	2	3
С	3	5	2	3	3		3	4
МП	3	3	2	2	2	3		3
См	3	3	2	2	3	4	3	

На основі базової онтології було визначено спільні атрибути для підхарактеристик якості ПЗ:

- 1) характеристика Функційна придатність: підхарактеристики Функційна повнота, Функційна

доцільність мають 4 спільні атрибути («кількість функцій (Number of functions)», «повнота функційної реалізації (Functional implementation completeness)», «функційна адекватність (Functional adequacy)», «покриття функційної реалізації (Functional implementation coverage)»); підхарактеристики Функційна доцільність, Функційна коректність мають 2 спільних атрибути («час роботи (Operation time)», «точність (Precision)»);

2) характеристика Ефективність: підхарактеристики Поведінка у часі, Поведінка ресурсів мають 2 спільні атрибути («час роботи (Operation time)», «кількість оцінок (Number of evaluations)»); підхарактеристики Поведінка у часі, Ємність мають 1 спільний атрибут («середнє значення пропускну́ї здатності (Mean amount of throughput)»);

3) характеристика Зручність використання: підхарактеристики Можливість вивчення, Керованість мають 2 спільних атрибути («кількість функцій (Number of functions)», «час роботи (Operation time)»); підхарактеристика Розпізнавання доцільності має 1 спільний атрибут («кількість функцій (Number of functions)») з підхарактеристиками Можливість вивчення, Керованість; підхарактеристики Керованість, Захист від помилок користувача мають 1 спільний атрибут («кількість помилок або змін користувача (Number of user errors or changes)»); підхарактеристики Керованість, Естетичність інтерфейсу користувача мають 1 спільний атрибут («кількість елементів інтерфейсу (Number of interface elements)»);

4) характеристика Надійність: підхарактеристики Зрілість, Наявність (доступність), Відновлюваність мають 1 спільний атрибут («час роботи (Operation time)»); підхарактеристики Зрілість, Відмовостійкість мають 2 спільних атрибути («кількість відмов (Number of failures)», «кількість тестових випадків (Number of test cases)»); підхарактеристики Відмовостійкість, Відновлюваність мають 1 спільний атрибут («кількість несправностей (Number of breakdowns)»);

5) характеристика Сумісність: підхарактеристики Співіснування, Взаємодія мають 1 спільний атрибут («час роботи (Operation time)»);

6) характеристика Захищеність: підхарактеристики Конфіденційність, Цілісність мають 8 спільних атрибутів («час роботи (Operation time)», «кількість недозволених операцій (Number of illegal operations)», «кількість тестових випадків (Number of test cases)», «кількість випадків пошкодження даних (Number of instances of data corruption)», «кількість елементів даних (Number of data items)», «кількість типів доступу (Number of access types)», «кількість контрольованих вимог (Number of controllability requirements)», «керованість доступу (Access controllability)»);

7) характеристика Супроводжуваність: підхарактеристики Модульність, Можифікованість мають 3 спільних атрибути («час роботи (Operation time)», «кількість фіксованих відмов (Number of resolved failures)», «кількість функцій (Number of functions)»); підхарактеристика Тестованість має 2 спільних атрибути («час роботи (Operation time)», «кількість фіксованих відмов (Number of resolved failures)») з підхарактеристиками Модульність, Модифікованість; підхарактеристики Модульність, Аналізованість мають 1 спільний атрибут («кількість відмов (Number of failures)»); підхарактеристики Аналізованість, Модифікованість мають 1 спільний атрибут («час помилки (Error time)»);

8) характеристика Можливість переносу: підхарактеристики Адаптованість, Можливість заміни мають 2 спільних атрибути («кількість функцій (Number of functions)», «кількість елементів даних (Number of data items)»); підхарактеристики Адаптованість, Можливість інсталяції мають 1 спільний атрибут («кількість збоїв (Number of faults)»).

У [8] доведено, що існування взаємозв'язків між характеристиками та підхарактеристиками впливає на значущість характеристик якості ПЗ, котра виражається у вигляді вагових коефіцієнтів. Для подальшого розвитку методики оцінювання вагових коефіцієнтів характеристик якості ПЗ (за стандартом ISO 25010), необхідно оцінити вагові коефіцієнти атрибутів, на основі яких ці характеристики визначаються.

Враховуючи той факт, що є атрибути, від яких залежать більше однієї підхарактеристики якості ПЗ, для оцінки вагового коефіцієнту i -го атрибуту використаємо наступний вираз:

$$\omega_{m_i} = \frac{k_{sch_{m_i}}}{k_m}, \quad (1)$$

де $k_{sch_{m_i}}$ – кількість підхарактеристик, які залежать від i -го атрибуту; k_m – загальна кількість атрибутів (на сьогодні $k_m = 203$).

Вагові коефіцієнти атрибутів, які використовуються для обчислення більше однієї підхарактеристики, представлені у таблиці 3.

Оскільки всі інші атрибути використовуються при обчисленні лише однієї підхарактеристики якості, то вагові коефіцієнти решти атрибутів дорівнюють 1/203.

При оцінюванні характеристик якості ПЗ для забезпечення відповідного рівня достовірності важливо задовольнити наявність у специфікації вимог до програмного забезпечення тих атрибутів, які мають більші вагові коефіцієнти. Чисельник вагового коефіцієнту атрибуту якості вказує на кількість підхарактеристик або характеристик якості ПЗ, які неможливо обчислити без даного атрибуту

Вагові коефіцієнти спільних атрибутів

Атрибут	Ваговий коефіцієнт	Атрибут	Ваговий коефіцієнт
Кількість функцій	11/203	Покриття функційної реалізації	2/203
Повнота функційної реалізації	2/203	Час роботи	17/203
Функційна адекватність	2/203	Точність	2/203
Кількість елементів даних	8/203	Кількість задач	2/203
Кількість відмов	6/203	Кількість помилок, пов'язаних з введенням-виведенням	2/203
Кількість тестових випадків	5/203	Кількість випадків пошкодження даних	2/203
Кількість несправностей	2/203	Кількість типів доступу	2/203
Кількість збоїв	3/203	Кількість контрольованих вимог	2/203
Кількість фіксованих відмов	4/203	Керованість доступу	2/203
Кількість недозволенних операцій	3/203	Кількість оцінок	2/203
Кількість помилок користувача або змін	2/203	Середнє значення пропускну здатності	2/203
Кількість елементів інтерфейсу	2/203	Час помилки	2/203

Метод оцінювання достатності інформації для визначення якості ПЗ (за стандартом ISO 25010 [1]) на основі зваженої онтології

При оцінюванні якості ПЗ за стандартом ISO 25010:2011 для забезпечення відповідного рівня достовірності важливо задовольнити наявність у специфікації вимог до програмного забезпечення тих атрибутів, які мають більші вагові коефіцієнти.

Визначення 1. Зваженою онтологією предметної галузі «Інженерія ПЗ» в частині «Якість ПЗ» називатимемо онтологію, в якій атрибути якості ПЗ мають вагові коефіцієнти з метою рекомендації подальшого задоволення цих атрибутів у специфікації вимог до ПЗ.

Метод оцінювання достатності інформації для визначення якості програмного забезпечення (за стандартом ISO 25010:2011) на основі зваженої онтології складається з наступних кроків:

- 1) побудова зваженої базової онтології для предметної галузі «Інженерія ПЗ» в частині «Якість ПЗ»;
- 2) аналіз специфікації вимог до ПЗ конкретного програмного проекту на предмет наявності атрибутів, необхідних для визначення підхарактеристик та характеристик якості програмного проекту та ПЗ;
- 3) розроблення онтології для визначення якості конкретного програмного забезпечення;
- 4) порівняння розробленої онтології для визначення якості конкретного програмного забезпечення із зваженою базовою онтологією для визначення якості ПЗ, складові частини якої наведені на рис. 2–9;
- 5) виявлення атрибутів, які відсутні в онтології для визначення якості конкретного ПЗ; сортування відсутніх атрибутів за спаданням значень вагових коефіцієнтів; при цьому чисельник вагового коефіцієнту кожного відсутнього атрибуту якості вказує на кількість підхарактеристик або характеристик якості ПЗ, які неможливо обчислити без даного атрибуту;
- 6) виявлення підхарактеристик та характеристик якості, які неможливо обчислити на основі наявних атрибутів;
- 7) прийняття рішення про необхідність доповнення специфікації вимог до ПЗ необхідними атрибутами за наявності підхарактеристик та характеристик, значення яких неможливо визначити на основі наявних у специфікації атрибутів; при цьому першими повинні розглядатись та вноситись у специфікацію атрибути з більшими ваговими коефіцієнтами (перші у сортованому списку відсутніх атрибутів);
- 8) повторення етапів 2–7 доти, доки не стане можливим визначити всі підхарактеристики та характеристики якості, або доки не буде сформовано висновок, що наявних даних достатньо для визначення якості ПЗ з певною достовірністю.

На основі базової онтології для предметної галузі «Інженерія ПЗ», представленої у [9], побудуємо зважену базову онтологію, у котрій є інформація щодо вагових коефіцієнтів атрибутів якості програмного забезпечення (рис. 2–9).

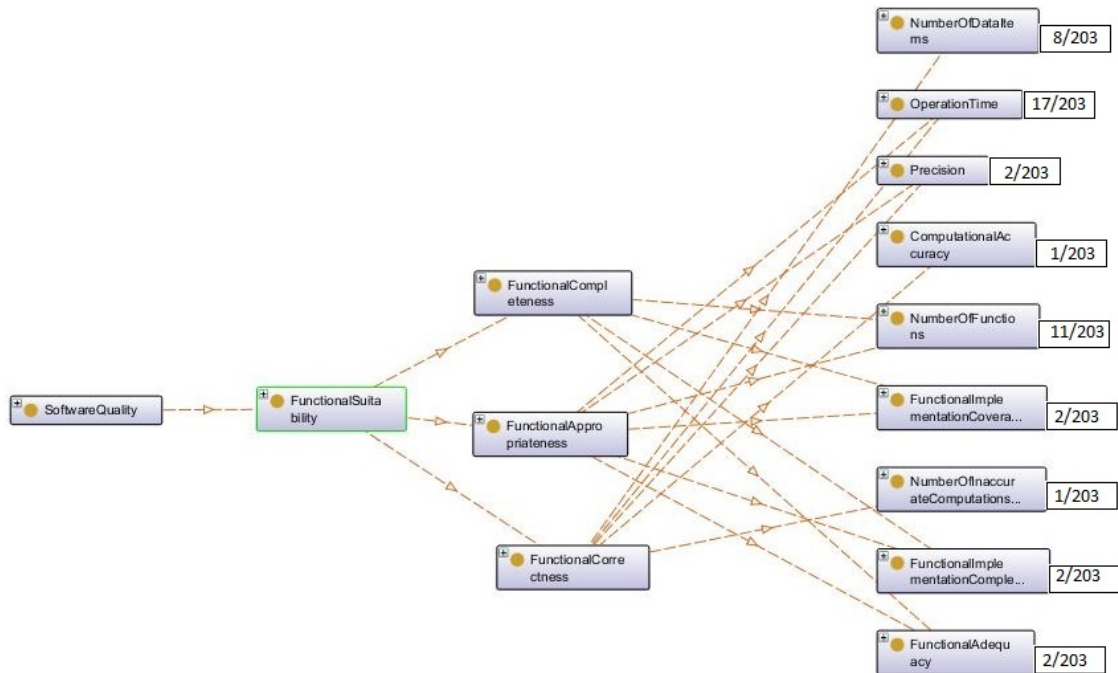


Рис. 2. Зважена базова онтологія для Функційної придатності

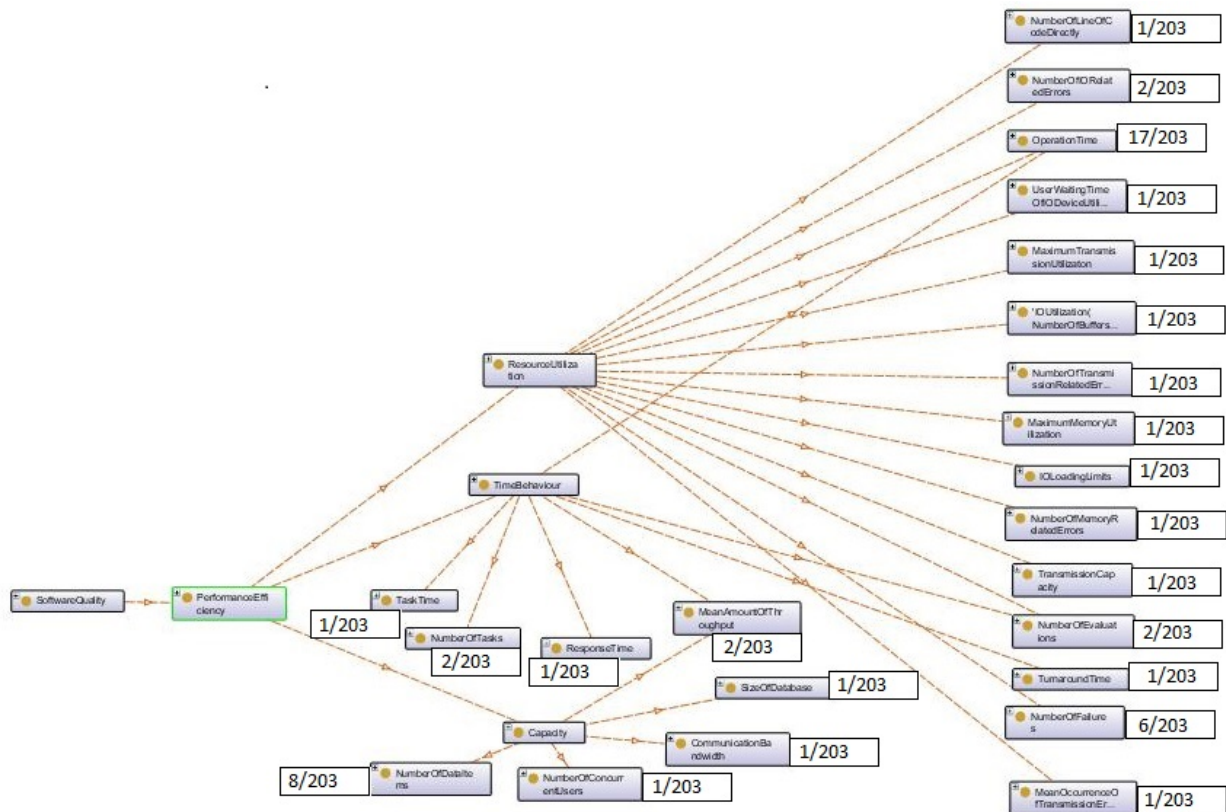


Рис. 3. Зважена базова онтологія для Ефективності

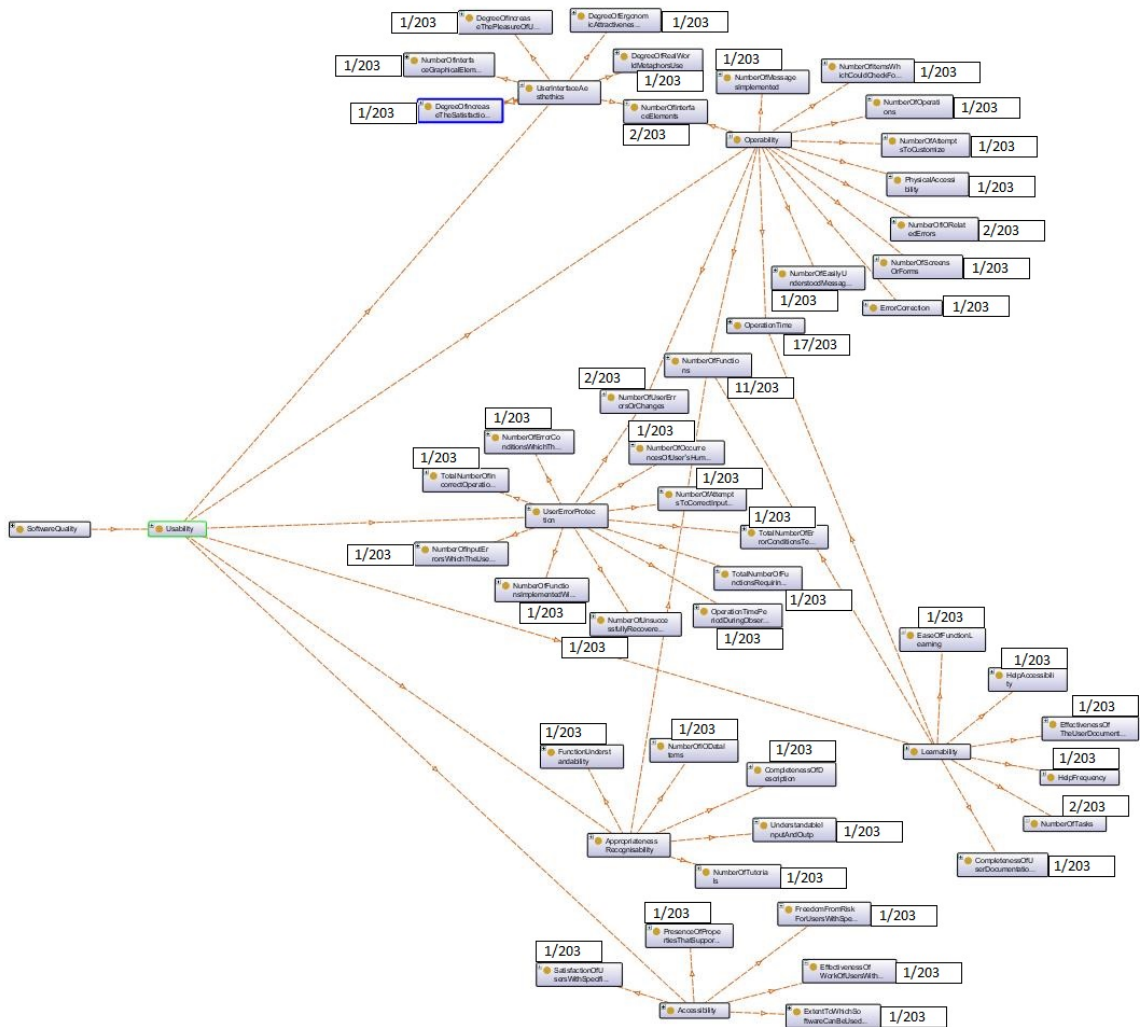


Рис. 4. Зважена базова онтологія для Зручності використання

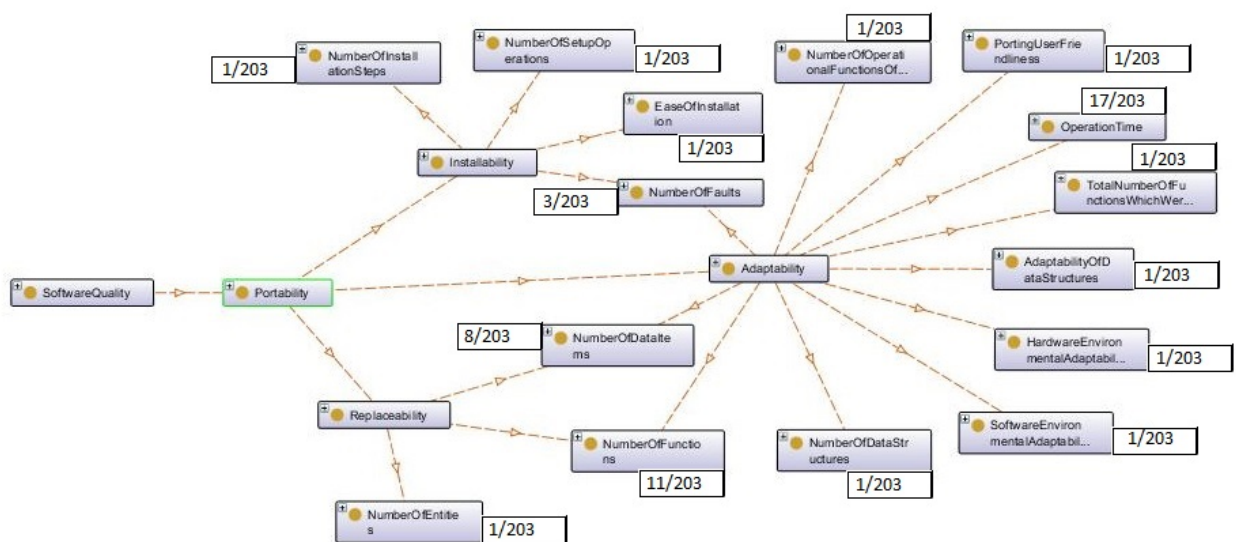


Рис. 5. Зважена базова онтологія для Можливості переносу

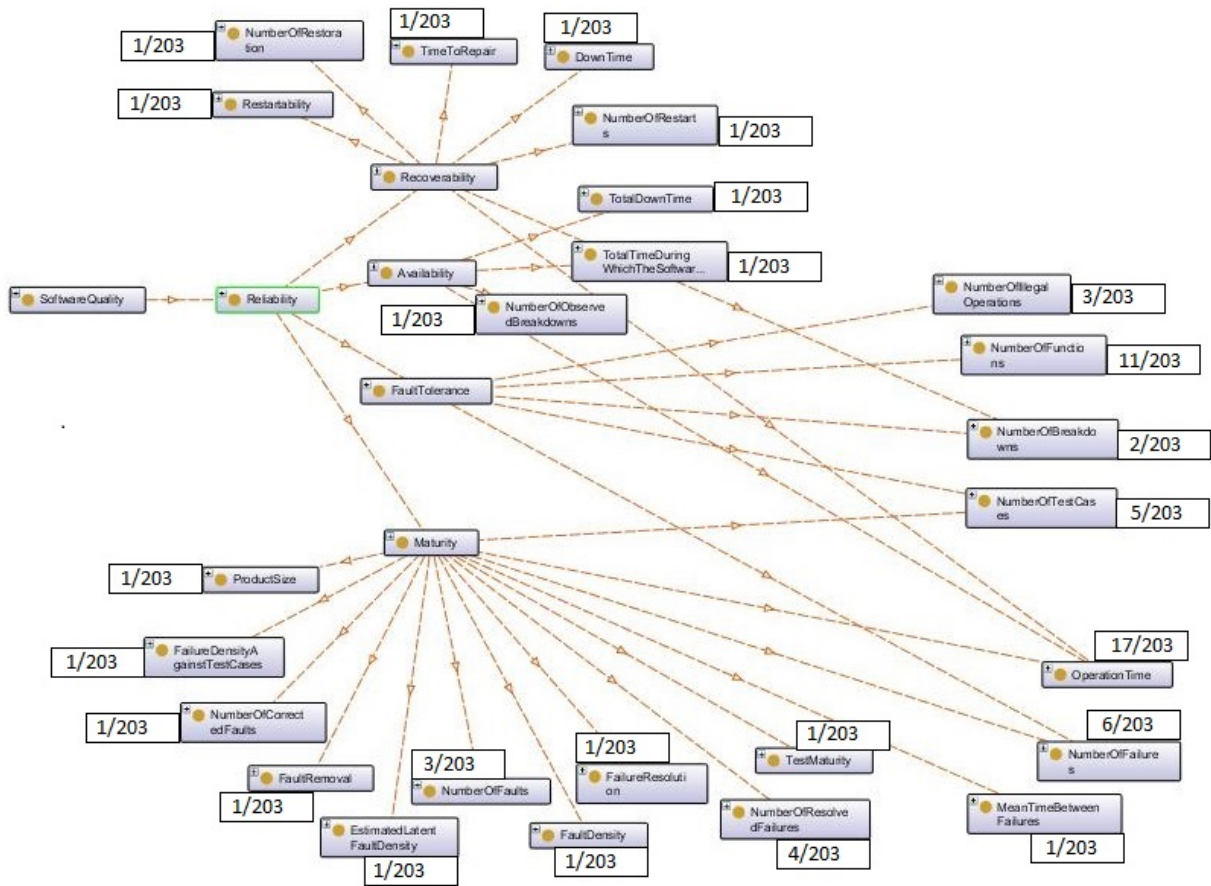


Рис. 6. Зважена базова онтологія для Надійності

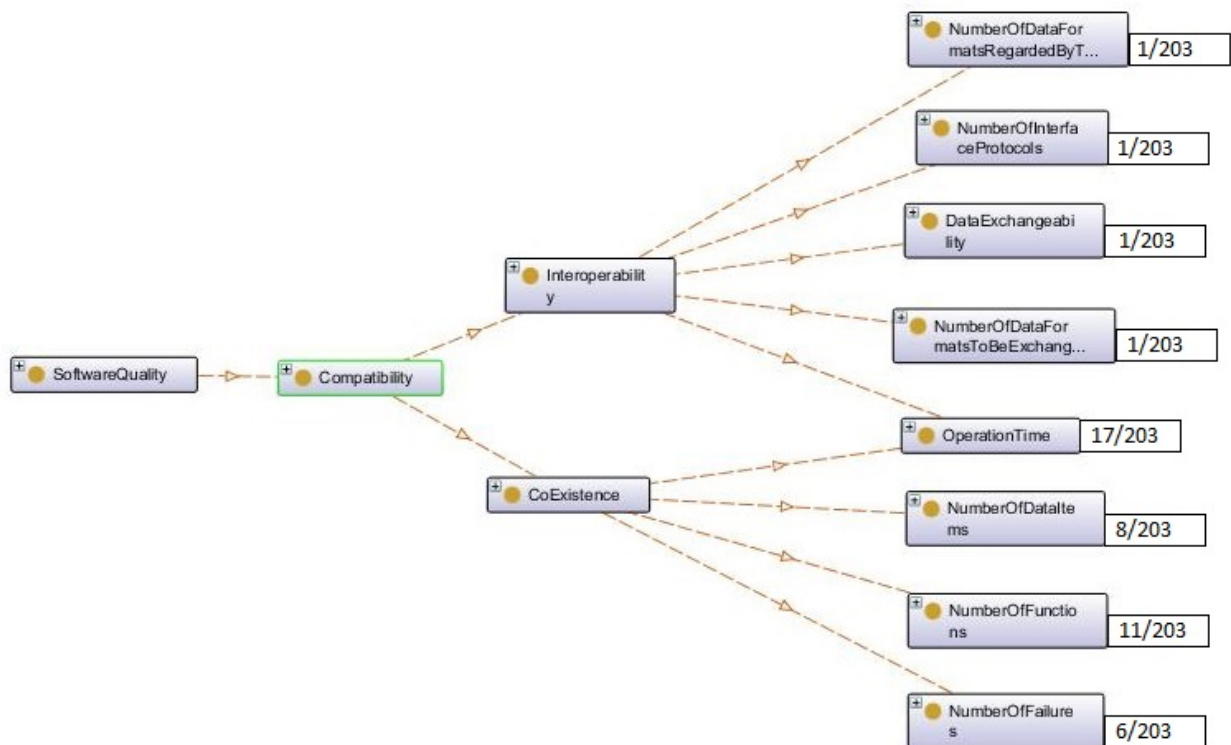


Рис. 7. Зважена базова онтологія для Сумісності

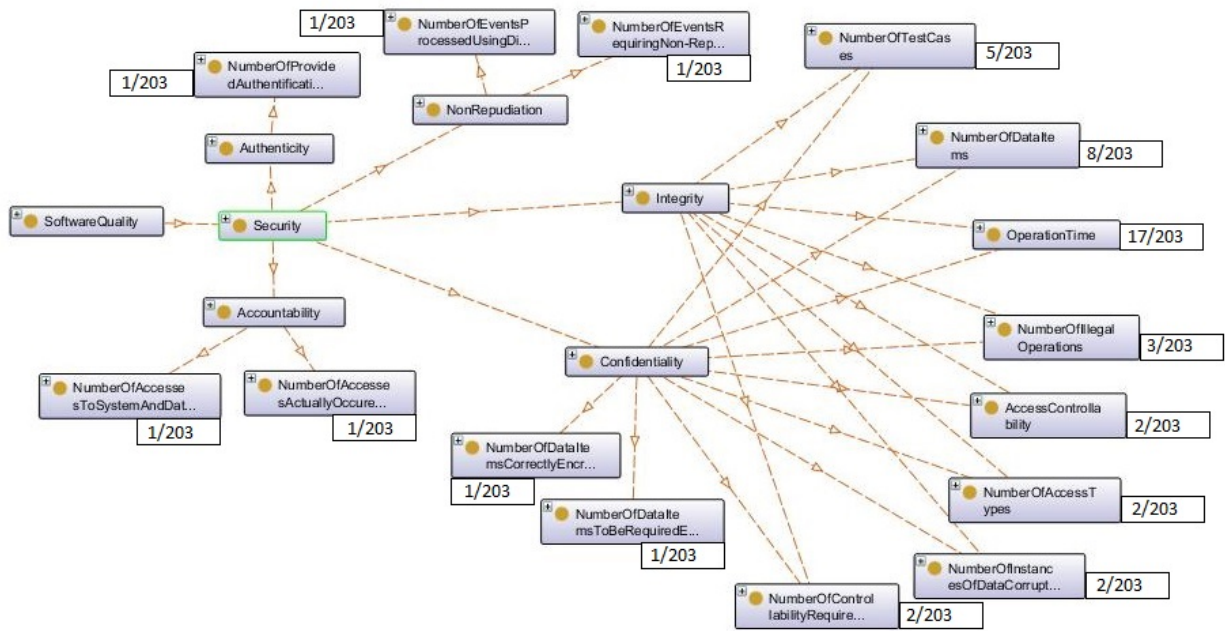


Рис. 8. Зважена базова онтологія для Захищеності

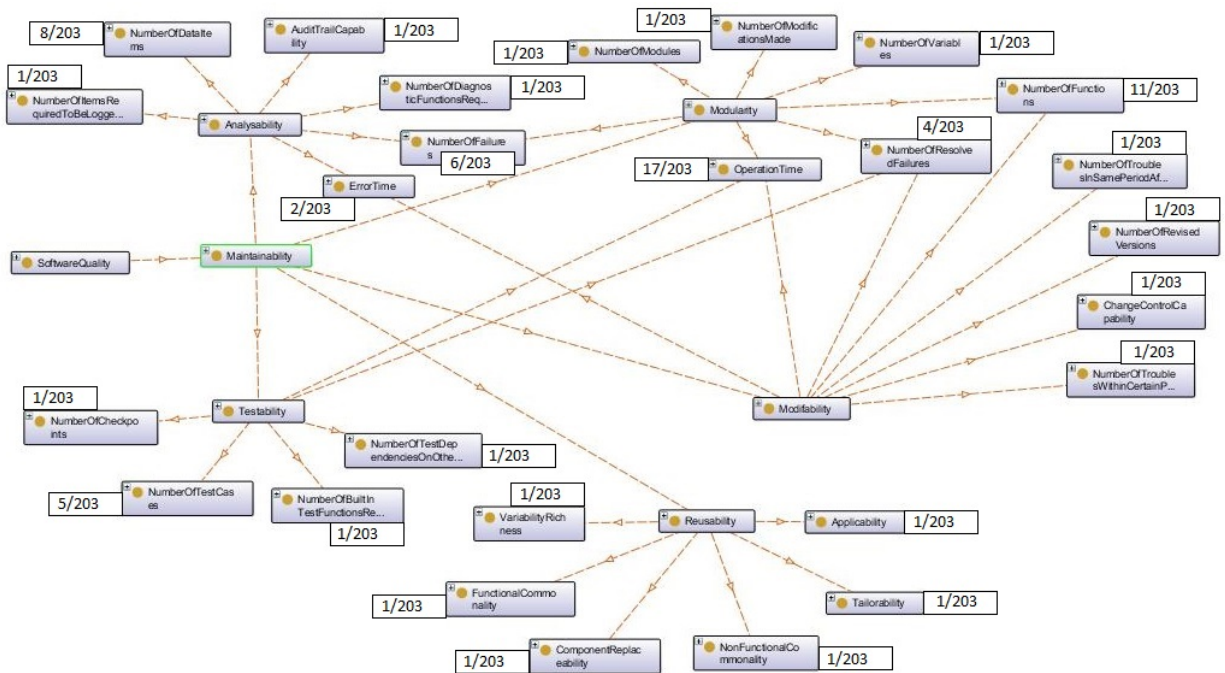


Рис. 9. Зважена базова онтологія для Супроводжуваності

Позначення вагових коефіцієнтів атрибутів якості ПЗ у базовій онтології дає можливість відсортувати всі відсутні у специфікації вимог до ПЗ атрибути якості за спаданням значень вагових коефіцієнтів, тобто встановити пріоритетність їх доповнення у специфікацію вимог до ПЗ.

Оцінювання достатності інформації для визначення якості програмного забезпечення за специфікацією вимог до ПЗ автоматизованої системи широкоформатного фотодруку (з використанням зваженої онтології)

Проведемо експеримент зі специфікацією вимог до ПЗ автоматизованої системи (АС) широкоформатного фотодруку із використанням методу оцінювання достатності інформації для визначення якості програмного забезпечення (за стандартом ISO 25010 [1]) на основі зваженої онтології.

Результати першого етапу методу представлені на рис. 2–9. Після аналізу специфікації вимог до ПЗ автоматизованої системи широкоформатного фотодруку було розроблено онтологію для визначення якості ПЗ цієї автоматизованої системи – ці результати представлено у [9].

Порівняльний аналіз базової онтології та онтології для ПЗ АС широкоформатного фотодруку показав, що у онтології, розробленій для ПЗ автоматизованої системи широкоформатного друку, відсутні 4 атрибути: «кількість функцій (Number of functions)», «час роботи (Operation time)», «кількість елементів

даних (Number of data items)», «кількість тестових випадків (Number of test cases)». Відтак неможливо обчислити 23 підхарактеристики якості ПЗ, всі характеристики якості ПЗ з високим рівнем достовірності та відповідно неможливо визначити якість проекту та розроблюваного ПЗ з високим рівнем достовірності.

Проведемо сортування відсутніх у специфікації вимог до ПЗ автоматизованої системи широкоформатного друку атрибутів якості за спаданням значень вагових коефіцієнтів – таблиця 4.

Таблиця 4

Список відсутніх у специфікації атрибутів якості ПЗ за спаданням значень вагових коефіцієнтів

№	Атрибут якості	Ваговий коефіцієнт
1	Час роботи (Operation time)	17/203
2	Кількість функцій (Number of functions)	11/203
3	Кількість елементів даних (Number of data items)	8/203
4	Кількість тестових випадків (Number of test cases)	5/203

Оскільки наявні підхарактеристики та характеристики, значення яких неможливо визначити на основі наявних у специфікації атрибутів, необхідно прийняти рішення про необхідність доповнення специфікації вимог до ПЗ необхідними атрибутами.

Відбулось доповнення специфікації вимог до ПЗ атрибутами «кількість функцій» (2-й у сортованому списку), «кількість елементів даних» (3-й у сортованому списку). Після цього з'явилась додаткова можливість визначити 5 (з 23-х) характеристик якості ПЗ, тобто зменшився розмір розриву у знаннях при оцінюванні якості ПЗ, але відсутність у специфікації вимог інших двох атрибутів «час роботи» (1-й у сортованому списку), «кількість тестових випадків» (4-й у сортованому списку) все ще залишає неможливим обчислення 18 підхарактеристик якості, а також всіх 8-и характеристик якості ПЗ з високим рівнем достовірності (все ще недостатність інформації). Замовник розроблюваної АС широкоформатного друку прийняв рішення, що подальше доповнення специфікації економічно недоцільне, тому було сформувано висновок про недостатність даних для визначення якості ПЗ з високим рівнем достовірності.

Використання зваженої онтології дає можливість відсортувати всі відсутні у специфікації вимог до ПЗ атрибути якості за спаданням значень вагових коефіцієнтів, тобто встановити пріоритетність їх доповнення у специфікацію вимог до ПЗ. Якби розробник дослухався до рекомендацій щодо пріоритетності доповнення необхідних атрибутів і додав ще хоча б найвагоміший з відсутніх атрибут «час роботи (Operation time)» (1-й у сортованому списку), то з'явилась би можливість довизначити ще 13 (з 18) підхарактеристик якості ПЗ, а також 5 (з 8) характеристик якості ПЗ. Відтак достовірність оцінки якості ПЗ значно б зросла, а розмір розриву у знаннях при оцінюванні якості ПЗ значно б скоротився.

Висновки

Метричний аналіз (аналіз на основі атрибутів) є ефективним засобом оцінки якості ПЗ за умови наявності достовірної інформації для його проведення. Одним з чинників, що впливають на достовірність такої інформації, є достатність об'ємів інформації щодо атрибутів у специфікації вимог до ПЗ. Тому вирішення задачі оцінки достатності інформації щодо атрибутів у специфікації вимог в загальному випадку забезпечує підвищення достовірності оцінки якості ПЗ.

В процесі аналізу підхарактеристик якості ПЗ, як джерел інформації щодо характеристик якості, було виявлено наявність взаємної кореляції таких підхарактеристик, оскільки вони мають ряд спільних атрибутів. Існування взаємовпливів між характеристиками та підхарактеристиками якості ПЗ впливає на вагові коефіцієнти характеристик якості ПЗ і, відповідно, впливатиме на розрахунок якості ПЗ. Кореляція підхарактеристик та характеристик за атрибутами повинна враховуватись при оцінюванні вагових коефіцієнтів атрибутів, оскільки може погіршувати точність та достовірність визначення характеристик якості ПЗ та, власне, достовірність оцінки якості ПЗ.

Розроблено метод оцінювання вагових коефіцієнтів атрибутів якості програмного забезпечення на основі врахування взаємної кореляції характеристик та підхарактеристик за атрибутами, який дає можливість визначити вагові коефіцієнти атрибутів, а також зробити висновок, наявність яких атрибутів у специфікації вимог до ПЗ є необхідною для забезпечення відповідного рівня достовірності оцінки якості програмного забезпечення. Розроблено метод оцінювання достатності інформації для визначення якості ПЗ (за стандартом ISO 25010:2011) на основі зваженої онтології, який за рахунок позначення вагових коефіцієнтів атрибутів у базовій онтології дає можливість відсортувати всі відсутні у специфікації вимог до ПЗ атрибути якості за спаданням значень вагових коефіцієнтів, тобто встановити пріоритетність їх доповнення у специфікацію вимог.

Розроблений метод оцінювання достатності інформації для визначення якості ПЗ на основі зваженої онтології дає можливість зменшити розмір розриву у знаннях та сектору з невідомою інформацією про програмну систему, що призводить до підвищення якості та безпеки програмної системи.

Література

1. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models – Revises ISO/IEC 9126-1:2001: introduced 01.03.2011. – ISO/IEC, 2011. – 34 p.
2. Abran. ISO-Based Models to Measure Software Product Quality / A. Abran, R. E. Al-Quitash, J.-M. Desharnais, N. Habra // Software Quality Measurement: Concepts and Approaches. – 2014. – Chapter 5, pp. 61–96.
3. S. Montagud. A systematic review of quality attributes and measures for software product lines / S. Montagud, S. Abrahao, E. Insfrán // Software Quality Journal. – 2012. – No 20(3-4), pp. 425–486.
4. J. Sun Her. A framework for evaluating reusability of core asset in product line engineering / J. Sun Her, J. Hyeok Kim, S. Hun Oh, S. Yul Rhew, S. Dong Kim // Information and Software Technology. – 2007. – No 49, pp. 740–760.
5. Biscoglio. Definition of Software Quality Evaluation and Measurement Plans: A Reported Experience Inside the Audio-Visual Preservation Context / I. Biscoglio, E. Marchetti – In Software Technologies: 9th International Joint Conference, ICSoft 2014. – CCIS 555, pp. 63–80.
6. ISO 25023:2016. Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). Measurement of system and software product quality – Revises ISO/IEC 9126-2:2003, ISO/IEC 9126-3:2003: introduced 31.03.2016. – ISO/IEC, 2016. – 45 p.
7. Говорушенко Т.О. Аналіз галузі оцінювання якості програмного забезпечення / Т.О. Говорушенко // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні системи та мережі. – Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – № 773. – С. 41–48.
8. S. Sugiyanto. Integration of DEMATEL and ANP methods for calculate the weight of characteristics software quality based model ISO 9126 / S. Sugiyanto, S. Rochiman. International Conference on Information Technology and Electrical Engineering, ICITEE 2013. – pp. 143–148.
9. Т. Hovorushchenko. Ontological Approach to the Assessment of Information Sufficiency for Software Quality Determination / Т. Hovorushchenko, O. Pomorova // CEUR-WS, 2016. – vol. 1614, pp. 332–348.

Рецензія/Peer review : 30.9.2016 р. Надрукована/Printed :28.10.2016 р.
Рецензент: д.т.н., завідувач Поморова О.В.