

УДК 681.142

Н.А. Яремчук, О.Ю. Годя

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

## ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВЕРБАЛЬНО-ЧИСЛОВИХ ШКАЛ

Проведено аналіз оцінювання комплексного показника якості програмних засобів у випадках, коли одиничні показники якості подані за числовими та вербальними шкалами, наведено рекомендації для вибору оператора агрегування в залежності від способу подання профілю показників якості (вербальні, числові та змішані). Запропоновано метод оцінювання комплексного показника якості за об'єднанням вербальних показників якості з ваговими коефіцієнтами.

**Ключові слова:** вербально-числова шкала, матриця відповідності, комплексний показник якості.

### Вступ

За ієрархічною структурою оцінювання якості програмні засоби відносять до складних об'єктів [1 – 4]. Ієрархічна структура програмних засобів складається з декількох поверхів, і оцінювання якості проводять починаючи з нижнього поверху, що є сукупністю одиничних показників якості (ПЯ) або профілем якості, до верхніх поверхів, куди входять комплексні ПЯ. В структурі якості програмних засобів (ПЗ), нижній поверх займають оціночні елементи (одиничні ПЯ), за якими визначають комплексні ПЯ вищого поверху: метрики, критерії, фактори. Метрики отримують за об'єднанням оціночних елементів, критерії і фактори – за зваженим об'єднанням, тобто з урахуванням коефіцієнтів ваги ПЯ нижчого рівня. В наявних нормативних документах з визначення якості ПЗ [1] для об'єднання використані оператори обчислення середнього арифметичного або зваженого середнього арифметичного. Це обмежує можливості оцінювання якості ПЗ: по-перше, за способом подання ПЯ (тільки числове), по-друге, за способом відображення (тільки метричні шкали, тому що для обчислення середнього арифметичного необхідно виконання відношення пропорційності між проявами властивості). Тому в нормативних документах з визначення якості ПЗ є певне протиріччя: в переліку шкал для відображення ПЯ наведено ординальні шкали (з даними, отриманими за такими шкалами неприпустимі алгебраїчні дії), а при об'єднанні використані оператори, засновані на алгебраїчних діях. Тому однією з задач даної роботи є аналіз процедури оцінювання якості ПЗ за умов, коли ПЯ є ординальними величинами. Це стосується значної кількості ПЯ ПЗ таких як «Зручність використання», «Універсальність» та ін. Для визначення ординальних властивостей ПЗ може бути використана процедура експертного оцінювання. Така процедура є суб'єктивним гомоморфізмом [5]. Гомоморфізм означає перенесення на відображення відно-

шень еквівалентності і порядку. Суб'єктивність означає те, що результат оцінювання залежить від індивідуального сприйняття експерта, тобто вербальна категорія «Задовільний» може по-різному сприйматись різними експертами. Для підвищення об'єктивності оцінювання рекомендовано використовувати гібридні вербально-числові шкали. Наявність вербальних і числових точок шкали або класів еквівалентності дозволяє більш об'єктивно визначити категорію вербальної шкали, що відображає рівень якості ПЗ [6].

Постановка задачі – розроблення процедури оцінювання якості програмних засобів з застосуванням ординальних вербально-числових шкал.

### 1. Оцінювання метрик якості програмних засобів

Вихідною інформацією для визначення метрик є профіль якості, тобто сукупність оціночних елементів (ОЕ). Оціночні елементи можуть бути відображені за числовою шкалою, за вербальною шкалою, або за вербальною і числовою шкалами (змішаний профіль), рис. 1.



Рис. 1. Ілюстрація процедури визначення метрик ПЗ

Якщо всі оціночні елементи подано за числовою шкалою, в нормативному документі рекомендовано оператор об'єднання – середнє арифметичне [1]. Але для ординальних величин відповідним оператором об'єднання є медіана.

Недоліком медіани є її невелика точність (особливо при малій кількості оціночних елементів в профілі). Але медіана, як робастна оцінка, має свої переваги. Вона нечутлива до аномальних результатів, викликаних неузгодженістю або некомпетентністю експертів.

Тому в даній роботі запропоновано використовувати медіану Уолша, яка має вищу ефективність, між медіана.

Якщо всі оціночні елементи подані за вербальною шкалою, то оператором об'єднання в даній роботі рекомендується використовувати емулятор середнього арифметичного для вербальних даних – модифікований оператор OWA [7], що визначається як:

$$OWA = \text{Max}_{k=1}^N [\text{Min}(Q(k), q_k)], \quad (1)$$

де  $Q(k)$  – вагова функція оператора OWA,

$$Q(k) = S(f), \quad S(f) = E\{1, 5 + [k \cdot \frac{t-1}{N}]\};$$

$S(f) - f_k$  – клас еквівалентності вербальної шкали, що відповідає номеру  $k$ ;

$k$  – номер одиничного показника в профілю,

$E\{\}$  – функція, яка повертає цілу частину числа  $\{\}$ ;

$t$  – кількість точок шкали (якщо шкала дискретна), або класів еквівалентності шкали (шкала квазіпорядку);

$N$  – кількість одиничних показників в профілю якості;

$q_k$  – одиничний показник профілю, проранжованого у відповідності з зменшенням рівня якості.

Наприклад, при оцінюванні рівня якості одиничних показників, що визначались за вербальною шкалою «А»: «Високий», «Середній», «Низький»,

була отримана оцінка-профіль  $\{BBCH\}$ . Складові профілю проранжовано відповідно до зменшення рівня якості, після чого визначається комплексний показник якості за допомогою оператора OWA (1):

$$\left. \begin{matrix} Q(1) \rightarrow C \\ Q(2) \rightarrow C \\ Q(3) \rightarrow B \\ Q(4) \rightarrow B \end{matrix} \right\} Q(k) = \{CCBB\},$$

$$OWA = \sqrt[k]{\{CCBB\} \wedge \{BBCH\}} = C.$$

В результаті об'єднання профілю  $\{BBCH\}$  за модифікованим оператором OWA отримано інтегрований вербальний показник якості «С», тобто рівень якості «Середній».

У випадку об'єднання змішаного профілю оціночних елементів, тобто такого, що складається і з числових і з вербальних показників якості, показники якості необхідно привести до одного виду в залежності від вхідних даних та міркувань з відображення метрики з застосуванням вербально-числової шкали. Якщо для оцінювання показника якості використовувалась дискретна вербальна шкала, то для побудови вербально-числової шкали вирішується задача присвоєння визначених дійсних чисел точкам вербальної шкали зі збереженням відношень [8]. При використанні неперервних шкал квазіпорядку в роботі запропоновані способи обчислення границь між класами еквівалентності [9].

При використанні змішаного профілю можна використовувати два шляхи: перевести всі вербальні показники якості в числові за вербально-числовою шкалою або навпаки, всі числові показники в вербальні за числово-вербальною шкалою, і вже після цього застосовувати відповідний оператор агрегування (для числових або вербальних даних).

Характеристикою якості встановлення вербально-числової шкали комплексного (інтегрованого) показника якості є матриця відповідності вербальних і числових класів еквівалентності [6]. На рис. 2 наведена матриця відповідності шкали комплексного показника якості, що складається з чотирьох одиничних показників.

| Профілі                            | BBBB | BBBC | BBBH | BBCC | BBCH | BCCC | BBHH | CCCC | CCCH | CCCH | CCHH | CCHH | CHHH | CHHH | HHHH |   |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| Рівень якості за вербальною шкалою | В    |      |      | С    |      |      |      |      |      |      |      |      | Н    |      |      |   |
| Рівень якості за числовою шкалою   | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,33 | 0,04 | 0    |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
|                                    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0,67 | 0,96 | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0,96 | 0,67 | 0    | 0    | 0 |
|                                    | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0    | 0,04 | 0,33 | 1    | 1    | 1 |

Рис. 2. Матриця відповідності вербально-числової шкали комплексного показника якості для профілю з чотирма одиничними показниками якості

Матриця відповідності рис. 2 побудована для профілю з чотирма одиничними показниками якості, де оператором агрегування для вербальних даних використовувався оператор OWA, а для числових – медіана Уолша. Рівні якості за числовою шкалою відповідають класам еквівалентності:

- 1 – [0-0.3];
- 2 – [0.3-0.7];
- 3 – [0.7-1].

Таку матрицю відповідності можна використати для порівняння збіжності рішення за вербальною і числовою шкалою для комплексних показників, числові значення яких знаходяться на перетині відповідних класів еквівалентності.

Наприклад, для розглянутого вище профілю {BVCH} результат агрегування за оператором OWA → C, за медіаною Уолша → 0,66, що відповідає класу еквівалентності «Середній».

За матрицею відповідності рис. 2 можна визначити відповідність (співпадіння) цих результатів:

«B|0,33; C|0,67», тобто «Високий» з рівнем довіри 0,33;  
«Середній» з рівнем довіри 0,67.

## 2. Оцінювання критеріїв, факторів якості програмних засобів за метриками

Після оцінювання та об'єднання одиничних показників якості в метрики постає задача об'єднання метрик в комплексні показники вищого порядку (критерії, фактори) при цьому можуть бути використані вагові коефіцієнти.

Якщо подання всіх метрик є числовим і використовуються вагові коефіцієнти, то оператором агрегування рекомендовано використовувати медіану, або медіану Уолша як для визначення вагових коефіцієнтів, так і для збору комплексного показника якості [10].

Якщо ж метрики подані за вербальними шкалами, то у випадку, коли вагові коефіцієнти дорівнюють одиниці, можна в якості оператора агрегування використати OWA.

Для вербальних одиничних показників (метрик) процедура об'єднання з урахуванням вагових коефіцієнтів не розроблена.

Тому в даній роботі запропоновано наступний метод агрегування вербальних одиничних показників якості в комплексний з урахуванням вагових коефіцієнтів, рис. 3.

Для цього використано «зважений» профіль якості, який запропоновано подавати для взаємодії з оператором OWA як комбінацію вагових коефіцієнтів і категорій вербальної шкали, до яких віднесено одиничні показники якості. Після агрегування визначається комплексний показник якості за вербальною шкалою.

Зважений і ранжований профіль якості запропоновано подавати як послідовність категорій шкали, до яких віднесено одиничні показники якості у відповідності до вагових коефіцієнтів, що є цілими числами.

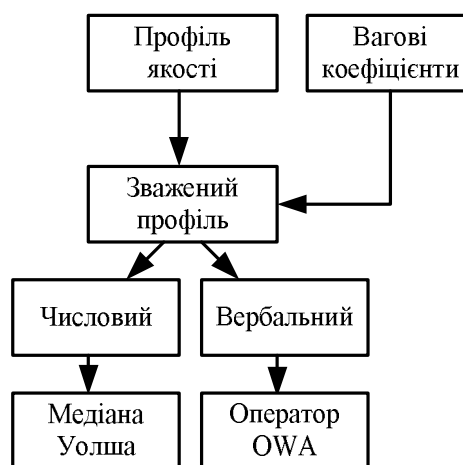


Рис. 3. Формування комплексного показника якості за вербальним профілем з урахуванням вагових коефіцієнтів

Наприклад, для профілю з трьома одиничними показниками якості {CHC}:

для першого показника  $q_1$  ваговий коефіцієнт

$$\rho_1 = 1,$$

$$\text{для } q_2 - \rho_2 = 2,$$

$$\text{для } q_3 - \rho_3 = 2.$$

Тоді зважений профіль якості подається як «СССНН». Вагова функція оператора OWA: = НССВВ.

Результат оцінювання вербального рівня якості за комплексним показником:

$$OWA = \sqrt[\wedge]{\{СССНН\} \wedge \{НССВВ\}} = C.$$

В процесі роботи бути проведені дослідження щодо вибору операторів агрегування. Для дослідження були обрані середнє зважене, медіана і медіана Уолша.

Отримано наступні результати та рекомендації:

- кількість одиничних показників якості повинна або дорівнювати, або бути більшою за кількість вербальних категорій шкали;

- якщо в зваженому профілі менше п'яти складових, агрегування проводиться тільки за числовою шкалою. Вербальний оператор OWA не використовується з причин значної ступінчастості вагової функції.

Оператори агрегування за числовою шкалою це середнє зважене або медіана Уолша. На зважених профілях (що те ж саме на вибірках з повторенням)

медіана Уолша не є найкращим оператором агрегування.

При формуванні факторів за критеріями використовуються аналогічні методи.

## Висновки

В роботі проведено аналіз оцінювання якості програмних засобів для ситуації, коли одиничні або комплексні показники якості програмних засобів, що входять до ієрархічної структури оцінювання якості, є ординальними величинами.

Наведено рекомендації з вибору операторів агрегування (об'єднання) одиничних показників якості в комплексні і комплексні в комплексні більш високого рівня в залежності від способу подання показників якості: вербальний або числовий. Як характеристику збіжності результатів об'єднання, проведеного різними операторами з вербальними і числовими даними, було обрано матрицю відповідності вербально-числової шкали комплексного показника якості.

## Список літератури

1. Оценка качества программных средств. Общие положения.: ГОСТ 28195-89. – [Введ. 01.07.90]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 30 с.
2. Общие требования к программному обеспечению средств измерений: МИ 2891-2004 ГСИ. – Менделеево: ВНИИФТРИ, 2004. – 8 с.
3. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений и порядок проведения: МИ 2955 – 2005. ГСИ. – Менделеево: ВНИИФТРИ, 2005. – 36 с.

4. Программное обеспечение систем обработки информации. Термины и определения: ГОСТ 19781 – 90. – [Введ. 01.01.92]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 22 с.

5. Cecconi P. Measurements, evaluations and preferences: A scheme of classification according to the representational theory, / P. Cecconi, F. Franceschini, M. Galetto // Measurement. – 2006. – (39).

6. Редьога (Года) О.Ю. Підвищення точності встановлення комбінованих ординальних шкал / Н.А. Яремчук, О.Ю. Редьога (Года) // Метрологія та прилади. – 2013. – №2 II (41). – С. 274-278.

7. Yaremchuk N. Evaluation of a complex quality index using numerical and verbal ordinal scale / N. Yaremchuk, O. Redyoga // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – ½ (67). – С. 58-62.

8. Яремчук Н.А. Особливості арифметизації дискретних вербальних шкал / Н.А. Яремчук, О.М. Сікоза, О.Ю. Редьога (Года) // Механіка гіроскопічних систем. – 2012. – №25. – С. 61-67.

9. Яремчук Н.А. Арифметизація ординальних шкал вимірювання якості програмних засобів / Н.А. Яремчук, О.Ю.Редьога (Года) // Інформаційні системи. Механіка та керування. – 2011. – №7. – С. 5-15.

10. Яремчук Н.А. Обчислення невизначеності при експертному оцінюванні вагових коефіцієнтів з використанням медіани Уолша / Н.А. Яремчук, О.Ю. Редьога (Года) // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 1(99). – С. 17-20.

Надійшла до редколегії 1.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, доц. В.Ю. Ларін, Національний авіаційний університет, Київ.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРБАЛЬНО-ЧИСЛОВЫХ ШКАЛ

Н.А. Яремчук, О.Ю. Года

Проведен анализ оценки комплексного показателя качества программных средств в случаях, когда единичных показатели качества поданные за числовыми и вербальными шкалами, приведены рекомендации для выбора оператора агрегирования в зависимости от способа представления профиля показателей качества (вербальные, числовые и смешанные). Предложен метод оценки комплексного показателя качества за объединением вербальных показателей качества с весовыми коэффициентами.

**Ключевые слова:** вербально-числовая шкала, матрица соответствия, интегральный показатель качества.

## EVALUATION OF SOFTWARE QUALITY USING VERBAL-NUMERICAL SCALE

N.A. Yaremchuk, O.Yu. Goda

The analysis of the evaluation of software quality complex index in cases where single indicators of quality cast for numeric and verbal scale, provides guidance for selecting aggregation operator, depending on the method of presentation profile quality indicators (verbal, numerical and mixed) was performed. A method for estimating the complex index of quality by combining verbal indicators of quality with weights was performed.

**Keywords:** verbal and numerical scale, matrix conformity integrated indicator of quality.