

УДК 681.142

Яремчук Н. А., Редьога О. Ю.

ПРОЦЕДУРИ ТА ОПЕРАЦІЇ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

Вступ

Швидкий розвиток інформаційних технологій привів до розробки методів і засобів, що дозволяють створювати програмні засоби (ПЗ) різної складності і для різних галузей застосування. Збільшення довіри до ПЗ і до їх можливостей виконувати все більш складні функції збільшує, у свою чергу, відповідальність за виконання цих функцій. Це підвищує інтерес розробників і користувачів ПЗ до аналізу їх якості, для оцінки рівня якої необхідно застосовувати процедури вимірювання, спостереження, оцінювання, порівняння та надання переваги. Це дозволяє не тільки визначити і прогнозувати рівень якості ПЗ, але й вивчати залежності характеристик ПЗ від різних факторів. Метою визначення якості ПЗ може бути:

- визначення ступеня відповідності рівня якості заданому при випробуваннях;
- опис властивостей і характеристик ПЗ, що виготовляють і представляють;
- визначення конкурентоспроможності ПЗ;
- атестація і сертифікація ПЗ.

Під якістю ПЗ розуміють сукупність властивостей і характеристик ПЗ, що обумовлюють їх здатність задовольняти встановленим потребам. Більшість з цих властивостей і характеристик є ординальними величинами, що відображаються за шкалами порядку [1] або ординальними шкалами [2]

Загальною особливістю всіх відомих номенклатур показників якості ПЗ є те, що вони мають багаторівневу ієрархічну структуру і оцінювання показників якості виконують переходячи від нижнього рівня структури до верхнього. Нижньому рівню ієрархії відповідають або оціночні елементи [3] або метрики. Таким чином, метрика виступає як показник якості, який можна виміряти або оцінити. Після чого отримані результати з використанням вагових коефіцієнтів перетворюються в значення показників більш високого рівня на основі відповідних співвідношень.

Метою даної роботи є аналіз процедур і операцій, що використовуються при визначенні оціночних елементів і метрик та їх вагових коефіцієнтів, що використовуються подалі для їх об'єднання (агрегування). Аналіз проводиться для випадку, коли властивості ПЗ, що обрані як показники якості, є ординальними величинами. Для їх

визначення можуть бути використані процедури вимірювання та експертного оцінювання. Загальним є подання отриманих результатів за ординальною шкалою. Тому теоретичною основою для аналізу обрано репрезентативну теорію вимірювань.

Постановка задачі

Метою роботи є проведення порівняльного аналізу процедур і операцій, що використовуються при визначенні якості програмних засобів, а саме вимірювання, оцінювання, надання переваги та агрегування (об'єднання), коли властивості програмних засобів є ординальними величинами. Як теоретичну основу обрано репрезентативну теорію вимірювань.

Ординальне вимірювання

Визначення вимірювання за репрезентативною теорією наступне [4]: вимірювання це надання чисел властивостям об'єктів або подій реального світу за допомогою об'єктивної емпіричної операції, щоб таким чином описати їх. Таким чином, вимірюванням відповідають дві основні концепції відображення властивостей: емпіричність та об'єктивність [4]. Емпіричність полягає в наявності чіткої концепції вимірювальної властивості як об'єктивного правила класифікації певних аспектів об'єктів; це презентація властивості як емпіричної системи. Емпірична система складається з ряду проявів властивості $Q = \{q_1, \dots, q_i, \dots, q_n\}$ разом з сім'єю відношень між цими проявами R , тобто $Q = \langle Q, R \rangle$. Для ординальних величин $R = \{\square, \succ\}$, де \square – відношення еквівалентності, \succ - відношення порядку. У відповідності до [4] ординальна величина, це величина визначена за узгодженою процедурою вимірювання, для якої може бути встановлено загальне відношення порядку відповідно до розмірів величин певного роду, але для яких не встановлено алгебраїчних операцій. Ординальні величини можуть бути відображені числовою, символічною, вербальною системами з відношеннями $R = \{=, \succ\}$. Прояви ординальної властивості гомоморфно відображаються числами, поняттями, символами $m(q_i)$, тобто якщо $q_1 \succ q_2$, тоді $m(q_1) > m(q_2)$. Факт порівняння фіксується об'єктивно на основі вимірювання, тобто не залежить від експериментатора. Виконання репрезентативної умови при вимірюванні це наявність гомоморфного відображення, що свідчить про об'єктивність вимірювання. Основні умови виконання вимірювання наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

Порівняння процедур вимірювання і оцінювання

Умови виконання процедури	Вимірювання	Оцінювання
Наявність концепції	+	+

Системи та процеси керування

Умови виконання процедури	Вимірювання	Оцінювання
властивості (емпіричність)		
Наявність формальної системи відображення (символьної, вербальної, числової шкали)	+	+ Існує певний суб'єктивізм встановлення шкали
Виконання репрезентативної умови – наявність гомоморфізму відображення	Існує об'єктивний гомоморфізм (об'єктивність)	Існує суб'єктивний гомоморфізм

Таким чином властивостями репрезентативного вимірювання є емпіричність і об'єктивність [4]. Але деякі автори [5] додають до цих властивостей наступне: вимірювання є репрезентативним, коли числа передаються важливим властивостям і ознакам об'єктів, і коли отримані результати суттєві і можуть бути використані для прогнозування.

Оцінювання

Якість об'єкта, явища може бути визначена як фізично, так і не фізично, як на основі спостереження, так і безпосереднього спостереження. Наприклад корисність, задоволення певних потреб – приклади не фізичних і не таких властивостей, що безпосередньо спостерігаються. Намагання виміряти такі властивості викликають багато проблем. В такій ситуації використовують процедуру оцінювання. Концепція безпосередньо невідчутної властивості встановлюється за допомогою індивідуальних суджень, що виражаються на адекватних шкалах [4]. Тобто при оцінюванні встановлюється концепція вимірюваної властивості і відповідна шкала. Це обумовлює емпіричність оцінювання. Але у порівнянні з вимірюванням існує певний суб'єктивізм у встановленні шкали. Прикладом такої шкали порядку є шкала [6] яку використано при оцінці якості функціонування ПЗ, а саме при отриманні сукупності частотних оцінок функціональних відмов через нестандартні набори вхідних даних. Наприклад, для вибірки зі 100 запусків ПЗ шкала має наступний вигляд $Z =$ («Завжди» - 100, «Часто» - 85, «Не завжди» - 60, «Не часто» - 30, «Рідко» - 15, «Майже ніколи» - 5, «Ніколи» - 0). Існує певний суб'єктивізм у встановленні вербальних категорій в середній частині шкали.

Таким чином, щоб оцінювання стало типовою нормативною процедурою необхідна наявність:

- чіткого і точного визначення атрибутів об'єкта, особливо нефізичних (тобто чіткої концепції оцінювання властивості);
- чітко визначеної (встановленої) шкали оцінювання.

Процедура оцінювання повинна бути підготовлена так, щоб існував однаковий підхід до об'єктів, тобто була підготовлена однакова система правил оцінювання. Але, якщо оцінювання виконує суб'єкт, процедура

оцінювання залишається суб'єктивною. Перефразовуючи визначення вимірювання автори [4] отримали наступне визначення: оцінювання це передавання чисел чи ярликів властивостям або явищам реального світу за допомогою емпіричної суб'єктивної операції, щоб таким чином описати їх. Оцінювання є гомоморфізмом, тому що є цілий ряд семантичних і діючих правил, за якими встановлюється шкала. З точки зору репрезентативної теорії різниці між вимірюванням і оцінюванням немає [4]. Але процедура оцінювання реалізується суб'єктивно. Різні суб'єкти можуть спостерігати різні рівні властивості одного і того ж об'єкта. Існує концепція нерозрізнювання у відношеннях еквівалентності і порядку [4]. Проблема суб'єктивності особливо проявляється при інтерпретації вербальних категорій. Вербальний ярлик шкали «задовільний» може мати різну інтерпретацію у різних суб'єктів. Тому, для зменшення суб'єктивності оцінювання і, що теж саме, для збільшення об'єктивності оцінювання, доцільно використовувати вербально-числові шкали, особливо для тих категорій, що погано розрізняються. Є також проблема нерозрізненості при збільшенні категорій шкали, тобто їх великій деталізації, що приводить до помилок у суб'єктивному оцінюванні.

Автори роботи [4] вважають, що забезпеченням репрезентативного оцінювання є адекватне визначення ширини або значень кожної шкальної категорії, що приводить оцінювання до стадії гомоморфізмів емпіричної системи з відношенням до числової. Таким дійсно стає результат оцінювання після «числової взаємодії» з суб'єктами оцінювання.

Операція віддання переваги

Операція віддання переваги використовується при визначенні вагових коефіцієнтів окремих показників якості при їх об'єднанні. У порівнянні з вимірюванням і оцінюванням операція віддання переваги є неемпіричною і суб'єктивною [4]. Віддання переваги більшою частиною є відносним не тільки до суб'єкту, але й до певного моменту, або випадку, або ситуації в житті суб'єктів. Концепція віддання переваги є відносною в уявленні найкращого [7]. Вибір найкращого є повністю ендегенним і таким, що може відрізнитися у різних суб'єктів. Тому розвиток процедур, які засновані на відданні переваги, полягає в зменшенні впливу суб'єктивності при прийнятті рішення. Для цього при визначенні вагових коефіцієнтів окремих показників якості застосовують міри узгодженості експертних суджень як для серій експериментів, так і для груп експертів, що підвищують об'єктивність оцінок групового рішення.

Процедура агрегування

Для визначення якості ПЗ застосовуються одиничні і комплексні показники якості з номенклатури ПЗ. Визначення комплексного показника якості метрики починається із об'єднання декількох одиничних показників за задалегідь визначеними правилами, а комплексний показник ПЗ вищого рівня ієрархії складається вже з об'єднанням метрик з врахуванням відповідних вагових коефіцієнтів.

Шкала вагових коефіцієнтів є шкалою порядку, оскільки результати експертного оцінювання вагових коефіцієнтів отримують з використанням бінарного відношення порядку [8]. Тому при оцінюванні вагових коефіцієнтів використовують адекватну статистику - медіану. Недоліком медіани, як оцінки центру розподілу, є її велика невизначеність у порівнянні з середнім арифметичним, особливо при малій кількості експертів, що приймають участь в оцінюванні. Для порівняння оцінок центру вибірки використовують таку характеристику як ефективність [9]. Медіана, як робастна оцінка має свої переваги. Вона нечутлива до аномальних результатів, викликаних неузгодженістю або некомпетентністю експертів, але має низьку ефективність. Для підвищення ефективності визначення вагових коефіцієнтів і враховуючи робастність оцінювання в роботі [10] запропоновано використати медіану Уолша.

Оскільки частина одиничних показників якості відображаються за вербальними ординальними шкалами, то необхідно проводити арифметизацію шкали вербальних одиничних показників [11]. Але арифметизація справедлива для повністю числових ординальних шкал (асоціативних ординальних шкал) і при її введенні в процедуру визначення одиничних показників треба виконати цілий ряд умов (масштабування для окремих одиничних показників, нормування та ін.). Тому паралельно з використанням арифметизації розвивають способи використання операторів, що дозволяють виконувати дії з сукупністю вербальних (символьних) показників якості або вибірок без проведення арифметизації. Зокрема це стосується операторів об'єднання (агрегування) [12].

Одним з операторів агрегування в вербальних шкалах є медіана. Але медіана може бути застосована тільки при непарній кількості одиничних показників якості в ансамблі або профілі якості. При парній кількості необхідно вводити додаткові умови.

Для вербальних шкал можуть бути використані оператори агрегування, що, в свою чергу, засновані на операторах Т-норма і Т-конорма, які можуть застосовуватись в ординальних шкалах. Оператори агрегування включають вагову функцію, яка визначається за вербальною шкалою і порядковими номерами вибірки і функції збору (з використанням операторів Т-норми і Т-конорми).

Емулятором арифметичного середнього для вербальних шкал є оператор *OWA* [12], що визначається як:

$$OWA = \underset{k=1}{\overset{n}{\text{Max}}} \left[\text{Min}(Q(k), q_k) \right]$$

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

$$S(f_k) = \text{Int} \left\{ 1 + \left[k \cdot \frac{t-1}{n} \right] \right\},$$

$S(f_k)$ – f_k - рівень вербальної шкали,

k - номер показника в профілі,

$\text{Int}\{\cdot\}$ - функція, що дає найближче ціле число $\{\cdot\}$,

t - кількість точок (якщо шкала дискретна) або класів еквівалентності шкали (шкала квазіпорядку),

n - кількість одиничних показників в профілі якості,

q_k - одиничний показник профілю ранжованого за зменшенням рівня якості.

Але при використанні формули в такому вигляді можливі ситуації, коли результат визначення елементів вагової функції неоднозначний, наприклад, $S(f_k) = E\{1,5\}$. В цьому випадку треба задавати ще правило заокруглення. Тому авторами статті [13] запропоновано використовувати оператор OWA , вагова функція якого визначається як

$$S(f_k) = E \left\{ 1,5 + \left[k \cdot \frac{t-1}{n} \right] \right\}, \text{ де } E\{\cdot\} - \text{ціле число.}$$

Застосування оператора OWA дозволяє отримати вербальні метрики ПЗ за вербальними оціночними елементами. При застосуванні вербально-числових шкал з метою підвищення об'єктивності оцінювання треба використовувати оператори агрегування для числової і вербальної шкали. Але при цьому виникає проблема оцінювання збіжності результатів агрегування. Тому для оцінки збіжності встановлення шкали комплексного показника якості ПЗ використовується матриця відповідності вербальної і числової шкали якості [13].

Висновки

При визначенні одиничних показників якості програмних засобів, що знаходяться на нижньому рівні ієрархії системи якості, використовуються процедури вимірювання і оцінювання. Вимірювання є емпіричною і об'єктивною процедурою, якій передують встановлення чіткої концепції властивості і відповідної шкали. Вимірювання є гомоморфним відображенням властивостей об'єкта. Але є цілий ряд властивостей, що характеризують якість програмних засобів, для яких вимірювання проблематичне (наприклад, корисність, задоволення певних потреб тощо).

Для нефізичних властивостей і тих, що безпосередньо спостерігати неможливо, використовується процедура оцінювання. Оцінювання емпіричне і суб'єктивне. З точки зору репрезентативної теорії оцінювання

є суб'єктивним гомоморфізмом. Удосконалення оцінювання полягає в зменшенні цього суб'єктивізму. Одним із напрямків такого удосконалення є застосування вербально-числових шкал.

При визначенні вагових коефіцієнтів для агрегування окремих показників якості використовуються операція віддання переваги. З токи зору репрезентативної теорії вона заснована на ендогенному виборі і є суб'єктивною. Тому, при визначенні вагових коефіцієнтів окремих показників якості застосовують міри узгодженості експертних рішень. При визначенні вагових коефіцієнтів застосовують оцінки, що адекватні статистичним мірам для ординальних величин, тобто медіану і більш ефективну оцінку – медіану Уолша.

Так, як основна частина властивостей ПЗ є ординальними величинами, то існують певні вимоги до операторів збору (агрегування). У випадку, коли всі вагові коефіцієнти показників якості дорівнюють одиниці, операторами агрегування можна використовувати медіану, Т-норму і Т-конорму, емулятор середнього арифметичного OWA. При застосуванні вербально-числових шкал використовують оператори агрегування для числової і вербальної шкали. Але при цьому виникає проблема оцінювання збіжності результатів агрегування.

Список використаної літератури

1. РМГ 83-2007 ГСИ. Шкалы измерений. Термины и определения
2. International vocabulary of metrology. – Basic and general concepts and associated terms (VIM). – ICGM, 2008. – 88 p.
3. ГОСТ 28806-90 Качество программных средств. Термины и определения.
4. *Secconi P.* Measurements, evaluations and preferences: A scheme of classification according to the representational theory, F. Franceschini, M. Galetto // measurement .- 2006 .- (39)
5. *Coombs C. H.*, Mathematical Psychology: An Elementary Introduction, R.M. Dawes, A. Tversky// Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1970.
6. *Минаев Ю. Н.* Об аттестации математического обеспечения вычислительных систем / Ю. Н. Минаев – М.: Измерительная техника.- 1985.- № 2.- ст. 14-16.
7. *Wright G.*, The Logic of Preference/ Wright G. //At the University Press.- Edinburgh.- 1963.

8. Сікоза О. М. Обчислення невизначеності при експериментальному оцінюванні вагових коефіцієнтів / О. М. Сікоза, Н. А. Яремчук // Системи обробки інформації.- 2011.- №1(91).-ст.48-51.
9. Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика / М.Б. Лагутин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний.- 2007.- 472с.
10. Редьога О.Ю., Обчислення невизначеності при експертному оцінюванні вагових коефіцієнтів з використанням медіани Уолша/ Редьога О.Ю, Яремчук Н.А. // Системи обробки інформації. – Київ – 2012. – №1(99). – ст. 17-20
11. Яремчук Н.А., Особливості арифметизації дискретних вербальних шкал / Н.А. Яремчук, О.Ю. Редьога, О.М. Сікоза // Механіка гіроскопічних систем. – Київ. – 2013.
12. Franceschini F. Ordered samples control charts for ordinal variables / F. Franceschini, M. Galetto, M. Varetto // Quality Engineering.- 2005.- 21(2).- p. 177-195.
13. Yaremchuk N. Evaluation of a complex quality index using numerical and verbal ordinal scale / N. Yaremchuk, O. Redyoga // Восточно-европейский журнал передовых технологий .- 2014.- 1/2 (67) .- ст. 58-62.