

УДК 004.891.3: 004.3

Т. О. ГОВОРУЩЕНКО, А. В. КРАСІЙ

Хмельницький національний університет, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПЕЦИФІКАЦІЇ ВИМОГ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Дана робота присвячена побудові математичної моделі специфікації вимог до ПЗ, визначенню залежності характеристик ПЗ від показників специфікації та побудові математичних моделей основних характеристик ПЗ. Математичні моделі характеристик ПЗ показали, що для визначення характеристик на основі показників специфікації вимог до ПЗ слід вирішити задачу визначення взаємозв'язків між значеннями показників специфікації та значеннями характеристик ПЗ, а також визначення ступенів впливу показників специфікації в межах однієї характеристики.

Ключові слова: програмне забезпечення (ПЗ), програмний проект, специфікація вимог до ПЗ, кількісні показники специфікації вимог до ПЗ, якісні показники специфікації вимог до ПЗ, експертні кількісні показники специфікації вимог до ПЗ, характеристики ПЗ.

Вступ

Процес розроблення ПЗ тісно пов'язаний з процесом аналізу та оцінювання значущих характеристик ПЗ: вартості, тривалості та моделі життєвого циклу, ефективності, складності, зручності використання, кросплатформеності, надійності та якості.

Наразі все помітнішою стає криза у галузі розроблення ПЗ [1]. При наявності ряду методів та засобів, залученні кращих фахівців, процес розроблення ПЗ, як і раніше, залежить від знань та досвіду розробників.

Критичний вплив на програмні проекти та на успішність їх завершення здійснюють питання, пов'язані із аналізом специфікації [2]. Аналіз специфікації надає різнопланову кількісну та якісну інформацію для подальшого розрахунку основних характеристик ПЗ. Крім того, експерти після опрацювання специфікації можуть надати кількісні оцінки якісної інформації, корисні для визначення перелічених вище характеристик ПЗ.

Запропонований підхід допоможе прийняти мотивоване та обгрунтоване рішення щодо вибору програмного проекту на основі характеристик ПЗ. Отже, аналіз специфікації з метою одержання значень основних характеристик ПЗ є актуальним на початку етапу проектування [2].

Кількісні та якісні показники, які можна одержати з різних розділів специфікації вимог до ПЗ, представлено у [2]. Всю якісну інформацію потрібно перетворити у кількісну за допомогою залучення експертів, оскільки необхідні кількісні значення характеристик ПЗ можна отримати лише в

результаті опрацювання саме кількісної інформації.

1. Математична модель специфікації вимог до програмного забезпечення

Визначення 1. Кількісними показниками (КП) специфікації вимог до ПЗ називатимемо корисні для визначення характеристик ПЗ показники специфікації, які мають точне кількісне значення (наприклад, "кількість виконавців - 7", "середня прогнозована вартість помилки становить 89\$").

Визначення 2. Якісними показниками (ЯП) специфікації вимог до ПЗ називатимемо корисні для визначення характеристик ПЗ показники специфікації, які виражені лінгвістично (наприклад, "користувачі мають навички роботи із аналогічними продуктами").

Визначення 3. Експертними кількісними показниками (ЕКП) специфікації вимог до ПЗ називатимемо корисні для визначення характеристик ПЗ показники специфікації, які у специфікації виражені лінгвістично, але після опрацювання групою експертів набули кількісного виразу (наприклад, наведений у визначенні 2 якісний показник перетворений після опрацювання групою експертів у експертний кількісний показник "середня оцінка навичок роботи користувачів із аналогами складає 3,8 (за 5-бальною шкалою)").

Представимо тепер специфікацію вимог до ПЗ (SRS) у наступному формалізованому вигляді:

$$SRS = \langle R1, R2, R3, R4 \rangle ,$$

де $R1$ - множина кількісних та експертних кількісних показників розділу 1 специфікації вимог

до ПЗ, R_2 - множина КП та ЕКП розділу 2, R_3 - множина КП та ЕКП розділу 3, R_4 - множина КП та ЕКП розділу 4.

Тоді, враховуючи [2], представимо розділи специфікації вимог у вигляді множин:

$$R_1 = \{T_v, Q_v, S_a, Q_{cs}, S_C, P_{rof}\},$$

де T_v - термін виконання, Q_v - кількість виконавців, S_a - кількість користувачів, Q_{cs} - кількість компонентів ПЗ, $S_C = \{s_{c_1}, \dots, s_{c_{Q_{cs}}}\}$ - множина розмірів усіх компонентів ПЗ (s_{c_1} - розмір компоненту 1, $s_{c_{Q_{cs}}}$ - розмір компоненту Q_{cs}), P_{rof} - профілювання, цільова аудиторія (експертний кількісний показник);

$$R_2 = \left\{ \begin{array}{l} C_{os}, C_{db}, C_c, C_{dt}, S_{ud}, C_{ud}, U_s, C_{xos}, \\ C_{xdb}, C_{xc} \end{array} \right\},$$

де C_{os} - вартість використовуваних операційних систем, C_{db} - вартість використовуваних баз даних, C_c - вартість використовуваних компіляторів, C_{dt} - вартість засобів розроблення, S_{ud} , C_{ud} - вартість та розмір документації користувача відповідно, U_s - вміння користувачів працювати із аналогічними продуктами (ЕКП), C_{xos} - складність використовуваних операційних систем (ЕКП), C_{xdb} - складність використовуваних баз даних (ЕКП), C_{xc} - складність використовуваних компіляторів (ЕКП);

$$R_3 = \left\{ \begin{array}{l} Q_{fr}, C_{FR}, C_{XFR}, R_{FR}, Q_a, C_{XA}, R_A, \\ C_b, C_{ui}, Q_{mi}, C_{MI}, R_{MI}, C_{XMI}, Q_{ai}, \\ C_{ai}, R_{ai}, C_{xai}, Q_{ci}, C_{ci}, R_{ci}, C_{xci}, Q_{nfr}, \\ C_{NFR}, C_{XNFR}, R_{NFR}, R_r, R_{ic}, S_q, S_{sq} \end{array} \right\},$$

де Q_{fr} - кількість функційних вимог специфікації вимог до ПЗ,

$C_{FR} = \{c_{fr_1}, \dots, c_{fr_{Q_{fr}}}\}$ - множина значень вартості функційних вимог (c_{fr_1} - вартість функційної вимоги 1);

$c_{fr_{Q_{fr}}}$ - вартість функційної вимоги Q_{fr});

$C_{XFR} = \{c_{xfr_1}, \dots, c_{xfr_{Q_{fr}}}\}$ - множина значень складності функційних вимог (c_{xfr_1} - складність функційної вимоги 1;

$c_{xfr_{Q_{fr}}}$ - складність функційної вимоги Q_{fr});

$R_{FR} = \{r_{fr_1}, \dots, r_{fr_{Q_{fr}}}\}$ - множина значень надійності функційних вимог (r_{fr_1} - надійність

функційної вимоги 1;

$r_{fr_{Q_{fr}}}$ - надійність функційної вимоги Q_{fr});

Q_a - кількість використовуваних алгоритмів, $C_{XA} = \{c_{xa_1}, \dots, c_{xa_{Q_a}}\}$ - множина значень складності алгоритмів (c_{xa_1} - складність алгоритму 1;

$c_{xa_{Q_a}}$ - складність алгоритму Q_a);

$R_A = \{r_{a_1}, \dots, r_{a_{Q_a}}\}$ - множина значень надійності алгоритмів (r_{a_1} - надійність алгоритму 1;

$r_{a_{Q_a}}$ - надійність алгоритму Q_a);

C_b - середня прогнозована вартість помилки;

C_{ui} - вартість інтерфейсів користувача;

Q_{mi} - кількість програмних (міжмодульних) інтерфейсів;

$C_{MI} = \{c_{mi_1}, \dots, c_{mi_{Q_{mi}}}\}$ - множина значень вартості програмних інтерфейсів (c_{mi_1} - вартість програмного інтерфейсу 1;

$c_{mi_{Q_{mi}}}$ - вартість програмного інтерфейсу Q_{mi});

$R_{MI} = \{r_{mi_1}, \dots, r_{mi_{Q_{mi}}}\}$ - множина значень надійності програмних інтерфейсів (r_{mi_1} - надійність програмного інтерфейсу 1;

$r_{mi_{Q_{mi}}}$ - надійність програмного інтерфейсу Q_{mi});

$C_{XMI} = \{c_{xmi_1}, \dots, c_{xmi_{Q_{mi}}}\}$ - множина значень складності програмних інтерфейсів (c_{xmi_1} - складність програмного інтерфейсу 1;

$c_{xmi_{Q_{mi}}}$ - складність програмного інтерфейсу Q_{mi});

Q_{ai} , C_{ai} , R_{ai} , C_{xai} - відповідно кількість, вартість, надійність та складність апаратних інтерфейсів;

Q_{ci} , C_{ci} , R_{ci} , C_{xci} - відповідно кількість, вартість, надійність та складність інтерфейсів зв'язку та комунікацій;

Q_{nfr} - кількість нефункційних вимог специфікації, $C_{NFR} = \{c_{nfr_1}, \dots, c_{nfr_{Q_{nfr}}}\}$ - множина значень вартості нефункційних вимог (c_{nfr_1} - вартість нефункційної вимоги 1;

$c_{nfr_{Q_{nfr}}}$ - вартість нефункційної вимоги Q_{nfr});

$C_{XNFR} = \{c_{xnfr_1}, \dots, c_{xnfr_{Q_{nfr}}}\}$ - множина значень складності нефункційних вимог (c_{xnfr_1} - складність нефункційної вимоги 1;

$c_{xnfr_{Q_{nfr}}}$ - складність нефункційної вимоги Q_{nfr});

$RNFR = \{rnfr_1, \dots, rnfr_{Qnfr}\}$ - множина значень надійності нефункційних вимог ($rnfr_1$ - надійність нефункційної вимоги 1);

$rnfr_{Qnfr}$ - надійність нефункційної вимоги $Qnfr$,
 Rr - залежність між вимогами специфікації (ЕКП),
 Ric - суперечливість вимог специфікації (ЕКП), Sq - очікувана якість ПЗ (ЕКП), Ssq - очікуваний рівень безпеки ПЗ (ЕКП);

$R4 = \{r_1, \dots, r_n\}$ - множина додаткових характеристик розділу 4 специфікації вимог до ПЗ (n - кількість можливих додаткових характеристик, змінна величина для різних специфікацій). Враховуючи той факт, що розділ 4 є необов'язковим, надалі не враховуватимемо його показники при визначенні характеристик ПЗ.

В такому випадку математичну модель специфікації вимог до ПЗ з точки зору наявності у ній кількісних та експертних кількісних показників, корисних для визначення характеристик ПЗ, представимо наступним чином:

$$SRS = \left\{ \begin{array}{l} \{Tv, Qv, Sa, Qcs, SC, Pr of\}, \\ \{Cos, Cdb, Cc, Cdt, Sud, Cud, Us, \\ Cxos, Cxdb, Cxc\}, \\ \{Qfr, CFR, CXFR, RFR, Qa, CXA, \\ RA, Cb, Cui, Qmi, CMI, RMI, CXMI, \\ Qai, Cai, Rai, Cxai, Qci, Cci, Rci, \\ Cxci, Qnfr, CNFR, CXNFR, RNFR, \\ Rr, Ric, Sq, Ssq\} \\ \{r_1, \dots, r_n\} \end{array} \right.$$

2. Математичні моделі характеристик програмного забезпечення

Визначимо залежність кожної основної характеристики ПЗ від кількісних та експертних кількісних показників специфікації вимог до ПЗ (таблиця 1) на основі аналізу характеристик ПЗ [2, 3] із залученням експертів. Зрозуміло, що певні показники будуть впливати на різні характеристики.

Таблиця 1

Залежність характеристик ПЗ від кількісних та експертних кількісних показників специфікації вимог до ПЗ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Вартість ПЗ	Тривалість життєвого циклу ПЗ	Вибір моделі життєвого циклу ПЗ	Ефективність ПЗ	Складність	Зручність використання ПЗ	Кросплатформність	Якість ПЗ	Надійність ПЗ
<i>Кількісні показники (КП)</i>									
термін виконання Tv	+	+		+				+	
кількість виконавців Qv	+	+	+	+				+	
розмір цільової аудиторії (кількість користувачів) Sa			+	+				+	
кількість компонентів програмної системи Qcs	+	+	+	+	+		+	+	
множина розмірів компонентів програмного забезпечення SC	+	+		+	+			+	
вартість використовуваних операційних систем Cos	+			+				+	
вартість використовуваних баз даних Cdb	+			+				+	
вартість використовуваних компіляторів Cc	+			+				+	
вартість засобів розроблення Cdt	+			+			+	+	
розмір документації користувачів Cud		+			+	+		+	
вартість документації користувачів Sud	+			+		+		+	
кількість функційних вимог Qfr	+	+	+	+	+			+	+
множина значень вартості функційних вимог CFR	+		+	+				+	
множина значень складності функційних вимог $CXFR$			+		+			+	
множина значень надійності функційних вимог RFR			+			+		+	+
кількість використовуваних алгоритмів Qa		+		+	+			+	+
множина значень складності використовуваних алгоритмів CXA			+		+			+	

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
множина значень надійності використовуваних алгоритмів RA			+			+		+	+
середня прогнозована вартість помилки Cb	+			+				+	
вартість інтерфейсів користувача Cui	+			+		+		+	
кількість програмних (міжмодульних) інтерфейсів Qmi	+	+		+	+		+	+	+
множина значень вартості програмних інтерфейсів CMI	+			+			+	+	
множина значень надійності програмних інтерфейсів RMI						+	+	+	+
множина значень складності програмних інтерфейсів CXMI					+		+	+	
кількість апаратних інтерфейсів Qai		+		+	+		+	+	+
вартість апаратних інтерфейсів Cai	+			+			+	+	
надійність апаратних інтерфейсів Rai						+	+	+	+
складність апаратних інтерфейсів Sxai					+		+	+	
кількість інтерфейсів зв'язку та комунікацій Qci		+		+	+		+	+	+
вартість інтерфейсів зв'язку та комунікацій Cci	+			+			+	+	
надійність інтерфейсів зв'язку та комунікацій Rci						+	+	+	+
складність інтерфейсів зв'язку та комунікацій Sxci					+		+	+	
кількість нефункційних вимог Qnfr	+	+	+	+	+	+		+	+
множина значень вартості нефункційних вимог CNFR	+		+	+		+		+	
множина значень складності нефункційних вимог CXNFR			+		+	+		+	
множина значень надійності нефункційних вимог RNFR			+			+		+	+
<i>Експертні кількісні показники (ЕКП)</i>									
профілювання (цільова аудиторія) Pr of	+		+	+		+		+	
вміння користувачів працювати із аналогічними продуктами Us	+		+	+		+		+	
складність використовуваних операційних систем Sxos			+		+	+	+	+	
складність використовуваних баз даних Sxdb			+		+	+	+	+	
складність використовуваних компіляторів Sxc			+		+	+	+	+	
залежність між вимогами специфікації Rr			+		+			+	
суперечливість вимог специфікації Ric		+	+		+			+	+
очікувана якість програмного забезпечення Sq	+	+						+	
очікуваний рівень безпеки програмного забезпечення Ssq	+	+						+	

Враховуючи одержані залежності між характеристиками ПЗ та показниками специфікації вимог до ПЗ, побудуємо математичні моделі характеристик програмного забезпечення.

Математична модель вартості ПЗ має вигляд:

$$C = f \left(\begin{matrix} Tv, Qv, Qcs, SC, Cos, Cdb, Cc, Cdt, Sud, \\ Qfr, CFR, Cb, Cui, Qmi, CMI, Cai, Cci, \\ Qnfr, CNFR, Pr of, Us, Sq, Ssq \end{matrix} \right). \quad (1)$$

Математична модель тривалості життєвого циклу ПЗ:

$$LcD = \varphi \left(\begin{matrix} Tv, Qv, Qcs, SC, Cud, Qfr, Qa, Qmi, \\ Qai, Qci, Qnfr, Ric, Sq, Ssq \end{matrix} \right).$$

Математичне рівняння для вибору моделі життєвого циклу ПЗ має вигляд:

$$SLcM = \varphi \left(\begin{matrix} Qv, Sa, Qcs, Qfr, CFR, CXFR, RFR, \\ CXA, RA, Qnfr, CNFR, CXNFR, \\ RNFR, Pr of, Us, Cxos, Cxdb, Cxc, \\ Rr, Ric \end{matrix} \right).$$

Математична модель ефективності ПЗ:

$$EcEf = \gamma \left(\begin{matrix} Tv, Qv, Sa, Qcs, SC, Cos, Cdb, Cc, Cdt, \\ Sud, Qfr, CFR, Qa, Cb, Cui, CMI, Qmi, \\ Qai, Cai, Qci, Cci, Qnfr, CNFR, Pr of, \\ Us \end{matrix} \right).$$

Математична модель складності ПЗ:

$$CX = \sigma \left(\begin{matrix} Qcs, SC, Cud, Qfr, CXFR, Qa, CXA, \\ Qmi, CXMI, Qai, Cxai, Qci, Cxci, Qnfr, \\ CXNFR, Cxos, Cxdb, Cxc, Rr, Ric \end{matrix} \right).$$

Математична модель зручності використання:

$$U = \zeta \begin{pmatrix} Cud, Sud, RFR, RA, Cui, RMI, Rai, Rci, \\ Qnfr, CNFR, CXNFR, RNFR, Pr of, Us, \\ CXos, Cxdb, Cxc \end{pmatrix}.$$

Математична модель кросплатформеності ПЗ:

$$CP = \xi \begin{pmatrix} Qcs, Cdt, Qmi, CMI, RMI, CXMI, Qai, \\ Cai, Rai, Cxai, Qci, Cci, Rci, Cxci, Cxos, \\ Cxdb, Cxc \end{pmatrix}.$$

Математична модель якості ПЗ:

$$Q = \psi \begin{pmatrix} Tv, Qv, Sa, Qcs, SC, Cos, Cdb, Cc, Cdt, \\ Cud, Sud, Qfr, CFR, CXFR, RFR, Qa, \\ CXA, RA, Cb, Cui, Qmi, CMI, RMI, \\ CXMI, Qai, Cai, Rai, Cxai, Qci, Cci, Rci, \\ Cxci, Qnfr, CNFR, CXNFR, RNFR, Us, \\ Pr of, Cxos, Cxdb, Cxc, Rr, Ric, Sq, Ssq \end{pmatrix}.$$

Математичну модель надійності ПЗ представимо наступним чином:

$$R = \omega \begin{pmatrix} Qfr, RFR, Qa, RA, Qmi, RMI, Qai, Rai, \\ Qci, Rci, Qnfr, RNFR, Ric \end{pmatrix}.$$

В такому разі, маючи специфікацію вимог до ПЗ, можна визначити всі основні характеристики ПЗ та виконати вибір прийнятної моделі життєвого циклу ПЗ за запропонованими формулами, що дасть змогу прийняти мотивоване та обгрунтоване рішення щодо вибору програмного проекту та моделі його життєвого циклу на основі різних важливих характеристик ПЗ вже на початку етапу проектування за наявної специфікації вимог.

Висновки

У даній статті автори запропонували математичну модель специфікації вимог до ПЗ з точки зору наявності у ній кількісних та експертних кількісних показників, а також математичні моделі основних характеристик ПЗ, згідно яких можна

визначити характеристики ПЗ на основі аналізу специфікації вимог до ПЗ вже на початку етапу проектування, що є необхідним для прийняття ґрунтовних рішень щодо вибору проекту.

Але проблемою при цьому є визначення, власне, функцій для кожної характеристики (функцій $f, \phi, \gamma, \sigma, \zeta, \xi, \psi, \omega$), які враховуватимуть взаємовпливи та різні ступені впливу КП та ЕКП в межах однієї характеристики. Наразі є ряд робіт, в яких досліджено залежність певної характеристики від певного КП чи ЕКП, але відсутні рівняння, які дозволили б оцінити кожен показник як функцію множини показників специфікації у комплексі, з врахуванням їх взаємовпливів.

Одним із засобів, який дозволяє узагальнити інформацію та виявити залежності між вхідними і результуючими даними, є штучні нейронні мережі (ШНМ). В такому разі варто розробити ШНМ, яка опрацьовуватиме множини КП та ЕКП основних розділів специфікації, здійснюватиме апроксимацію показників специфікації та надаватиме кількісні оцінки різних характеристик розроблюваного за специфікацією ПЗ. На вирішення поставленої задачі будуть спрямовані подальші зусилля авторів.

Література

1. Поморова, О. В. Сучасні проблеми оцінювання якості програмного забезпечення [Текст] / О. В. Поморова, Т. О. Говоруценко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2013. – № 5 (64). – С. 319-327.
2. Говоруценко, Т. О. Визначення характеристик та вибір моделі життєвого циклу програмного забезпечення на основі аналізу специфікацій [Текст] / Т. О. Говоруценко, А. В. Красій // *Вісник Хмельницького національного університету*. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – № 6. – С. 201-208
3. Мищенко, В. О. CASE-оценка критических программных систем. В 3-х томах. Том 1. Качество / В. О. Мищенко, О. В. Поморова, Т. А. Говоруценко; под ред. В. С. Харченко. – Харьков : НАУ «ХАИ», 2012. – 201 с.

Надійшла до редакції 19.02.2014, розглянута на редколегії 24.03.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. О. Мищенко, Харківський національний університет, Харків, Україна.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕЦИФИКАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Т. А. Говорущенко, А. В. Красий

Данная работа посвящена построению математической модели спецификации требований к ПО, определению зависимости характеристик ПО от показателей спецификации и построению математических моделей основных характеристик ПО. Математические модели характеристик ПО показали, что для определения характеристик на основании показателей спецификации требований к ПО следует решить задачу определения взаимосвязей между значениями показателей спецификации и значениями характеристик ПО, а также определения степеней влияния показателей в рамках одной характеристики.

Ключевые слова: программное обеспечение (ПО), программный проект, спецификация требований к ПО, количественные показатели спецификации требований к ПО, качественные показатели спецификации, экспертные количественные показатели спецификации, характеристики ПО.

MATHEMATICAL MODELLING OF SOFTWARE REQUIREMENTS SPECIFICATION AND SOFTWARE CHARACTERISTICS

T. A. Hovorushchenko, A. V. Krasiy

This paper investigates the construction of mathematical model of software requirements specification, the definition of the dependence software characteristics on the specifications indicators and the construction of mathematical models of the main software characteristics. Mathematical models of software characteristics showed that the tasks of determining the relationships between the values of indicators and values of the software characteristics and of determining the impact of indicators in the single characteristic should be solved.

Key words: Software, software project, software requirement specification, quantitative specification indicators, qualitative specification indicators, expert quantitative specification indicators, software characteristics.

Говорущенко Тетяна Олександрівна – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри системного програмування, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна, e-mail: tat_yana@ukr.net.

Красий Андрій Валерійович – аспірант кафедри системного програмування, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна, e-mail: andriy-krasiy@yandex.ua.