

О. О. Писарчук, д-р. техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-5271-0248
e-mail: pusarchuk@nau.edu.ua;

Ю. М. Безкоровайна, старш. викладач
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0003-0741-7522
e-mail: yuliia.bezkorovaina@nau.edu.ua;

О. П. Дишлевий, старш. викладач
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-4557-1339
e-mail: dyshlevyy@nau.edu.ua;

В. А. Скалова, старш. викладач
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-8105-5393
e-mail: valentine.skalova@nau.edu.ua

МЕТОДИКА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГАМ ЗАМОВНИКА

Вступ

Стрімка зацікавленість до сектору інформаційних технологій в світі привів до розвитку різноманітних методологій розробки програмного забезпечення (ПЗ) [1–3]. Ці методології описують моделі життєвого циклу (ЖЦ) ПЗ, і так чи інакше включають схожі стадії або фази розробки, а саме визначення вимог, проектування, розробка або кодування, тестування, перевірка на відповідність вимогам, експлуатація або впровадження ПЗ. Прикладами таких моделей є каскадна модель та V-модель, які потребують чітко визначених вимог до ПЗ. Ці вимоги фіксуються в технічному завданні (ТЗ). На кожній фазі виникають специфічні проблеми, і одна з проблем — це оцінити відповідність ПЗ вимогам замовника.

Оцінювання ПЗ — це один із процесів підтримки ЖЦ, який визначений в стандарті ISO/IEC 12207 [4], полягає в тому, щоб гарантувати за допомогою систематичних вимірювань та оцінювання, відповідність встановлених та запропонованих вимог замовника фактичного функціоналу розроблюваного ПЗ [5].

Співпраця розробника з замовником передбачає аналіз та документування вимог, запропонованих замовником до ПЗ та їх валідація. Ця співпраця базується на моделі процесу визначення вимог і діяльності осіб, що забезпечує керування і формування вимог, а також методах досягнення показників якості.

Процес визначення вимог виконується на етапі визначення вимог — тобто від початку проекту і доти, доки не будуть визначені і погоджені вимоги. Управління таким процесом вимагає контроль виконання вимог і плануванні використання ресурсів (людських, програмних, технічних, часових, вартісних) у процесі розроблення проміжних версій і ПЗ в цілому. Поліпшення вимог забезпечує формулювання характеристик і атрибутів якості, які повинно мати ПЗ, методи їх досягнення на процесах ЖЦ і оцінювання отриманих результатів [2]. Зазначений процес є ітеративним, вимагає суб'єктивно-об'єктивний підходи, а тому вимагає формалізацій та наближення до форм методик.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Оцінювати можна проміжні версії ПЗ під час розробки та/або кінцевий варіант. Мета оцінки проміжної версії ПЗ може бути: прийняття рішення про прийом проміжної версії ПЗ або завершення будь-якого процесу та передача його результату наступному процесу; попередня оцінка готовності та відповідності ПЗ; збір інформації про проміжну версію ПЗ з метою контролю та керування розробкою ПЗ.

Метою оцінювання кінцевої версії ПЗ може бути: прийняття рішення про прийом ПЗ або строків випуску ПЗ; порівняння ПЗ з іншими ПЗ; вибір альтернативного ПЗ; оцінка позитивних та негативних результатів використання ПЗ [5].

Задачі оцінювання результатів мають загальнонауковий підхід, розглядалися та розв'язувались в наукових працях [6–9].

Оцінювання ПЗ ґрунтується на понятті метрик та обраної моделі оцінки, які базуються на аналізі складних процесів [6–9]. У статті пропонується використати одну з існуючих моделей оцінювання ефективності — багатокритеріальний [6–9].

Перелік метрик доволі великий, тож для розрахунків підходить обрана модель. Оцінювання ефективності здійснюється в певній послідовності: по-перше, необхідно визначити перелік метрик та спосіб їх отримання; по-друге, сформулювати моделі вироблення рішення, провести розрахунки; по-третє, зробити інтерпретацію отриманого результату.

Мета статті

Отже, традиційні підходи до оцінювання відповідності ПЗ вимогам замовника не забезпечують отримання інтегрованої оцінки. Це потребує суб'єктивного аналізу розгалуженої системи часткових показників, які різною мірою відображають ступінь у розроблюваному ПЗ вимог замовника. Тому метою статті є розробка методики оцінювання відповідності ПЗ вимогам за допомогою багатокритеріального оцінювання.

Основна частина

Вимоги до ПЗ містять у собі *функціональні*, *нефункціональні* та *системні* вимоги. Вимоги відбивають потреби замовника, який зацікавлений у створенні ПЗ. Замовник і розробник спільно виявляють вимоги, аналізують, переглядають, визначають необхідні обмеження і умови, а також описують їх. Розрізняють вимоги до продукту і до процесу, а також функціональні, не функціональні і системні вимоги. Вимоги до продукту і до процесу визначають умови виконання і режими роботи ПЗ в операційному середовищі, обмеження на структуру і пам'ять комп'ютерів та принципи взаємодії програм [2].

Функціональні вимоги визначають призначення і функції системи.

Нефункціональні — умови стосовно виконання ПЗ, його переносності і доступу до даних.

Системні вимоги описують вимоги до програмної системи, яка складається з взаємозалежних програмних і апаратних підсистем і різних застосувань.

Вимоги можуть бути кількісні (наприклад, кількість оброблених запитів на секунду, середній показник помилок і т. п.). Значна частина вимог стосується атрибутів якості: безвідмовність, надійність і ін., а також захисту і безпеки як ПЗ, так і даних [2–4].

Відповідно до стандарту [10] для передачі замовнику ПЗ проходить оцінку виконання та відповідність вимогам ТЗ, а саме попередні випробування, дослідна експлуатація та приймальна оцінка. Попередні випробування виконуються для моніторингу розробки ПЗ, мета якого оцінити чи були вірно визначені вимоги та строки виконання.

Дослідна експлуатація проводиться перед прийнятною оцінкою, а також оцінити якісні та кількісні характеристики ПЗ; вона проводиться в умовах реальної експлуатації ПЗ.

Приймальна оцінка або оцінка відповідності проводиться для визначення відповідності ПЗ ТЗ, а також оцінці дослідної експлуатації та можливість введення в постійну експлуатацію. Якщо ПЗ не проходить вище перелічені оцінки — його потрібно повернути на доопрацювання, а в деяких випадках на переробку в цілому.

Оцінку проводять на основі кількісних та якісних характеристик, тобто метрик.

Метрики ПЗ — це міра, що дозволяє отримати числове значення деяких властивостей ПЗ та його специфікацій [5].

У загальному випадку застосування метрик дозволяє визначити складність розробленого проекту, або проекту, що перебуває у розробці, оцінити об'єм робіт, стилістику розроблюваного проекту і зусилля, витрачені кожним розробником для реалізації того чи іншого рішення. Потрібно розрахувати за яких значень метрики вводити в експлуатацію ПЗ замовнику з подальшим супроводом.

Перелік метрик залежить від багатьох властивостей, і повинен бути індивідуальним для кожного ПЗ, що розроблюється. Метрики ПЗ можуть стосуватися характеристики, процесу розробки та використання ПЗ.

Визначення метрик та критеріїв оцінки відповідності ПЗ вимогам замовника

У ході досліджень, шляхом евристичного аналізу літератури [3] сформовано інфологічну модель факторів, показників та критеріїв ефективності, тобто модель метрик оцінки відповідності ПЗ вимогам замовника, яка подана у вигляді табл. 1, де наведені назви метрик та їх критеріїв для перевірки реалізації функціональних [2] та нефункціональних [3] вимог ПЗ, які зафіксовані в ТЗ, перелік метрик встановлюють для кожного ПЗ індивідуально залежно від призначення, бізнес-логіки, предметної області ПЗ та інших чинників.

У табл. 1 наведені непрямі метрики функціональних вимог, а формули розрахунку наведено нижче (1).

Значення нефункціональних вимог отримуються експертним шляхом, наприклад від 0 (найгірше значення) до 5 (найкраще значення).

Таблиця 1

Інфологічна модель факторів, показників та критеріїв ефективності

№ з/п	Група факторів	№ з/п	Фактори в групі	Показник	Критерій
1	Функціональні	1	Повнота реалізації функцій	ψ	$\psi \rightarrow \max$
		2	Коректність реалізації функцій	ϕ	$\phi \rightarrow \max$
		3	Точність реалізації функцій	δ	$\delta \rightarrow \max$
		4	Ретельність реалізації функцій	ν	$\nu \rightarrow \max$
		5	Здатність до обміну даних	μ	$\mu \rightarrow \max$
		6	Контроль доступу до даних у БД	κ_A	$\kappa_A \rightarrow \max$
		7	Точність обчислення даних	κ_{AC}	$\kappa_{AC} \rightarrow \max$
		8	Ступінь контролю доступу	κ_{LA}	$\kappa_{LA} \rightarrow \max$
		9	Функціональна відповідність	Φ_{CON}	$\Phi_{CON} \rightarrow \max$
2	Нефункціональні	10	Передача даних	V_{DATA}	$\Phi_{DATA} \rightarrow \max$
		11	Розподілена обробка даних	C_{DATA}	$C_{DATA} \rightarrow \max$
		12	Продуктивність	P_S	$P_S \rightarrow \max$
		13	Конфігурація і зайнятість технічних засобів	C_{CON}	$C_{CON} \rightarrow \max$
		14	Інтенсивність транзакцій	I_{TR}	$I_{TR} \rightarrow \max$
		15	Оперативне введення даних	D_{INS}	$D_{INS} \rightarrow \max$
		16	Ефективність роботи користувача	U_{USE}	$U_{USE} \rightarrow \max$
		17	Оперативність модифікації даних	E_{DATA}	$E_{DATA} \rightarrow \max$
		18	Складність обробки даних	C_{DE}	$C_{DE} \rightarrow \min$
		19	Можливість повторного використання застосування	R_{USE}	$R_{USE} \rightarrow \max$
		20	Простота інсталяції	S_{INS}	$S_{INS} \rightarrow \max$
		21	Простота використання	S_{USE}	$S_{USE} \rightarrow \max$
		22	Розповсюдженість	P_A	$P_A \rightarrow \max$
		23	Простота внесення змін	S_{ED}	$S_{ED} \rightarrow \max$

$$\psi = (1 - N_{SK}) / M_F, \phi = (1 - N_{INC}) / M_F, \delta = N_{RER} / T_{USE}, \nu = N_{IMP} / M_{FUN}, \mu = N_D / R_{FD}, \kappa_A = N_{DO} / M_{IO}, \kappa_{AC} = N_{ED} / M_{ED}, \kappa_{LA} = N_{RA} / M_R, \Phi_{CON} = N_{CC} / M_C, \tag{1}$$

де N_{SK} — кількість нереалізованих функцій; M_F — кількість функцій в ТЗ; N_{INC} — кількість некоректно розроблених функцій; N_{RER} — кількість відхилених результатів виконання функцій; T_{USE} — час використання компонентів функцій; N_{IMP} — кількість функцій, для яких ТЗ були точно реалізовані; M_{FUN} — кількість функцій, для яких вимоги до точності були встановлені в ТЗ; N_D — кількість даних, що беруть участь в обміні даних із БД; R_{FD} — загальна кількість форматів даних, що беруть участь в обміні

із БД; N_{DO} — кількість несанкціонованих операцій; M_{IO} — кількість нелегальних операцій, наведених в ТЗ; N_{ED} — кількість елементів даних, для яких забезпечений рівень точності обчислень; M_{ED} — кількість елементів даних, для яких у ТЗ встановлений рівень точності обчислень; N_{RA} — кількість вимог до контролю доступу стосовно ТЗ; M_R — кількість вимог до контролю доступу, встановлених у ТЗ; N_{CC} — кількість коректно розроблених компонентів, до яких пред'являється функціональна відповід-

ність; M_C — загальна кількість компонентів, до яких установлені норми і правила відповідності.

Головна ідея підходу в наступній послідовності [6–9]:

1. Формування системи часткових показників якості рішення;

2. Визначення значень часткових показників якості рішення;

3. Формування узагальненого показника якості із системи часткових і приведення його до відносної величини.

4. Аналіз оцінки та прийняття рішення про відповідності ПЗ вимогам замовника.

Формування моделі вироблення рішення оцінки відповідності ПЗ вимогам замовника полягає у зведенні (агрегації) переліку суперечливих часткових критеріїв табл. 1 до узагальненої оцінки. Для цього обрано згортку за нелінійною схемою компромісів професора А. М. Вороніна, виходячи із доведених переваг цієї схеми агрегації [6]. Сутністю зміни значень, що описують встановлені часткові критерії (табл. 1) є дискретна форма. Тоді зазначена вище згортка матиме вигляд [6]:

$$F_1 = (1 - \psi_0)^{-1} + (1 - \phi_0)^{-1} + (1 - \delta_0)^{-1} + (1 - \nu_0)^{-1} + (1 - \mu_0)^{-1} + (1 - \kappa_{A0})^{-1} + (1 - \kappa_{AC0})^{-1} + (1 - \kappa_{AL0})^{-1} + (1 - \phi_{CON0})^{-1} \rightarrow \min,$$

$$F_2 = (1 - V_{DATA0})^{-1} + (1 - C_{DATA0})^{-1} + (1 - P_{S0})^{-1} + (1 - C_{CON0})^{-1} + (1 - I_{TR0})^{-1} + (1 - D_{INS0})^{-1} + (1 - U_{USE0})^{-1} + (1 - E_{DATA0})^{-1} + (1 - C_{DE0})^{-1} + (1 - R_{USE0})^{-1} + (1 - S_{INS0})^{-1} + (1 - S_{USE0})^{-1} + (1 - P_{A0})^{-1} + (1 - S_{ED0})^{-1} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Для визначення інтегрованої оцінки ефективності за дискретною згортою (2) із узагальнених критеріїв (3) здійснюється їх нормування відносно найгіршої оцінки (максимального значення показника, що характеризує частковий критерій).

З урахуванням зазначеного інтегрована оцінка відповідності ПЗ вимогам замовника формується за виразом

$$I = (1 - F_{10})^{-1} + (1 - F_{20})^{-1} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Інтерпретація отриманого рішення полягає в приведенні значення інтегрованої оцінки (5) до єдиної шкали зміни, наприклад, від 0 (найгірша оцінка) до 1 (найкраща оцінка).

Це досягається шляхом нормування (4) до абстрактної найгіршої оцінки відповідно до виразу

$$I_0 = 1 - \frac{I}{\max I},$$

$$\max I = \sum_{i=1}^2 (1 - [\max F_i - \Delta])^{-1}, \quad (5)$$

$$Y(y_0) = \sum_{l=1}^k \gamma_{0l} (1 - y_{0l})^{-1} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $l=1..k$ — кількість включених у згортку часткових критеріїв; γ_{0l} — нормований ваговий коефіцієнт; y_{0l} — нормативний частковий критерій.

Нормування критеріїв, що входять до згортки (2), здійснюється відносно найвищого (для тих, що мінімізуються) та найнижчого (для тих, що максимізуються) значень критеріїв.

Надалі здійснюється послідовне (у межах видів метрик) зведення часткових критеріїв до узагальнених за видами (за виразом (2)) та до інтегрованого оцінювання.

Цим реалізується технологія вкладених згорток і забезпечується чутливість кінцевого рішення до зміни кожного з 24 часткових критеріїв табл. 1 [6].

Приймаючи надалі для спрощення запису в (2) вагові коефіцієнти за одиниці з позначенням нормувань критеріїв нулем, отримуємо узагальнені критерії ефективності за кожним видом:

де $\max F_l$ — найгірше з можливих значення часткового показника; Δ — коефіцієнт запасу, що забезпечує уникнення некоректних операцій при нормуванні.

Вирази (2)–(5) становлять математичну модель багатокритеріального оцінювання відповідності ПЗ вимогам замовника, яка відрізняється застосуванням сформованої моделі метрик і забезпечує підтримку прийняття управлінських рішень.

Отриману числову оцінку можливо привести до лінгвістичної категорії відповідно до фундаментальної шкали оцінювання табл. 2.

Приклад розрахунків

Для визначення дієвості запропонованого підходу проводились розрахунки за початковими даними табл. 3.

Розрахунки здійснювались з використанням середовища символічної алгебри Maple.

Таблиця 2

Фундаментальна шкала оцінювання

Інтегрована оцінка ефективності I_0	Лінгвістична категорія ефективності
1,0 — 0,7	Висока
0,7 — 0,5	Добра
0,5 — 0,4	Задовільна
0,4 — 0,2	Низька
0,2 і менше	Незадовільна

Таблиця 3

Початкові данні для розрахунків

№ з/п	Фактор	№ з/п	Критерій	Діапазон значень		Поточне значення	Нормуюче значення
				min	max		
1	Функціональні	1	ψ	0	1	0,8	Δ
		2	ϕ	0	1	0,6	Δ
		3	δ	0	1	0,7	Δ
		4	ν	0	1	0,6	Δ
		5	μ	0	1	0,6	Δ
		6	κ_A	0	1	0,6	Δ
		7	κ_{AC}	0	1	0,8	Δ
		8	κ_{LA}	0	1	0,6	Δ
		9	ϕ_{CON}	0	1	0,9	Δ
2	Нефункціональні	10	V_{DATA}	0	5	4	Δ
		11	C_{DATA}	0	5		Δ
		12	P_S	0	5	3	Δ
		13	C_{CON}	0	5	5	Δ
		14	I_{TR}	0	5	4	Δ
		15	D_{INS}	0	5	3	Δ
		16	U_{USE}	0	5	5	Δ
		17	E_{DATA}	0	5	5	Δ
		18	C_{DE}	0	5	1	$5 - \Delta$
		19	R_{USE}	0	5	3	Δ
		20	S_{INS}	0	5	4	Δ
		21	S_{USE}	0	5	4	Δ
		22	P_A	0	5	5	Δ
		23	S_{ED}	0	5	5	Δ

Порядок розрахунків щодо формування узагальнених значень показників показано лише для першої категорії критеріїв ефективності «Функціональні» (див. табл. 1, 2). Решта обчислень здійснюється аналогічно.

Відповідно до виразу (3) маємо модель розрахунку узагальненої оцінки для першої групи факторів F_1 .

Нормування часткових критеріїв здійснюється таким чином:

$$F_{0l}^{\min} = \frac{F_l^{\min}}{\max F_l^{\min} + \Delta}, \quad F_{0l}^{\max} = \frac{\min F_l^{\max} - \Delta}{F_l^{\max}}$$

$$\Delta = 0,01, \quad \psi_0 = \frac{\Delta}{0,8} = 0,0125, \quad \phi_0 = \frac{\Delta}{0,6} = 0,0167,$$

$$\delta_0 = \frac{0,7}{\Delta} = 0,0143, \quad \nu_0 = \frac{\Delta}{0,6} = 0,0167,$$

$$\mu_0 = \frac{\Delta}{0,6} = 0,0167, \quad \kappa_{A0} = \frac{\Delta}{0,6} = 0,0167,$$

$$\kappa_{AC0} = \frac{\Delta}{0,8} = 0,0125, \quad \kappa_{ALO} = \frac{\Delta}{0,6} = 0,0167,$$

$$\varphi_{CON0} = \frac{\Delta}{0,9} = 0,0111.$$

Розрахунки для узагальненої оцінки за першою групою факторів мають такий зміст:

$$F_1 = (1 - 0,0125)^{-1} + (1 - 0,0167)^{-1} + (1 - 0,0143)^{-1} +$$

$$+ (1 - 0,0167)^{-1} + (1 - 0,0167)^{-1} + (1 - 0,0167)^{-1} +$$

$$+ (1 - 0,0125)^{-1} + (1 - 0,0167)^{-1} + (1 - 0,0111)^{-1} =$$

$$= 9,1359.$$

Нормування частинних показників для узагальненої оцінки здійснюється так:

$$\Delta = 0,01, \quad \psi_0^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99,$$

$$\varphi_0^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99, \quad \delta_0^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99,$$

$$v_0^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99, \quad \mu_0^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99,$$

$$\kappa_{A0}^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99, \quad \kappa_{AC0}^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99,$$

$$\kappa_{ALO}^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99, \quad \varphi_{CON0}^{\max} = \frac{1 - \Delta}{1} = 0,99.$$

Надалі реалізується розрахунок узагальненої нормуючої оцінки для першої групи факторів:

$$\max F = \sum_{l=1}^k \gamma_{l0} (1 - \max F_l)^{-1},$$

$$\max F_1 = (1 - 0,99)^{-1} + (1 - 0,99)^{-1} +$$

$$+ (1 - 0,99)^{-1} + (1 - 0,99)^{-1} + (1 - 0,99)^{-1} +$$

$$+ (1 - 0,99)^{-1} + (1 - 0,99)^{-1} + (1 - 0,99)^{-1} +$$

$$+ (1 - 0,99)^{-1} = 900.$$

Як результат, маємо узагальнену нормовану оцінку ефективності для першої групи факторів:

$$F_0 = F / \max F,$$

$$F_{10} = (F_1 / \max F_1) = 9,1359 / 900 = 0,0102.$$

Відповідно до визначених початкових даних, з використанням виразів (2)–(5) отримано значення інтегрованої оцінки ефективності введення нового товару на ринок медичної техніки, яке становить $I_0 \approx 0,8$. Лінгвістична категорія ефективності згідно з фундаментальною шкали оцінювання має «високий» рівень. Проведені розрахунки доводять дієвість запропонованої моделі багатокритеріального оцінювання.

Висновки

У ході досліджень удосконалено математичну оптимізаційну модель багатокритеріального оцінювання відповідності ПЗ вимогам замовника. Модель відрізняється від відомих аналогів використанням запропонованої системи факторів, показників і критеріїв ефективності. При цьому

враховано сукупність суперечливих часткових критеріїв, розбитих на дві груп за належністю до певної категорії ефективності. З метою врахування усіх критеріїв у результаті оцінювання застосовано технологію вкладених згорток. Формування моделі базується на використанні методів розв'язку багатокритеріальних задач, зокрема методу зведення її до однокритеріальної форми шляхом згортки часткових критеріїв. Приклад використання розробленої моделі підтвердив її придатність для вирішення практичних завдань оцінювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Guide** to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0. — IEEE Computer Society. 2014, DOI : 10.1109/CSEET.2014.6816804.
2. **Лаврищева К.М.** Програмна інженерія : підручник. Київ : НАН Україна, Ін-т програмних систем, 2008. 319 с.
3. **Лаврищева Е. М.,** Грищенко В. Н. Сборочное программирование. Основы индустрии программных продуктов: 2-изд. Дополненное и переработанное. Киев: Наук. думка, 2009. 372с. ISBN 978-966-00-0848-1.
4. **ДСТУ ISO/IEC/IEEE 12207:2018.** Інженерія систем і програмних засобів. Процеси життєвого циклу програмних засобів (ISO/IEC/IEEE 12207:2017, IDT). Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНД-НЦ», 2018. 37 с.
5. **Андон П. І.,** Коваль Г. І., Коротун Т. М., Лаврищева Е. М., Суслов В. Ю. Основы качества программных систем. К.: Академперіодика, 2007. 860 с.
6. **Воронин А.Н.,** Зиатдинов Ю.К., Харченко А.В., Осташевский В.В. Сложные технические и эргатические системы: метод использования. Харьков : Факт, 1997. 240 с.
7. **Писарчук О.О.** Методика багатокритеріальної оцінки ефективності процесів функціонування та використання складних інформаційних систем. *Защита информации.* 2009. Вип. 16. С. 284–289.
8. **Даник Ю.Г.,** Писарчук О.О., Лагодний О.В., Випорхонюк О.В.. Математична модель багатокритеріального оцінювання ефективності інтернет-сайтів цільового спрямування. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки.* 2016. №1(76). С. 114–120.
9. **Писарчук О. О.,** Соколов К. О., Гудима О. П. Розроблення багатокритеріальної методики ситуаційного управління структурою і параметрами системи забезпечення інформаційної безпеки. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського.* 2016. № 3. С. 24–32.
10. **ГОСТ 34.603-92.** Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем. Москва : Стандартинформ, 2009, 11 с.

Писарчук О. О., Безкоровайна Ю. М., Дишлевий О. П., Скалова В. А.
МЕТОДИКА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГАМ ЗАМОВНИКА

Розробка програмного забезпечення розбивається на окремі етапи. Вони визначають модель життєвого циклу програмного забезпечення, а саме визначення вимог, проектування, розробка або кодування, тестування, перевірка на відповідність вимогам, експлуатація або впровадження програмного забезпечення. В статті розглянуто етап перевірки на відповідність програмного забезпечення вимогам замовника. Для оцінювання використовують якісні та кількісні характеристики – метрики. Традиційні підходи до оцінювання програмного забезпечення не забезпечують отримання інтегрованої оцінки. Це вимагає суб'єктивного аналізу розгалуженої системи часткових показників, які різною мірою відображають ступінь у розроблюваному програмному забезпеченні вимогам замовника. Мета статті у розробці методики оцінювання за допомогою багатокритеріального оцінювання. У ході досліджень удосконалено математична оптимізаційна модель оцінювання відповідності програмного забезпечення вимогам замовника. Модель відрізняється від відомих аналогів використанням запропонованої системи факторів, показників і критеріїв ефективності. При цьому враховано сукупність суперечливих часткових критеріїв, розбитих на дві групи за належністю до певної категорії ефективності. У результаті оцінювання застосовано технологію вкладених згорток. Формування моделі базується на використанні методів розв'язку багатокритеріальних задач, зокрема методу зведення її до однокритеріальної форми шляхом згортки часткових критеріїв. Приклад використання розробленої моделі підтвердив її придатність для вирішення практичних завдань оцінювання.

Ключові слова: програмне забезпечення; вимоги; якість; метрики; багатокритеріальне оцінювання.

Pysarchuk O., Bezkorovaina Y., Dyshleviy O., Skalova V.
THE METHOD OF MULTI-CRITERIA EVALUATING SOFTWARE COMPLIANCE WITH THE CUSTOMER'S REQUIREMENTS

Software development is divided into separate stages. They determine the model of the software life cycle, such as requirements definition, design, construction or coding, testing, checking for compliance, performance or implementation software. Each stage of software development has its own problems. The article describes the stage of evaluation release and compliance with the customer's requirements. For evaluation using qualitative and quantitative characteristics - metrics. It is necessary to calculate the values of metrics for making a decision for software production with maintenance. Traditional approaches to software evaluation do not provide an integrated assessment. It requires subjective analysis of the branched system of partial indicators, which to varying degrees reflect the degree of developed software to the requirements of the customer. The purpose of the article is to develop an evaluating method of using multi-criteria evaluating. During the research the mathematical optimization model for evaluating the compliance of software with the requirements of the customer has been improved. The model differs from known analogs using the proposed system factors, indicators and performance criteria. It takes into account a set of conflicting partial criteria, divided into two groups belonging to a certain category of performance. As a result of the assessment, the technology of nested convolutions was applied. The formation of the model is based on the use of methods for solving multi-criteria problems, in particular, the method of reducing it to a single-criteria form by convoluting partial criteria. An example of the use of the developed model confirmed its suitability for solving practical problems of estimation.

Keywords: software; requirements; quality; metrics; multi-criteria evaluation.

Писарчук А. А., Безкоровайная Ю. Н., Дышлевый А. П., Скалова В. А.
МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЗАКАЗЧИКА

Разработка программного обеспечения разбивается на отдельные этапы. Они определяют модель жизненного цикла программного обеспечения, а именно определение требований, проектирование, разработка или кодирование, тестирование, проверка на соответствие требованиям, эксплуатация или внедрение программного обеспечения. В статье рассмотрены этап проверки на соответствие программного обеспечения требованиям заказчика. Для оценки используют качественные и количественные характеристики - метрики. Традиционные подходы к оценке программного обеспечения не обеспечивают получения интегрированной оценки. Это требует субъективного анализа разветвленной системы частных показателей, которые в разной степени отражают степень в разрабатываемом программном обеспечении требованиям заказчика. Цель статьи в разработке методики оценки с помощью многокритериального оценивания. В ходе исследований усовершенствована математическая оптимизационная модель оценки соответствия программного обеспечения требованиям заказчика. Модель отличается от известных аналогов использованием предложенной системы факторов, показателей и критериев эффективности. При этом учтено совокупность противоречивых частных критериев, разбитых на две группы по принадлежности к определенной категории эффективности. В результате оценки применена технология вложенных сверток. Формирование модели базируется на использовании методов решения многокритериальных задач, в частности метода сведения ее к однокритериальной формы путем свертки частных критериев. Пример использования разработанной модели подтвердил ее пригодность для решения практических задач оценивания.

Ключевые слова: программное обеспечение; требования; качество; метрики; многокритериальное оценивание.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2019 р.

Прийнято до друку 06.03.2019 р.