

В. Є. СОКОЛ, кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління; м. Харків, Україна; e-mail: volodymyr.sokol@khp.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4689-3356>

М. Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», директор інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій; м. Харків, Україна; e-mail: Mykhailo.Hodlevskiy@khp.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2872-0598>

Д. К. МАЛЕЦЬ, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант, м. Харків, Україна; e-mail: dmytro.malets@cs.khp.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1980-1401>

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІТ-КОМПАНІЇ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЇ КОРИСНОСТІ

У роботі процес розробки програмного забезпечення розглядається як об'єкт дослідження, який є слабко структурованою системою. Наведено опис таких систем у вигляді загальних характеристик, до яких відносяться: труднощі побудови аналітичної моделі; неповнота, неточність, недостовірність та невизначеність інформації; еталони, які необхідні для оцінки слабко структурованих систем, доволі часто відсутні; унікальність процесу прийняття рішень; динамічний характер моделей слабко структурованих систем і т. ін. У роботі оцінка якості процесу розробки програмного забезпечення розглядається на основі стандартів моделей зрілості, які можуть мати безперервний та дискретний варіанти. На основі безперервного варіанта проводиться оцінка якості окремих фокусних областей та процесів моделей зрілості. Для цього використовується дискретна бальна шкала першого типу, коли оцінка проводиться за об'єктивним критерієм. Оцінка якості окремих фокусних областей та процесів характеризує локальні критерії оцінки якості всього процесу розробки програмного забезпечення. І тому стоїть задача на їхній основі формування деякої інтегральної оцінки якості. Як один з варіантів реалізації цієї проблеми є дискретна модель зрілості, де шкала для оцінки всього процесу розробки програмного забезпечення має п'ять градацій, які називаються рівнями зрілості. Починаючи з другого рівня, кожна градація характеризується множиною фокусних областей з відповідними рівнями можливості. Наявність такої шкали дозволяє проводити не тільки оцінку якості всього процесу розробки програмного забезпечення, але і вирішувати задачу планування підвищення його якості. Але попередньо необхідно провести аналіз такої шкали з погляду її збалансованості, а саме, щоб відстані на шкалі між градаціями були приблизно однаковими. Тому у роботі проведено аналіз існуючих шкал, які можуть бути запропоновані для експертного оцінювання якості процесу розробки програмного забезпечення. Їхня побудова може бути реалізована на основі функції корисності з використанням формалізованих у роботі локальних критеріїв моделей зрілості. Для цього використовується фундаментальна властивість систем. А саме, залежність корисності (ефективності) складної системи від вкладених ресурсів на інтервалі життєвого циклу, яка зазвичай має вигляд логістичної кривої. Подальші дослідження будуть присвячені використанню цього факту для побудови збалансованої шкали оцінки всього процесу розробки програмного забезпечення на основі моделей зрілості.

Ключові слова: процес розробки програмного забезпечення, якість програмних систем, слабко структурована система, модель зрілості, шкала критерію, локальні критерії, функція корисності, експерти.

Вступ. Одним з недостатньо вивчених об'єктів наукових досліджень є слабко структуровані віртуальні системи, до яких належить процес розробки програмного забезпечення (ПР ПЗ), який є об'єктом дослідження роботи. Тому попередньо дамо опис слабко структурованих систем, для яких характерні задачі підтримки прийняття рішень [1, 2], шляхом їхньої стислої характеристики на прикладі ПР ПЗ.

1. Наявність труднощів побудови аналітичної моделі у зв'язку з вербальним описом більшості моделей оцінки якості ПР ПЗ. Відсутність об'єктивної цільової функції оптимізації всього ПР ПЗ. Формалізувати таку цільову функцію, як правило, доволі важко (іноді практично неможливо) через множину факторів, які можуть впливати на її побудову та функціонування. Іноді незрозуміло, яким чином ці фактори впливають один на одного.

2. Можливість проводити оптимізацію тільки окремих складових слабко структурованих систем. При цьому у загальному випадку це не призводить до оптимальності всієї складної системи.

3. Як правило, опис складних слабко структурованих систем пов'язаний з неповнотою, неточністю, недостовірністю та невизначеністю інформації про її стан. Це безпосередньо відноситься до стану ПР ПЗ ІТ

компанії. Все це призводить до труднощів побудови відповідних адекватних моделей об'єкта дослідження.

4. Доволі часто еталони, які побудовано для оцінки слабко структурованих систем, або відсутні, або побудовані таким чином, що на їхній основі важко оцінити якість окремих складових системи.

5. Процес прийняття рішень в слабко структурованих системах є унікальним і не може бути перенесеним автоматично на інші області. Наприклад, побудова шкали оцінки ПР ПЗ ІТ компанії з урахуванням усіх її особливостей не може бути перенесена автоматично на іншу ІТ-компанію, яка має інші особливості. В цьому випадку можна використовувати тільки ідеологію побудови такої шкали.

6. Як правило, всі моделі слабко структурованих систем поділяються на статичні та динамічні. Модель ПР ПЗ ІТ компанії, як слабко структурованої складної системи, є динамічною і розглядається на деякому плановому періоді. В процесі функціонування ПР ПЗ він змінюється, адаптується до зовнішнього середовища. З метою отримання адекватної моделі об'єкта дослідження пропонується використовувати поняття ковзного планування, при якому розглядається спочатку динамічна модель, яка є основою для побудови

© Сокол В. Є., Годлевський М. Д., Малець Д. К., 2024



Дослідницька стаття: Цю статтю опубліковано видавництвом *НТУ «ХПІ»* у збірнику «Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології». Ця стаття поширюється за міжнародною ліцензією [Creative Commons Attribution \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Конфлікт інтересів: Автор/и заявив/или про відсутність конфлікту.



статичної, більш детальної, на окремому підперіоді планування.

7. Оцінка якості слабко структурованих систем, як правило, пов'язана з окремими експертами або сформованою групою (командою) експертів і тому однією з важливих властивостей таких систем є вплив людського фактора. Експерти мають свої особисті цілі і тому їхня поведінка доволі тяжко враховується.

8. Наступною важливою властивістю ПР ПЗ як слабко структурованої системи є велика розмірність простору, в якому розглядається задача. Це призводить до неможливості звичайного перебору варіантів структури та параметрів системи (структурного та параметричного синтезу). Тому виникає задача розробки алгоритмів спрямованого перебору.

Однією з важливих задач в області інженерії програмного забезпечення є оцінка та планування підвищення якості ПР ПЗ як слабко структурованої віртуальної системи. Тому у подальшому розглянемо більш детально ПР ПЗ: основні визначення науковців, підходи до оцінки якості і на цій основі сформулюємо мету та визначимо постановку задачі дослідження.

Постановка та мета задачі дослідження. Попередньо дамо загальне визначення процесного підходу до вирішення задачі розробки складних систем як засобу наукового дослідження навколишнього світу з метою його практичного перетворення. Необхідно підкреслити, що процесний підхід це набір дій (процесів), які дозволяють перетворити вихідну інформацію/сировину/проміжний продукт у кінцевий продукт/послугу. При цьому множина процесів вибудовується у певній послідовності. Такий підхід будемо розглядати щодо розробки програмних систем. Фактично це те, чим займається інженерія програмного забезпечення. Отже, у подальшому всі досягнення в області процесного підходу розглянемо з погляду розробки програмних продуктів [3–5]. Перед тим, як розглянути основні процеси, які притаманні ПР ПЗ, дамо декілька визначень провідних вчених, які з різних боків розглядають ПР ПЗ.

Необхідно підкреслити, що в роботі [6] було вперше підкреслено необхідність застосування процесного підходу до розробки програмного забезпечення. Саме автор цих досліджень дав наступне визначення процесу розробки програмного забезпечення. Це множина дій, яка відноситься до програмної інженерії і необхідна для перетворення вимог користувачів у програмне забезпечення. Більш детально та розгорнуте визначення ПР ПЗ дається у роботі [7], де підкреслено, що це набір моделей, методів, технологій та практичних процедур, які реалізуються на основі окремих етапів та фаз проєкту ІТ спеціалістами для розробки та супроводу програмного забезпечення. Автор наукового дослідження [8] розглядає процес розробки ПЗ як деяку множину етапів ІТ проєкту, яка включає: формування вимог до ПЗ та їхню обробку бізнес аналітиками, формування архітектури ПЗ, проектування ПЗ, кодування, проведення тестування, супровід ПЗ. Крім цього розглядаються питання забезпечення якості ПЗ, управління ризиками при розробці ПЗ та управління проєктом протягом усього

його життєвого циклу. Всі ці визначення ПР ПЗ збігаються на тому, що це впорядкована сукупність дій (процесів), яка спрямована на розробку програмної системи (програмного продукту).

Тепер перейдемо до вирішення питання, яким чином формується конкретний екземпляр ПР ПЗ. Для вирішення цієї проблеми необхідно відповісти на два питання [9]: 1) з яких етапів (дій, процесів) складається ПР ПЗ; 2) яка послідовність цих етапів і які умови переходу між ними. Визначення переліку процесів, які задіяно у ПР ПЗ, дає відповідь на перше питання. Модель життєвого циклу (ЖЦ) ПР ПЗ – це визначення послідовності процесів ПР ПЗ і відповідь на друге питання. Перейдемо до більш детального розгляду першого та другого питань.

Найбільш загальним є стандарт ISO 9001 [10]. Він спрямований на використання процесного підходу при розробці, впровадженні та покращенні якості складної системи з метою виконання потреб користувачів її послуг.

Підкреслимо основні недоліки стандарту ISO 9001:

- при досягненні організацією вимог стандарту в той же час не дається ніяких рекомендацій щодо покращення якості процесів;
- не дає об'єктивної кількісної оцінки рівня якості процесів (і в тому числі це відноситься до ПР ПЗ). Процес або відповідає стандарту, або ні.
- ще до одного недоліку стандарту необхідно віднести те, що свобода його інтерпретації – ціна за абстракцію, яку було введено з метою можливості використання для великої кількості організацій різного профілю діяльності.

Стисло дамо характеристику стандартам, процеси яких спрямовані на розробку програмного забезпечення. В першу чергу це стандарт ISO/IEC 9126, який основну увагу приділяє визначенню якості програмного забезпечення [11]. Далі це стандарт ISO/IEC 25010 [12], який замінив попередній стандарт. У цьому стандарті приділено більше уваги безпеці.

Наступними є стандарти, які пов'язані з моделями зрілості. В першу чергу це стандарт ISO/IEC 15504 TR Software Process Improvement and Capability dEtermination (SPICE) [13].

В цьому стандарті процес визначення якості ПР ПЗ називається атестацією, яку проводить спеціальна атестаційна комісія, яку очолює провідний атестатор. Стандарт ISO/IEC 15504 TR містить посібник по визначенню компетентності атестатора. Ця еталонна модель визначає високорівневі фундаментальні цілі, які визначають що повинно бути досягнуто, а не те як і коли це досягти.

Наступний стандарт Capability Maturity Model Integration (CMMI) розроблено Інститутом програмної інженерії (Software Engineering Institute, SEI) [14]. Цей стандарт (модель) базується на попередній моделі Capability Maturity Model (CMM).

Рівень якості (зрілості) всього ПР ПЗ відповідно до моделі CMMI визначається на основі наступних процесів (фокусних областей):

1. Виконання моніторингу і контролю проєкту.
2. Планування проєкту.
3. Управління вимогами.
4. Управління угодами з постачальниками.
5. Управління конфігурацією.
6. Вимірювання та аналіз.
7. Забезпечення якості процесу та продукту.
8. Визначення організаційного процесу.
9. Формування організаційного процесу.
10. Організаційне навчання.
11. Інтегроване управління проєктами.
12. Управління ризиками.
13. Інтеграція продукту.
14. Розробка вимог.
15. Технічні рішення.
16. Валідація.
17. Верифікація.
18. Аналіз та вибір рішень.
19. Організаційна ефективність процесу.
20. Кількісне управління проєктами.
21. Управління процесами.
22. Причинно-наслідковий аналіз.

Окремі процеси моделі SPICE та перелічені фокусні області моделі CMMI визначають якість окремих складових PR ПЗ. Відповідно до наведених стандартів цих моделей зрілості рівень якості процесів і фокусних областей визначається на вербальному рівні. Крім цього, тільки модель CMMI оцінює якість всього PR ПЗ на основі рівнів зрілості. Але незрозуміло, яким чином корелює якість PR ПЗ з п'ятьма рівнями зрілості. Для моделі SPICE зовсім відсутня шкала оцінки якості всього PR ПЗ. Обидві моделі не враховують особливості функціонування ІТ компанії, для якої розглядається PR ПЗ.

Отже, мета наукової роботи полягає в тому, щоб розробити дієвий засіб для синтезу збалансованої шкали оцінки якості всього PR ПЗ для моделей зрілості CMMI та SPICE і у подальшому вирішувати питання врахування особливостей функціонування ІТ компанії при побудові таких шкал.

Аналіз шкал критеріїв для експертного оцінювання якості PR ПЗ. Проведемо аналіз шкал, які можуть бути використані при оцінці слабо структурованої системи, у тому числі PR ПЗ ІТ-компанії. Розглянемо та проаналізуємо окремих підклас шкал порядку, до якого відносяться бальні шкали двох типів. У першому випадку оцінка експертом проводиться за об'єктивним критерієм, наприклад у вигляді лінгвістичної фрази. Оцінки експертів фактично є деякими флуктуаціями реальних значень. Зазвичай при цьому є загальноприйнятні еталони, що відповідають градаціям шкали, з якими порівнюються об'єкти, які розглядаються. Бальна оцінка другого виду використовується коли не тільки немає загальноприйнятних еталонів, а й сумнівна сама наявність якогось єдиного об'єктивного критерію, суб'єктивними відображеннями якого є оцінки [15]. У подальшому будемо розглядати бальні шкали першого типу і за основу візьмемо шкалу Т. Сааті, яка доволі часто називається фундаментальною шкалою, в якій

лінгвістичні фрази англійською мовою були запропоновані Т. Сааті [16]. Ця шкала використовується у двох видах: з п'ятьма та дев'ятьма градаціями. Шкала з 9-ма градаціями та похідні від неї наведено в табл. 1. На перших етапах своїх досліджень Т. Сааті використовував п'ятибальну шкалу: 1, 3, 5, 7, 9. Необхідно підкреслити, що формування лінгвістичних фраз, які характеризують окремі недоліки шкали, повинні абсолютно однозначно визначити різницю між ступенем переваги між альтернативами, які розглядаються. З іншої сторони, залежно від об'єктів, які оцінюються, може бути використана більш деталізована шкала з більшою кількістю поділок. Тому у подальшому в дослідженнях Т. Сааті використовувались проміжні поділки: 2, 4, 6, 8 (табл. 1).

У наукових дослідженнях було звернуто увагу на те, що цілочисельні шкали (у тому числі шкали Т. Сааті) дають нерівномірний розподіл ваг альтернатив. Тому у [17] було запропоновано наступний підхід. Якщо вважати, що сума вагових коефіцієнтів ρ_1 та ρ_2 двох альтернатив, які порівнюються, дорівнює одиниці, то можна розглянути формування дев'ятибальної шкали наступним чином (табл. 2). У такій шкалі вдалося уникнути нерівномірності. Тому шкала була названа збалансованою. В цьому випадку кожному цілочисельному значенню шкали від 1 до 9 відповідає значення $\alpha = \rho_1/\rho_2$.

Наступним прикладом збалансованої шкали є ступенева шкала, яка була запропонована в роботі [18]. У цьому випадку використовується наступна формула $\alpha = \frac{p-1}{\sqrt[p]{9^{z-1}}}$, де p – кількість поділок шкали, z – ціле число зі шкали Т. Сааті. Слід відзначити ще одну шкалу, яка представлена у роботі [19] і для якої $\alpha = p/(p+1-z)$ (шкала Ма-Чжена).

У роботі [20] проведено дослідження, пов'язане з кількістю градацій шкали і компетентністю експерта. Виявилось, що немає потреби мати багато градацій у тому випадку, коли експерт не має високого рівня компетентності з проблеми, яка розглядається. Один з висновків, який можна зробити, пов'язаний з тим, що експерт повинен сам визначити кількість поділок шкали при виконанні експертизи.

Висновки, які можна зробити з наведеного розгляду бальних шкал першого типу, пов'язані з тим, що необхідно проаналізувати наскільки дискретний варіант моделі зрілості CMMI має збалансовану п'ятибальну шкалу. Необхідність в цьому виникає, якщо вирішується задача планування розвитку PR ПЗ і бажано мати поділки шкали, які знаходяться приблизно на однаковій відстані одна від другої з погляду якості PR ПЗ, яку бажано ототожнювати з деякою функцією корисності PR ПЗ. З іншої сторони, при побудові дискретної моделі на основі еталонної моделі SPICE (аналог дискретного варіанта CMMI) теж виникає проблема побудови збалансованої шкали. Отже, можна визначити, що це одна з проблем при вирішенні задачі планування розвитку PR ПЗ.

Оцінка якості PR ПЗ на основі функції корисності. Перед тим як перейти до оцінки якості PR

Таблиця 1 – Шкала Т. Сааті та її похідні

Лінгвістична фраза		Шкала			
Англійською	Українською	Т. Сааті	Збалансована	Степенева	Ма-Чжена
Числа, поставлені у відповідність					
Equally	Немає переваги	1	1	$\sqrt[9]{9^0} = 1$	$9/9=1$
Weakly or slightly preferred	Слабка або незначна перевага	2	11/9	$\sqrt[9]{9^1} \approx 1,316$	9/8
Moderately preferred	Середня перевага	3	3/2	$\sqrt[9]{9^2} \approx 1,732$	9/7
Moderately plus preferred	Більш ніж середня перевага	4	13/7	$\sqrt[9]{9^3} \approx 2,28$	$9/6=3/2$
Strongly preferred	Сильна перевага	5	7/3	$\sqrt[9]{9^4} = 3$	9/5
Strongly plus preferred	Більш ніж сильна перевага	6	3	$\sqrt[9]{9^5} \approx 3,948$	9/4
Very strongly preferred	Дуже сильна перевага	7	4	$\sqrt[9]{9^6} \approx 5,196$	$9/3=3$
Very, very strongly preferred	Дуже, дуже сильна перевага	8	17/3	$\sqrt[9]{9^7} \approx 6,839$	9/2
Extremely preferred	Надзвичайна перевага	9	9	$\sqrt[9]{9^8} = 9$	$9/1=9$

Таблиця 2 – Формування збалансованої шкали

Цілочисельна шкала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ρ_1	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
ρ_2	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1

ПЗ ІТ-компанії, розглянемо структуру кожної з цих моделей. Модель СММІ має дискретний та безперервний варіанти оцінки. На основі безперервного варіанта проводиться оцінка окремих фокусних областей моделі. Для цього варіанта структура моделі представлена на рис. 1, де \bar{K} – множина категорій фокусних областей, а \bar{I}^k – множина фокусних областей k -ї категорії.

В свою чергу модель SPICE є тільки безперервною і складається з множини окремих процесів. Її ієрархічна структура наведена на рис. 2, де K – множина категорій процесів, а P^k – множина процесів k -ї категорії.

Фактично оцінки якості окремих фокусних областей моделі СММІ та оцінка якості окремих процесів моделі SPICE є локальними оцінками всього ПР ПЗ. Тому на першому етапі необхідно розглянути проблему формалізації окремих локальних критеріїв моделі СММІ та SPICE. З цієї метою на рис. 3 і рис. 4 представлені структури фокусної області моделі СММІ та процесу моделі SPICE. S_i^k – множина цілей i -ї фокусної області, яка належить до k -ї категорії, \bar{J}_i^{ks} – множина практик s -ї цілі, яка належить до i -ї

фокусної області k -ї категорії. J_p^k – множина практик p -го процесу k -ї категорії.

З погляду теорії прийняття рішень для кожного локального об'єкта ПР ПЗ (фокусні області, процеси) розглядаються три групи критеріїв: 1) ступінь досягнення поставленої мети; 2) ресурсні витрати; 3) час.

Отже, при формуванні локальних критеріїв будемо розглядати динамічну задачу з періодом планування $[1, T]$, де T – тривалість планування. Відповідно до [21] будемо розглядати дві групи критеріїв оцінки якості окремих складових моделей зрілості СММІ та SPICE при фіксованому періоді планування.

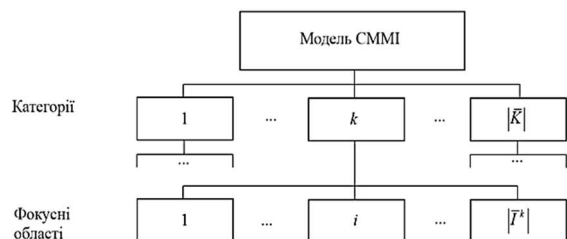


Рис. 1. Ієрархічна структура безперервної моделі СММІ



Рис. 2. Ієрархічна структура моделі SPICE

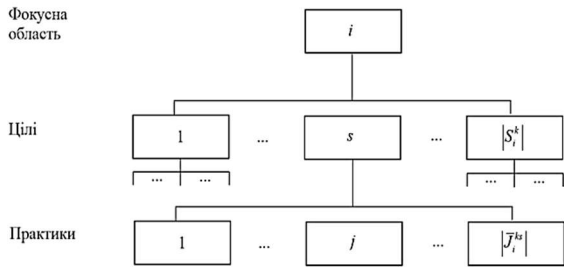


Рис. 3. Структура фокусної моделі SMMI

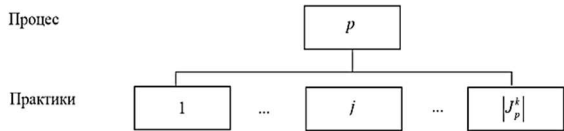


Рис. 4. Структура процесу моделі SPICE

З погляду теорії прийняття рішень для кожного локального об'єкта ПР ПЗ (фокусні області, процеси) розглядаються три групи критеріїв: 1) ступінь досягнення поставленої мети; 2) ресурсні витрати; 3) час.

Отже, при формуванні локальних критеріїв буде розглядати динамічну задачу з періодом планування $[1, T]$, де T – тривалість планування. Відповідно до [21] будемо розглядати дві групи критеріїв оцінки якості окремих складових моделей зрілості СММІ та SPICE при фіксованому періоді плануванні.

З метою формалізації моделі СММІ у роботі [21] введено поняття рівня можливості окремої практики, який відповідає деякій технології, для реалізації якої необхідні ресурси (фінансові, людські). Окремому рівню можливості практики відповідає конкретне значення цілочисельної змінної

$$x_{ij}^{ks}(t) = \overline{0,3}, j \in \overline{J}_i^{ks}, s \in S_i^k, i \in \overline{I}^k, k \in \overline{K}, t \in [1, T].$$

В свою чергу на основі рівнів можливості окремих практик формується рівень можливості s -ї цілі, яка входить в i -ту фокусну область

$$y_i^{ks}(t) = f_i^{ks}(\{x_{ij}^{ks}(t)\}).$$

Далі на основі множини цілей, які водять в i -ту фокусну область формується (визначається) її рівень можливості

$$Z_i^k(t) = F_i^k(\{y_i^{ks}(t)\}).$$

У разі вирішення задачі планування розвитку фокусних областей ПР ПЗ формуються ресурсні критерії, які забезпечують досягнення заданих планових

показників. У роботі [22] розглядаються два види ресурсів: фінансові витрати та час для переходу практик і фокусної області на більш високий рівень можливості, які необхідні для оволодіння нових технологій, інструментів і т. ін.

Одним з підходів визначення функцій f_i^{ks} та F_i^k є згортка окремих оцінок практик з урахуванням вагових коефіцієнтів практик та цілей в межах їхньої фокусної області

$$Z_i^k(t) = \sum_{s \in S_i^k} {}^2\rho_i^{ks} \sum_{j \in \overline{J}_i^{ks}} {}^1\rho_{ij}^{ks} x_{ij}^{ks}(t),$$

$$i \in \overline{I}^k, k \in \overline{K}, t \in [1, T],$$

де

$${}^1\rho_{ij}^{ks} > 0, j \in \overline{J}_i^{ks}; \sum_{j \in \overline{J}_i^{ks}} {}^1\rho_{ij}^{ks} = 1, s \in S_i^k, i \in \overline{I}^k, k \in \overline{K},$$

$${}^2\rho_i^{ks} > 0, s \in S_i^k, \sum_{s \in S_i^k} {}^2\rho_i^{ks} = 1, i \in \overline{I}^k, k \in \overline{K}.$$

Логічно вважати, що кожна практика, а значить і фокусна область, попередньо мають нульовий рівень можливості. Для досягнення першого, другого та третього рівнів, як було визначено вище, необхідно вкладати ресурси двох типів. Фокусна область може не в повному обсязі володіти деяким рівнем можливості. Тому введемо поняття ступеня володіння i -ю фокусною областю γ -рівня можливості, де $\gamma = 1, 2, 3$. З цією метою введемо нові змінні

$${}^\gamma \overline{x}_{ij}^{ks}(t) = \begin{cases} x_{ij}^{ks}(t) : x_{ij}^{ks}(t) \leq \gamma, \\ \gamma : x_{ij}^{ks}(t) > \gamma, \end{cases}$$

$$j \in \overline{J}_i^{ks}, s \in S_i^k, \gamma = \overline{1,3}, i \in \overline{I}^k, k \in \overline{K}, t \in [1, T]$$

та функцію

$${}^\gamma Z_i^k(t) = \sum_{s \in S_i^k} {}^2\rho_i^{ks} \sum_{j \in \overline{J}_i^{ks}} {}^1\rho_{ij}^{ks} {}^\gamma \overline{x}_{ij}^{ks}(t),$$

$$i \in \overline{I}^k, k \in \overline{K}, t \in [1, T], \gamma = \overline{1,3}.$$

Тоді ступінь володіння i -ю фокусною областю γ -рівня можливості ${}^\gamma \omega_i^{kt}$ визначається наступним чином

$${}^\gamma \omega_i^{kt} = {}^\gamma Z_i^k(t) / \gamma, \gamma = \overline{1,3}. \quad (1)$$

Перейдемо до розгляду питання оцінки якості окремого процесу моделі SPICE. Відповідно до [23] обчислення рівня можливості окремого процесу реалізується наступним чином. Вважається, що кожна практика має п'ять рівнів можливості, які визначаються на основі дев'яти наступних атрибутів: 1) виконання окремої практики; 2) управління виконанням практики; 3) управління робочими продуктами; 4) визначення практики; 5) забезпечення практики ресурсами; 6) вимірювання показників практики; 7) кількісне управління практикою; 8) зміна практики; 9) безперервне управління практикою.

Для кожного атрибута вводиться змінна $X_{pj}^{kt}(\alpha)$, яка визначає ступінь володіння рисою α -атрибута j -ї

практики, p -го процесу k -ї категорії для t -го підпроцесу, $t \in [1, T]$. Відповідно до моделі SPICE вважається, що атрибут має чотири рівні володіння рисою залежно від частоти використання, яка визначається наступним чином:

- 1) N – не володіє [0 % – 15 %];
- 2) P – володіє частково [16 % – 50 %];
- 3) L – володіє в основному [51 % – 85 %];
- 4) F – володіє в основному [86 % – 100 %].

Вважається, що $X_{pj}^{kt}(\alpha) \in \{1, 2, 3, 4\}$, де 1 відповідає букві N , 2 – P , 3 – L , 4 – F . Залежно від рівня володіння рисою кожного атрибута визначається рівень можливості кожної практики. Технологія визначення рівня можливості практики залежно від рівня володіння рисою наведена в табл. 1 роботи [23]. У цій роботі було введено поняття матриці оцінки атрибутів усіх практик кожного процесу моделі SPICE

$$X_p^{kt} = \{X_{pj}^{kt}(\alpha) : \alpha = \overline{1,9}, j \in J_p^k\}, \\ p \in P^k, k \in K, t \in [1, T]$$

та гранична матриця оцінки рівня можливості окремої практики

$$\Lambda = \{\Lambda(\gamma, \alpha), \gamma = \overline{0,5}, \alpha = \overline{1,9}\},$$

яку наведено в табл. 2 роботи [23].

В цій матриці введено допоміжний нульовий рівень можливості, що сповільнює формування так званої матриці «відповідності» $\Phi_p^{kt}(\gamma)$, яка визначає наскільки практика відповідає γ -рівню можливості шляхом порівняння матриці оцінок X_p^{kt} та граничної матриці Λ . Це реалізується наступним чином

$$\Phi_p^{kt}(\gamma) = \begin{cases} \gamma \Phi_{pj}^{kt}(\alpha) = \begin{cases} X_{pj}^{kt}(\alpha) : X_{pj}^{kt}(\alpha) < \Lambda(\gamma, \alpha) \\ \Lambda(\gamma, \alpha) : X_{pj}^{kt}(\alpha) \geq \Lambda(\gamma, \alpha) \end{cases}, \\ \alpha = \overline{1,9}; j \in J_p^k \end{cases},$$

$$p \in P^k, k \in K, t \in [1, T], \gamma = \overline{0,5}.$$

Отже, ми отримали окремі елементи $\gamma \Phi_{pj}^{kt}(\alpha)$ матриці $\gamma \Phi_p^{kt}$, які визначають для кожної j -ї практики p -го процесу ступінь володіння рисою по кожному атрибуту. Далі визначається для кожного p -го процесу інтегральна ступінь володіння рисою по кожному атрибуту з урахуванням вагових коефіцієнтів важливості практик $\{\rho_{pj}^k\}$, які входять до p -го процесу. Це реалізується наступним чином

$$\gamma M_p^{kt} = \begin{cases} \gamma M_p^{kt}(\alpha) = \sum_{j \in J_p^k} \rho_{pj}^k \cdot \Phi_{pj}^{kt}(\alpha), \alpha = \overline{1,9} \\ p \in P^k, k \in K, t \in [1, T], \gamma = \overline{0,5} \end{cases},$$

при умові

$$\rho_{pj}^k > 0, \forall j \in J_p^k, \sum_{j \in J_p^k} \rho_{pj}^k = 1, p \in P^k, k \in K.$$

Якщо розглядати рядки вектору $\Lambda(\gamma) = \{\Lambda(\gamma, \alpha), \alpha = \overline{1,9}\}$, $\gamma = \overline{0,5}$, то для кожного γ -рівня можливості вони будуть визначати еталон досягнення процесом відповідного рівня можливості. Тому у роботі [23] ступінь володіння p -м процесом γ -рівня можливості було запропоновано визначити наступним чином

$$\gamma \Theta_p^{kt} = \|\gamma M_p^{kt}\| / \|\Lambda(\gamma)\|, \gamma = \overline{0,5}, \quad (2)$$

де

$$\|\gamma M_p^{kt}\| = \sqrt{\sum_{\alpha=1}^9 [\gamma M_p^{kt}(\alpha)]^2}; \\ \|\Lambda(\gamma)\| = \sqrt{\sum_{\alpha=1}^9 [\Lambda(\gamma, \alpha)]^2}.$$

Отже, на основі структур фокусної області моделі СММІ (рис. 1, рис. 3), а також процесу моделі SPICE (рис. 2, рис. 4), було сформовано локальні критерії (1) та (2), які визначають якість окремих складових моделі СММІ та моделі SPICE. На основі цих локальних критеріїв моделей зрілості стоїть задача визначити інтегральну якість всього ПР ПЗ ІТ-компанії. Відповідно до дискретної моделі СММІ була визначена бальна шкала з п'ятьма градаціями, кожна з яких визначається як рівень зрілості. Розглядається бальна шкала першого типу, кожна градація якої зазвичай докладно описується. У роботі [24] дано такий опис, а в табл. 3 наведено множини номерів фокусних областей на кожному рівні зрілості. Отже, табл. 3 сумісно з описом фокусних областей, які наведено вище, дають вичерпну характеристику бальної шкали першого типу (рівнів зрілості ІТ-компанії).

Труднощі проблеми оцінювання всього ПР ПЗ ІТ-компанії як об'єкта дослідження полягає в тому, що він характеризується, як це було розглянуто вище, багатьма локальними критеріями (показниками) і неможливо вибрати єдиний критерій, який досить повно характеризує цей об'єкт [15]. У зв'язку з цим виникає необхідність:

1) формування множини локальних критеріїв, які досить повно відображають усі значущі характеристики ПР ПЗ. Щодо моделей СММІ та SPICE формалізація таких локальних критеріїв реалізована;

2) вибору на множині локальних критеріїв метрики, що дозволяє встановлювати на множині варіантів реалізації ПР ПЗ відношення порядку.

Табл. 3 є прикладом вирішення другої задачі, де локальні критерії об'єднані у множини, кожна з яких характеризує деякий рівень якості ПР ПЗ. У цьому випадку використана шкала, де максимальний рівень якості відповідає п'ятому рівню зрілості, а мінімальний – першому. Другий, третій та четвертий рівні є проміжними і неможливо оцінити відстані між різними

Таблиця 3 – Структура дискретної моделі СММІ

Категорії				Рівні зрілості				
Управління проєктами	Підтримка	Управління процесами	Інженерія	1	2	3	4	5
–	–	–	–	1	2	3	4	5
1	5							
2	6							
3	7							
4								
8	10	11	14					
9		12	15					
		13	16					
			17					
			18					
19		20						
	21	22						

градаціями цієї шкали. Наприклад, наскільки четвертий рівень зрілості (якості) перевищує третій у порівнянні з тим, наскільки третій перевищує другий. Відсутність такої можливості значно ускладнює вирішення задачі планування підвищення рівня якості ПР ПЗ. Тому з метою усунення (ліквідації) цього недоліку пропонується використання теорії корисності [25], яка є основою формування багатокритеріальних скалярних оцінок і передбачає існування кількісної оцінки переваги окремих альтернатив. Це означає, що, якщо альтернативний варіант ПР ПЗ X_1 переважає альтернативний варіант X_2 , то $\bar{F}(X_1) > \bar{F}(X_2)$, де $\bar{F}(X_1)$, $\bar{F}(X_2)$ – значення функції корисності $\bar{F}(X)$. У загальному випадку справедливо і зворотне твердження. Отже, корисність є кількісною мірою «якості» рішень. У зв'язку з цим виникає задача обґрунтування правила (метрики), за яким формується функція корисності в просторі множини локальних критеріїв. З погляду фундаментальної властивості систем у роботі [15] підкреслюється, що залежність корисності (ефективності) складної системи від вкладених ресурсів (фінансових, людських і т. ін.) на інтервалі життєвого циклу зазвичай описується логістичною кривою. Застосуємо цю властивість до побудови дискретної моделі зрілості СММІ. Якщо вважати, що інтервал зміни функції корисності $[0,1]$, то логічним буде прийняти, що п'ятий рівень зрілості відповідає, з погляду функції корисності, одиниці. На рис. 5 наведено варіанти функції корисності залежно від використаних ресурсів R . $\bar{P}_i^j, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,3}$ – значення функції корисності, де i – рівень зрілості, а j – варіант логістичної кривої; $R_i, i = \overline{1,5}$ – ресурси, необхідні для досягнення i -го рівня зрілості. Для того, щоб не зашарашувати рисунок, на осі $\bar{F}(R(X))$ відзначено тільки перший варіант логістичної кривої.

При такому підході до побудови функції корисності на основі попередніх міркувань неможливо визначити конкретні значення функції корисності на інтервалі $[0,1]$ для кожного рівня зрілості, а значить побудувати збалансовану шкалу оцінки якості ПР ПЗ.

Тому пропонується інший підхід до вирішення цієї проблеми на основі локальних критеріїв (1, 2), моделей зрілості.

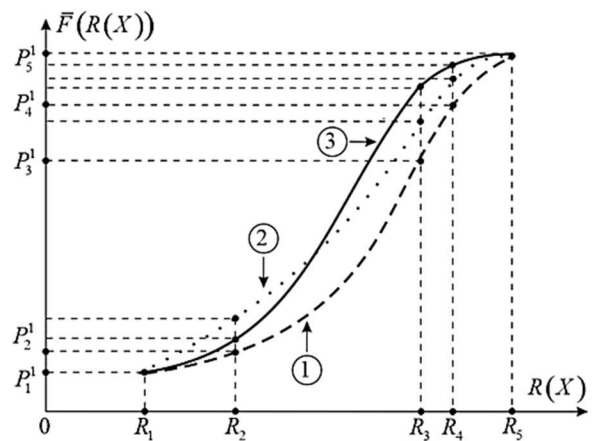


Рис. 5. Варіанти функції корисності

Будемо вважати, що визначені необхідні ресурси до забезпечення максимального рівня можливості кожної фокусної області моделі СММІ та процесу моделі SPICE. Рівні зрілості моделі СММІ з відповідною множиною фокусних областей будемо вважати базовими, які є цілями для підвищення якості ПР ПЗ. Далі на основі використання методології колективного експертного оцінювання визначається ступінь важливості кожного рівня зрілості з погляду якості ПР ПЗ, а також вагові коефіцієнти важливості кожної фокусної області в межах відповідного рівня зрілості. На цій основі реалізується синтез інтегральних функцій корисності для кожного рівня і сумарна функція корисності, для якої кожному об'єму фінансових витрат будуть відповідати конкретні її значення. Це дозволить збільшити кількість градацій шкали дискретної моделі СММІ і синтезувати збалансовану шкалу. При визначенні базових рівнів зрілості для моделі SPICE (аналогічних моделі СММІ) можна використати аналогічний підхід до побудови збалансованої шкали.

Висновки, шляхи подальших досліджень. У роботі ПР ПЗ розглядається як об'єкт дослідження, який є слабо структурованою віртуальною системою. Визначені основні проблеми, які характерні для таких

систем при оцінці та плануванні підвищення їхньої якості на прикладі ПР ПЗ. Для вирішення цих задач базовими обрано моделі зрілості CMMI та SPICE. Проведено аналіз шкал критеріїв для оцінки якості ПР ПЗ і на цій основі запропоновано підхід до побудови збалансованої бальної шкали оцінки якості всього ПР ПЗ ІТ-компанії. Для цього синтезовано локальні критерії оцінки якості ПР ПЗ обох моделей зрілості, які є базою для побудови функції корисності. Це дає можливість сформуванню збалансованих шкал для обох моделей зрілості оцінки якості всього ПР ПЗ.

Подальші дослідження будуть присвячені вирішенню наступних проблем:

- розробці технології формування збалансованої шкали для дискретної моделі CMMI;
- синтезу дискретної моделі SPICE і визначенню її рівнів зрілості на зразок дискретної моделі CMMI;
- розробці технології формування збалансованої шкали для дискретної моделі SPICE;
- синтезу моделі планування підвищення якості ПР ПЗ на основі збалансованої дискретної моделі SPICE.

Список використаної літератури

1. Таран Т. А., Зубов Д. А. *Штучний інтелект*. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. 240 с.
2. Глибовець М. М., Олецкий О. В. *Штучний інтелект*. Київ: КМ Академія, 2002. 366 с.
3. Goodman F. A. *Defining and deploying software processes*. Auerbach Publ., 2006. 221 p.
4. Li T. *An Approach to Modelling Software Evolution Processes*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2008. 213 p.
5. Андон Ф. И., Коваль Г. И., Коротун Т. М. *Основы инженерии качества программных систем*. Киев: Академперіодика, 2007. 672 с.
6. Humphrey W. S. *Managing the software process*. Boston, MA: Addison-Wesley, 1989. 512 p.
7. Ambler S. W. *More Process Patterns: Delivering Large-Scale Systems Using Object Technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 369 p.
8. Прессман Р., Максим Б. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. New York: McGraw-Hill, 2019. 78 p.
9. Madachy R. J. *Software process dynamics*. Hoboken, New Jersey: IEEE Press, Wiley Interscience, 2008. 601 p.
10. Wissenberg N. *History and best practice of the standard for quality management systems DIN EN ISO 9001*. Faculty of Communication and Environment of the Rhine-Waal University of Applied Sciences. 2015. 7 p.
11. Al-Qutaish R. Quality Models in Software Engineering Literature: An Analytical and Comparative Study. *Journal of American Science*. 2010. Vol. 6. 10 p.
12. Estdale J., Georgiadou E. *Applying the ISO/IEC 25010 Quality Models to Software Product*. In: Larrucea X., Santamaria I., O'Connor R., Messnarz R. (eds). *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2018. Communications in Computer and Information Science*. 2018. Vol. 896. 12 p.
13. Mesquida A., Mas A., Alcover A., Calvo-Manzano J. IT Service Management Process Improvement based on ISO/IEC 15504: A systematic review. *Information & Software Technology*. 2012. Vol. 5. P. 239–247.
14. Lugo J., Bermudez P. A., Piñero P., Bello R.. Project Control and Computational Intelligence: Trends and Challenges. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. 2017. Vol. 10. P. 320–335.
15. Годлевский М. Д., Малец Д. К. Синтез функций корисності процесу розробки програмного забезпечення на основі еталонної моделі SPICE. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. Харків: НТУ «ХПІ», 2022. № 2 (8). С. 81–86.

16. Saaty T. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh, PA: RWS Publ., 2000. 477 p.
17. Salo A. A. On the measurement of preferences in the analytic hierarchy process. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 1997. Vol. 6. P. 309–319.
18. Lootsdoma F. A. Conflict resolution via pairwise comparison of concessions. *European Journal of Operational Research*. 1989. Vol. 40. P. 109–116.
19. Ma D, Zheng X. 9/9-9/1 Scale Method of the AHP. *Proceedings of the 2nd International Symposium on the AHP*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh. 1991. Vol. 1. P. 197–202.
20. Elliott M. A. Selecting numerical scales for pairwise comparisons. *Reliability Engineering and System Safety*. 2010. Vol. 95. P. 750–763.
21. Годлевский М. Д., Брагинский И. Л. Динамическая модель и алгоритм управления качеством процесса разработки программных систем на основе модели зрілості. *Проблеми інформаційних технологій*. Херсон: ОЛДИ-Плюс, 2012. С. 6–13.
22. Годлевский М. Д., Голоскокова А. А. Синтез статических моделей планирования улучшения качества процесса разработки программного обеспечения. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. Харків, 2015. № 3/2 (75). С. 23–29.
23. Годлевський М. Д., Голоскокова А. О., Бурлаков Г. О. Динамічна модель планування розвитку підмножини процесів еталонної моделі зрілості SPICE. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. № 2 (4). С. 10–16.
24. Шеховцов В. А., Годлевський М. Д., Брагинский И. Л. Вербальное описание технологии улучшения качества процесса разработки программного обеспечения. *Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. Темат. вып.: Системный анализ, управление и информационные технологии*. Харків: НТУ «ХПІ», 2012. № 29. С. 54–59.
25. Катренко А. В., Пасічник В. В. *Прийняття рішень: теорія та практика*. Львів: Новий Світ – 2000, 2013. 447 с.

References (transliterated)

1. Taran T. A., Zubov D. A. *Shtuchnyy intelekt*. [Artificial Intelligence]. Luhans'k, Vyd-vo SNU im. V. Dalya Publ., 2006. 240 p.
2. Hlybovets' M. M., Olets'kyu O. V. *Shuchnyy intelekt*. [Artificial Intelligence]. Kyiv, KM Akademiya Publ., 2002. 366 p.
3. Goodman F. A. *Defining and deploying software processes*. Auerbach Publ., 2006. 221 p.
4. Li T. *An Approach to Modelling Software Evolution Processes*. Berlin-Heidelberg, Springer Publ., 2008. 213 p.
5. Andon F. Y., Koval' H. Y., Korotun T. M. *Osnovy ynzheneryy kachestva prohrammykh system*. [Fundamentals of Software Systems Quality Engineering]. Kyiv, Akadempriodika Publ., 2007. 672 p.
6. Humphrey W. S. *Managing the software process*. Boston, MA, Addison-Wesley, 1989. 512 p.
7. Ambler S. W. *More Process Patterns: Delivering Large-Scale Systems Using Object Technology*. Cambridge, Cambridge University Press, 1999. 369 p.
8. Pressman R., Maksym B. *Software Engineering: A Practitioner's Approach (9th ed.)*. 2019. 78 p.
9. Madachy R. J. *Software process dynamics*. Hoboken, New Jersey: IEEE Press, Wiley Interscience, 2008. 601 p.
10. Wissenberg N. *History and best practice of the standard for quality management systems DIN EN ISO 9001*. Faculty of Communication and Environment of the Rhine-Waal University of Applied Sciences. 2015. 7 p.
11. Al-Qutaish R. Quality Models in Software Engineering Literature: An Analytical and Comparative Study. *Journal of American Science*. 2010, vol. 6, p. 10.
12. Estdale J., Georgiadou E. *Applying the ISO/IEC 25010 Quality Models to Software Product*. In: Larrucea X., Santamaria I., O'Connor R., Messnarz R. (eds). *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2018. Communications in Computer and Information Science*. 2018, vol. 896. 12 p.
13. Mesquida A., Mas A., Alcover A., Calvo-Manzano J. IT Service Management Process Improvement based on ISO/IEC 15504: A

- systematic review. *Information & Software Technology*. 2012, vol. 54, pp. 239–247.
14. Lugo J, Bermudez P. A., Piñero P., Bello R. Project Control and Computational Intelligence: Trends and Challenges. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. 2017, vol. 10, pp. 320–335.
 15. Hodlevs'kyy M. D., Malets' D. K. Syntez funktsiyi korysnosti protsesu rozrobky prohramnoho zabezpechennya na osnovi etalonnoyi modeli SPICE. [Synthesis of the utility function of the software development process based on the SPICE reference model]. *Visnyk NTU "KhPI": zb. nauk. pr. Seriya: Sy'stemny'j analiz, upravlinnya ta informacijni tehnologiyi*. [Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2022, no. 2 (8), pp. 81 – 86.
 16. Saaty T. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh, PA, RWS Publications, 2000. 477 p.
 17. Salo A. A. On the measurement of preferences in the analytic hierarchy process. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 1997, vol. 6, pp. 309–319.
 18. Lootsdoma F. A. Conflict resolution via pairwise comparison of concessions. *European Journal of Operational Research*. 1989, vol. 40, pp. 109–116.
 19. Ma D, Zheng X. 9/9-9/1 Scale Method of the AHP. *Proceedings of the 2nd International Symposium on the AHP*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh, 1991, vol. 1, pp. 197–202.
 20. Elliott M. A. Selecting numerical scales for pairwise comparisons. *Reliability Engineering and System Safety*. 2010. Vol. 95. Pp. 750–763.
 21. Hodlevs'kyy M. D., Brahyns'kyy Y. L. Dynamichna model' i alhorytm upravlinnya yakystyu protsesu rozrobky prohramnykh system na osnovi modeli zrelosti [A dynamic model and algorithm for quality control of the development process of software systems based on the maturity model]. *Problemy ynformatsyonnykh tekhnolohyy*. Kherson, OLDY-Plyus Publ., 2012, pp. 6–13.
 22. Hodlevs'kyy M. D., Holoskokova A. A. Syntez statychnykh modeley planuvannya polipshennya yakosti protsesu rozrobky prohramnoho zabezpechennya [Synthesis of static planning models for improving the quality of the software development process]. *Skhidno-Yevropeys'kyy zhurnal peredovykh tekhnolohiy*. Kharkiv, 2015, no. 3/2 (75), pp. 23–29.
 23. Hodlevs'kyy M. D., Holoskokova A. O., Burlakov H. O. Dynamichna model' planuvannya rozvytku pidmnozhyzny protsesiv etalonnoyi modeli zrelosti SPICE [A dynamic development planning model for a subset of processes of the SPICE Maturity Reference Model]. *Visnyk NTU "KhPI": zb. nauk. pr. Seriya: Sy'stemny'j analiz, upravlinnya ta informacijni tehnologiyi*. [Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2020, no. 2 (4), pp. 10–16.
 24. Shekhovtsov V. A., Hodlevs'kyy M. D., Brahyns'kyy Y. L. Verbal'noe opysanye tekhnolohyy uluchshennya kachestva protsesa razrabotky prohramnoho obespechenya [Verbal description of technology for improving the quality of the software development process]. *Vestnik Nats. tekhn. un-ta "KhPI": sb. nauch. tr. Temat. vyp.: Sistemnyy analiz, upravlenie i informatsionnye tekhnologii* [Bulletin of the National Technical University "KhPI": a collection of scientific papers. Thematic issue: System analysis, management and information technology]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2011, no. 29, pp. 54–59.
 25. Katrenko A. V., Pasichnyk V. V. *Prynyattya rishen': teoriya ta praktyka*. [Decision making: theory and practice]. L'viv, Novyy Svit – 2000 Publ., 2013. 447 p.

Надійшло (received) 05.05.2024

UDC 004.4: 519.816

V. YE. SOKOL, Candidate of Technical Sciences, docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of Software Engineering and Management Information Technologies, Kharkiv, Ukraine; e-mail: volodymyr.sokol@kphi.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2872-0598>

M. D. GODLEVSKYI, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Director of the Institute of Computer Science and Information Technology, Kharkiv, Ukraine; e-mail: god_asu@kphi.kharkov.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2872-0598>

D. K. MALETS, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Graduate Student, e-mail: dmytro.malets@cs.kphi.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1980-1401>

QUALITY ASSESSMENT OF THE SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS OF AN IT COMPANY BASED ON THE USE OF THE UTILITY FUNCTION

The paper considers the software development process as an object of research, which is a poorly structured system. A description of such systems is given in the form of general characteristics, which include: difficulties in building an analytical model; incompleteness, inaccuracy, unreliability and uncertainty of information; benchmarks required for assessing weakly structured systems are often absent; uniqueness of the decision-making process; dynamic nature of models of poorly structured systems, etc. In this paper, the quality assessment of the software development process is considered based on maturity model standards, which can have continuous and discrete variants. The continuous version assesses the quality of the individual focus areas and processes of the maturity models. For this purpose, a discrete point scale of the first type is used, when the assessment is carried out according to an objective criterion. The quality assessment of individual focus areas and processes characterizes the local criteria for assessing the quality of the entire software development process. Therefore, the task is to form some kind of integral quality assessment on their basis. One of the options for solving this problem is a discrete maturity model, where the scale for assessing the entire software development process has five gradations called maturity levels. Starting from the second level, each gradation is characterized by a set of focus areas with corresponding levels of capability. The availability of such a scale allows not only assessing the quality of the entire software development process, but also solving the task of planning to improve its quality. But first, it is necessary to analyse such a scale from the point of view of its balance, namely, that the distances on the scale between the gradations are approximately equal. Therefore, the paper analyses the existing scales that can be proposed for expert assessment for the quality of the software development process. Their construction can be realized on the basis of a utility function using the local criteria of maturity models formalized in this paper. For this purpose, a fundamental property of systems is used. Namely, the dependence of the utility (efficiency) of a complex system on the invested resources over the life cycle interval, which usually takes the form of a logistic curve. Further research will be devoted to using this fact to build a balanced scale for assessing the entire software development process based on maturity models.

Keywords: software development process, quality of software systems, poorly structured system, maturity model, criterion scale, local criteria, utility function, experts.

Повні імена авторів / Author's full names

Автор 1 / Author 1: Сокол Володимир Євгенович / Sokol Volodymyr Yevgenovych

Автор 2 / Author 2: Годлевський Михайло Дмитрович / Godlevskyi Mykhaylo Dmytrovych

Автор 3 / Author 3: Малець Дмитро Костянтинівич / Malets Dmytro Kostyantynovych