

УДК 006.015.5

Гусєва Ю. Ю.¹, Мартиненко О. С.², Кадикова І. М.³, Чумаченко І. В.⁴

¹Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

²Аспірант кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

³Канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

⁴Д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

МЕТРИКИ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВИМОГ У ПРОЕКТАХ

Актуальність. Процеси управління вимогами є одним з ключових чинників успіху або невдачі проекту. Дослідження у галузі проектного менеджменту вказують, що саме ці процеси є недостатньо формалізованими. Отже, є необхідність розробки та формалізації методів управління і контролю вимог, зокрема, для проектів, управління яких здійснюється за традиційними або комбінованими методологіями.

Мета роботи – формалізація метрик процесів управління вимогами у проектах. Об'єктом дослідження є процеси управління та контролю вимог у проектах, предметом дослідження – метрики, які характеризують вимоги у проекті.

Метод. Використано методи аналізу та синтезу, методи нечітких множин та операції над матрицями. Запропоновано використання моделі, яка встановлює зв'язки між окремими характеристиками проекту (ризик, роботи, ресурси, вимоги, стейкхолдери та відповідальні особи проекту) за допомогою ієрархічної структури робіт. Запропоновано формалізацію метрик моделі, що дозволить відстежувати динаміку виконання проекту та ідентифікувати зацікавлені сторони проекту за визначеними напрямками.

Результати. На основі співставлення ієрархічної структури робіт з ієрархічними структурами вимог, ризиків, ресурсів та організаційною структурою проекту розроблено метод формалізації метрик управління вимогами проекту. Запропонований метод дозволяє відстежувати виконання вимог зацікавлених сторін проекту у часі у відповідності до обсягу фактично витрачених ресурсів по аналогії з методом освоєного обсягу. Адаптивність методу до традиційних процесів менеджменту проектів дає змогу використовувати вихідні дані – вже сформовані активи проекту та стандартне програмне забезпечення (зокрема, MS Project, OpenProj) для практичної реалізації методу.

Висновки. Запропонований метод формалізує процеси управління вимогами у проекті, дозволяє визначити ресурсне та ризикове навантаження вимог, що доповнює існуючі моделі класифікації вимог даними метриками. Метод формалізації метрик управління вимогами проекту дозволяє також отримати інструменти для оцінювання ефективності команди проекту та класифікації зацікавлених сторін проекту. Проведені експерименти підтвердили працездатність запропонованого математичного забезпечення і дозволяють рекомендувати його використання на практиці при прийнятті проектних рішень щодо управління змінами та вимогами стейкхолдерів проекту. Перспективи подальших досліджень можуть полягати у розробці програмного забезпечення, що реалізує запропонований метод.

Ключові слова: управління вимогами, проект, метрика, ресурси, стейкхолдери, ризики.

НОМЕНКЛАТУРА

PMI – Project Management Institute;

WBS – Work Breakdown Structure (ієрархічна структура робіт проекту);

F – функція, що описує взаємозв'язок між двома елементами моделі у чіткій формі;

$M_{i,j-1}$ – матриця взаємозв'язків робіт рівнів i та $i-1$ ієрархічної структури робіт проекту;

$Recourse_i$ – матриця розподілу ресурсів за i -м рівнем ієрархічної структури робіт проекту;

$recourse_k$ – k -й ресурс проекту;

$R(resource)BS$ – ієрархічна структура ресурсів проекту;

$Requirement_i$ – матриця розподілу вимог за i -м рівнем ієрархічної структури робіт проекту;

$requirement_l$ – l -та вимога проекту;

$R(requirement)BS$ – ієрархічна структура вимог проекту;

$Responsibility_i$ – матриця розподілу відповідальних осіб за i -м рівнем ієрархічної структури робіт проекту;

$responsibility_z$ – z -та відповідальна особа проекту;

$R(responsibility)BS$ – організаційна структура проекту;

$Risk_i$ – матриця розподілу ризиків за i -м рівнем ієрархічної структури робіт проекту;

$risk_v$ – v -й ризик проекту;

$R(isk)BS$ – ієрархічна структура ризиків проекту;

$RRec$ – матриця взаємозв'язку вимог і ресурсів, необхідних для їх виконання;

$RRes$ – матриця взаємозв'язку вимог і осіб, відповідальних за їх виконання;

$RRis$ – матриця взаємозв'язку вимог і ризиків, що виникають при їх виконанні;

S – матриця розподілу вимог між стейкхолдерами проекту;

$stakeholder_u$ – u -й стейкхолдер проекту;

$w_{i,j}$ – j -та робота i -го рівня ієрархічної структури робіт проекту;

Φ – функція, що описує взаємозв'язок між двома елементами моделі у нечіткій формі.

ВСТУП

Управління вимогами на сьогодні є одним з ключових процесів для досягнення успішних результатів проектів та програм. Дослідження у галузі проектного уп-

равління Project Management Institute [1, 2] за останні роки вказують, що проблеми у роботі з вимогами посідають друге-третє місце серед чинників, які викликають провали проектів. Доля респондентів, яка вказує саме таку причину невдачі проекту стабільно складає 37-38%. До того ж відповідно [3] лише 49% респондентів відокремлюють ресурси для здійснення процесів управління вимогами у проекті, а 47% – не здатні формалізувати процеси для об'єктивної валідації вимог. Отже, є необхідність у створенні методичного забезпечення процесів управління вимогами у проектах і програмах.

У роботах [4, 5] пропонується використовувати співставлення ієрархічної структури робіт проекту з наступними ієрархічними структурами:

- *R(requirement)BS* – ієрархічна структура вимог проекту;
- *R(risk)BS* – ієрархічна структура ризиків проекту;
- *R(resource)BS* – ієрархічна структура ресурсів проекту;
- *R(Responsibility)BS* – організаційна структура проекту.

Таким чином, встановлюються відповідності «робота-вимога», «робота-ресурс», «робота-відповідальний», «робота-ризик» («work-requirement», «work-resource», «work-responsibility», «work-risk»). Графічно модель взаємозв'язків між елементами ієрархічних структур проекту можна представити у вигляді кубу, гранями якого є ризики, роботи, ресурси, вимоги, стейкхолдери та відповідальні особи проекту (risk, resource, requirement, responsibility, work, stakeholders – 4R & WS).

Метою даної статті є формалізація метрик процесів управління вимогами у проектах. Об'єктом дослідження є процеси управління та контролю вимог у проектах і програмах, предметом дослідження – метрики, які характеризують вимоги у проекті.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Вхідними даними для аналізу є ієрархічна структура робіт проекту. В ході дослідження вона доповнюється інформацією щодо розподілу ресурсів та відповідальних осіб за окремими роботами (ці зв'язки наявні при плануванні проекту в чіткому виді), та даними щодо розподілення вимог та ризиків за роботами проекту (дані такого роду зазвичай відсутні у чіткій формі, тому пропонується моделювати відповідні зв'язки за допомогою методів нечітких множин).

При формуванні вихідних даних необхідно враховувати існування різних типів вимог у проекті: взаємовиключних (дві або більше вимог, які не можуть бути виконані одночасно в проекті); підтримуючих (виконання однієї вимоги сприяє виконанню іншої); незалежних (виконання однієї вимоги не впливає на виконання іншої); обов'язкових (вимог, які повинні бути виконаними, наприклад, у відповідності до чинного законодавства) [6].

Результатом розробки методу буде встановлення формальних зв'язків між окремими елементами моделі 4R & WS. Зокрема, використання методу надасть змогу визначити ресурсо- та ризиконавантаженість певної вимоги, що, в свою чергу, забезпечить відповідними метриками процеси управління та контролю вимог у проекті.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Аналіз і управління вимогами у проектах здійснюється дослідниками за трьома основними напрямками:

– у межах бізнес-аналізу. Так, BABOK (A Guide To The Business Analysis Body Of Knowledge, [7]) має дві окремі галузі знань, які описують задачі управління вимогами: Requirements Life Cycle Management та Requirements Analysis and Design Definition.

– у межах традиційного проектного менеджменту. Одним з найпоширеніших стандартів проектного менеджменту є A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – стандарт, виданий PMI. У 2013 р. у п'ятому виданні цього стандарту [8] з'явилась нова галузь знань – управління зацікавленими сторонами проекту, де, зокрема, розглядаються і питання аналізу вимог. З 2014 р. за результатами видання стандарту Business Analysis for Practitioners: A practice Guide [9] PMI стандартизує термін «бізнес-аналіз» як критичну компетенцію проектного управління і з цього часу розглядає «управління вимогами» як компоненту бізнес аналізу. У 2016 р. PMI видає окремий стандарт з управління вимогами – Requirements Management: A Practice Guide [3], який розглядається як елемент, що пов'язує [8] і [9].

– у сфері інформаційних технологій. На цей час більшість досліджень, які присвячено питанням аналізу вимог (Requirements Engineering), стосуються розробки програмного забезпечення та інформаційних систем. Requirements Engineering описує процеси визначення, документування та виконання вимог і є складовою частиною системної та комп'ютерної інженерії. На цей час окрім «нишевих» методів аналізу та управління вимогами [10] існує стандарт, який пов'язує гнучкі методології розробки програмного забезпечення і методи бізнес-аналізу – Agile Extension to the BABOK Guide [11].

Слід зазначити, що, хоча стандарти [3, 7–9, 11] сформовані на основі «кращих практик», вони містять лише рекомендації щодо використання певних методів роботи з вимогами, без докладного опису методів та вказівок щодо їх адаптації до тієї або іншої галузі. При цьому значна частина методів є спільними для усіх стандартів, наприклад, це аналіз беклогу, використання функціонального моделювання, пріоритезація вимог, використання UML, тощо. Щодо практичного їх впровадження, більшість відповідних досліджень існує в сфері ІТ: визначення пріоритетів за допомогою методу MoSCoW та time-boxing [12], Quality Analyzer of Requirements Specification, Vienna development method (VDM) [13], Z notation [14].

У той же час у галузі традиційного проектного менеджменту дослідники переважно приділяють увагу питанням управління стейкхолдерами проектів, а не їх вимогами: відокремлюються такі не вирішені завдання, як відсутність сформульованого переліку факторів визначення якості управління стейкхолдерами; необхідність подальшого розвитку стандартів стейкхолдер-менеджменту; нестача практичних підходів до управління; відсутність аналізу зв'язку між діями з управління стейкхолдерами та успішністю проекту [15]; обґрунтовується актуальність створення механізмів багатомірного аналізу стейкхолдерів. Наявні праці мають описи алгоритму аналізу, але не містять математичного підґрунтя для його

проведення [16]; приділяється увага створенню програмного забезпечення для проведення стейкхолдер-аналізу. Наявні розробки засновані на використанні існуючих методів аналізу стейкхолдерів, отже, наслідують їх недоліки, зокрема, використання невеликої кількості факторів для аналізу, використання експертного оцінювання без процедури його верифікації [17]. Вітчизняні вчені, які займаються питаннями класифікації стейкхолдерів приділяють увагу переважно економічним, а не управлінським аспектам [18]. Однак необхідно зазначити, що питання управління зацікавленими сторонами проектів вже розглядається як стратегічне завдання [19], що корелює з позицією PMI.

Отже, є об'єктивна необхідність у розробці та формалізації методів управління і контролю вимог у проектах поза межами IT-галузі, зокрема, для проектів, управління яких здійснюється за традиційними або комбінованими методологіями.

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Зв'язки між роботами різних рівнів WBS можуть бути представлені у вигляді матриці (1), елементи якої вказу-

ють на наявність або відсутність зв'язку між роботами i -го та $(i-1)$ -го рівнів: $F=1$, якщо зв'язок є, і $F=0$ за відсутністю зв'язку:

$$M_{i,j-1} = \begin{matrix} & \begin{matrix} w_{i-1,1} & w_{i-1,2} & \dots & w_{i-1,m} \end{matrix} \\ \begin{matrix} w_{i,1} \\ w_{i,2} \\ \dots \\ w_{i,n} \end{matrix} & \begin{matrix} F(w_{i,1}, w_{i-1,1}) & F(w_{i,1}, w_{i-1,2}) & \dots & F(w_{i,1}, w_{i-1,m}) \\ F(w_{i,2}, w_{i-1,1}) & F(w_{i,2}, w_{i-1,2}) & \dots & F(w_{i,2}, w_{i-1,m}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F(w_{i,n}, w_{i-1,1}) & F(w_{i,n}, w_{i-1,2}) & \dots & F(w_{i,n}, w_{i-1,m}) \end{matrix} \end{matrix} \quad (1)$$

У свою чергу, кожна з елементарних робіт проекту може бути асоційована з певним ресурсним навантаженням, вимогами стейкхолдерів, виконання яких підтримує дана робота, відповідальними виконавцями та ризиками, які пов'язані з роботою [4]. Ці зв'язки також можуть бути задані у матричній формі:

– взаємозв'язок ресурсів та робіт i -го рівня. Кожен з елементів матриці визначається як доля від загального обсягу певного ресурсу, що використовується при виконанні роботи,

$$Recourse_i = \begin{matrix} & \begin{matrix} w_{i,1} & w_{i,2} & \dots & w_{i,n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} recourse_1 \\ recourse_2 \\ \dots \\ recourse_k \end{matrix} & \begin{matrix} F(recourse_1, w_{i,1}) & F(recourse_1, w_{i,2}) & \dots & F(recourse_1, w_{i,n}) \\ F(recourse_2, w_{i,1}) & F(recourse_2, w_{i,2}) & \dots & F(recourse_2, w_{i,n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F(recourse_k, w_{i,1}) & F(recourse_k, w_{i,2}) & \dots & F(recourse_k, w_{i,n}) \end{matrix} \end{matrix} \quad (2)$$

– взаємозв'язок відповідальних осіб та робіт i -го рівня. Елемент матриці дорівнює 1, якщо певна особа відповідає за виконання роботи, або 0 у іншому випадку,

$$Responsibility_i = \begin{matrix} & \begin{matrix} w_{i,1} & \dots & w_{i,n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} responsibility_1 \\ responsibility_2 \\ \dots \\ responsibility_z \end{matrix} & \begin{matrix} F(responsibility_1, w_{i,1}) & \dots & F(responsibility_1, w_{i,n}) \\ F(responsibility_2, w_{i,1}) & \dots & F(responsibility_2, w_{i,n}) \\ \dots & \dots & \dots \\ F(responsibility_z, w_{i,1}) & \dots & F(responsibility_z, w_{i,n}) \end{matrix} \end{matrix} \quad (3)$$

– взаємозв'язок вимог стейкхолдерів проекту та робіт i -го рівня. Цей зв'язок може бути заданий у нечіткій формі. Нехай $\Phi(requirement_l, w_{i,j}) : requirement_l \times w_{i,j} \rightarrow [0;1]$ є функція приналежності нечіткого бінарного відношення (4).

Для всіх $requirement_l \in requirement$ та $w_{i,j} \in w_i$ функція $\Phi(requirement_l, w_{i,j})$ – це ступінь, у якому виконання j -ї роботи i -го рівня зумовлює виконання вимоги l . Відношення можна представити у матричній формі

$$Requirement_i = \begin{matrix} & \begin{matrix} w_{i,1} & \dots & w_{i,n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} requirement_1 \\ requirement_2 \\ \dots \\ requirement_l \end{matrix} & \begin{matrix} \Phi(requirement_1, w_{i,1}) & \dots & \Phi(requirement_1, w_{i,n}) \\ \Phi(requirement_2, w_{i,1}) & \dots & \Phi(requirement_2, w_{i,n}) \\ \dots & \dots & \dots \\ \Phi(requirement_l, w_{i,1}) & \dots & \Phi(requirement_l, w_{i,n}) \end{matrix} \end{matrix} \quad (4)$$

– взаємозв'язок ризиків проекту та робіт i -го рівня. Цей зв'язок може бути заданий у нечіткій формі. Нехай $\Phi(risk_v, w_{i,j}) : risk_v \times w_{i,j} \rightarrow [0;1]$ є функція приналежності нечіткого бінарного відношення (4). Для всіх $risk_v \in risk$ та $w_{i,j} \in w_i$ функція $\Phi(risk_v, w_{i,j})$ – це ступінь, у якому виконання j -ї роботи i -го рівня зумовлює виникнення ризику v . Відношення можна представити у матричній формі

	$w_{i,1}$	$w_{i,2}$	...	$w_{i,n}$
$risk_1$	$\Phi(risk_1, w_{i,1})$	$\Phi(risk_1, w_{i,2})$	...	$\Phi(risk_1, w_{i,n})$
$Risk_i = risk_2$	$\Phi(risk_2, w_{i,1})$	$\Phi(risk_2, w_{i,2})$	...	$\Phi(risk_2, w_{i,n})$
...
$risk_v$	$\Phi(risk_v, w_{i,1})$	$\Phi(risk_v, w_{i,2})$	...	$\Phi(risk_v, w_{i,n})$

(5)

Також можна встановити зв'язок між стейкхолдерами проекту та їх певними вимогами:

	$requirement_1$	...	$requirement_l$
$stakeholder_1$	$F(stakeholder_1, requirement_1)$	...	$F(stakeholder_1, requirement_l)$
$S = stakeholder_2$	$F(stakeholder_2, requirement_1)$	...	$F(stakeholder_2, requirement_l)$
...
$stakeholder_u$	$F(stakeholder_u, requirement_1)$	...	$F(stakeholder_u, requirement_l)$

(6)

Елемент матриці визначає наявність або відсутність зв'язку між l -ю вимогою та u -м стейкхолдером – $F(stakeholder_u, requirement_l) = 1$, якщо зв'язок є, і $F(stakeholder_u, requirement_l) = 0$ за відсутністю зв'язку.

Використовуючи формули (1–5), отримуємо розподіл характеристик (елементів моделі), що вивчаються, за $(i-1)$ -м рівнем робіт:

– ресурсів: $Recourse_{i-1} = M_{i,i-1} \cdot Recourse_i$; (7)

– відповідальності: $Responsibility_{i-1} = M_{i,i-1} \cdot Responsibility_i$; (8)

– вимог: $Requirement_{i-1} = M_{i,i-1} \cdot Requirement_i$; (9)

– ризиків: $Risk_{i-1} = M_{i,i-1} \cdot Risk_i$. (10)

Це надасть змогу встановити зв'язки між окремими характеристиками. Наприклад, формули (10–12) пов'язують вимоги стейкхолдерів з ресурсами, необхідними для їх виконання, відповідальними особами та ризиками, які можуть виникнути при виконання вимог:

$RRec = Requirement_{i-1}^T \cdot Recourse_{i-1}$, (11)

$RRes = Requirement_{i-1}^T \cdot Responsibility_{i-1}$, (12)

$RRis = Requirement_{i-1}^T \cdot Risk_{i-1}$. (13)

Надалі, використовуючи інформацію щодо стейкхолдерів та їх вимог (6), можна співвіднести ресурсне і ризикове навантаження окремих вимог зі стейкхолдерами, які їх висувають, що надасть змогу класифікувати зацікавлені сторони проекту за цими характеристиками.

Отже, для використання запропонованого методу формалізації метрик управління вимогами проекту необхідно виконати наступне:

1. Обрати рівень ієрархічної структури робіт проекту, для якого слід отримати інформацію щодо ресурсного та ризикового навантаження вимог. На основі WBS проекту побудувати матриці $M_{i,i-1}$, які зв'язують елементарні роботи проекту з сумарними роботами обраного рівня.

2. Сформувати матриці $Recourse_i$, $Requirement_i$, $Responsibility_i$ та $Risk_i$ для рівня WBS, який відповідає елементарним роботам проекту.

3. Послідовно використовуючи формули (7–10) отримати розподіл характеристик, що вивчаються, за досліджуваним рівнем робіт.

4. За формулами (11–13) отримати матриці (вектори), які пов'язують вимоги стейкхолдерів з ресурсами, необхідними для їх виконання, відповідальними особами та ризиками, які можуть виникнути при виконання вимог.

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Розглянемо умовний проект, ієрархічну структуру робіт якого представлено на рис. 1.

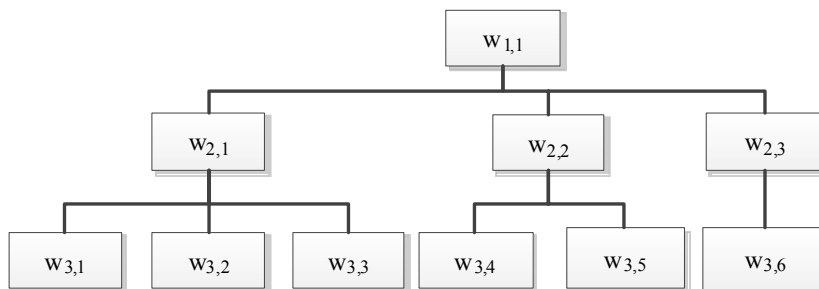


Рисунок 1 – WBS умовного проекту

Припустимо, що в проекті використовується три типи ресурсів ($resource_1, resource_2, resource_3$), які розподілено між елементарними роботами (третього рівня) наступним чином:

$$Resource_3 = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,05 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,4 \\ 0,1 & 0,55 & 0 \\ 0,2 & 0 & 0,1 \\ 0 & 0,4 & 0,2 \\ 0 & 0,05 & 0,3 \end{pmatrix};$$

і проект реалізує дві вимоги стейкхолдерів ($requirement_1, requirement_2$), виконання яких розподілено між елементарними роботами проекту так:

$$Requirement_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0,3 \\ 0,5 & 0 \\ 0 & 0,6 \\ 0,25 & 0 \\ 0,25 & 0 \\ 0 & 0,1 \end{pmatrix}.$$

5 РЕЗУЛЬТАТИ

Зв'язки між роботами третього та другого рівня проекту описує матриця M_{32} :

$$M_{32} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

В свою чергу, зв'язки між другим та першим рівнем робіт проекту задає вектор M_{21} : $M_{21} = |1 \ 1 \ 1|$.

Аналіз проекту проводимо для другого рівня WBS: розподіл ресурсів для другого рівня робіт:

$$Resource_2 = M_{32} \cdot Resource_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 0,2 & 0,05 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,4 \\ 0,1 & 0,55 & 0 \\ 0,2 & 0 & 0,1 \\ 0 & 0,4 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0,3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,4 \\ 0,2 & 0,4 & 0,3 \\ 0 & 0 & 0,3 \end{pmatrix};$$

– співвідношення вимог стейкхолдерів і ресурсів для другого рівня робіт:

$$RReR = Requirement_3^T \cdot Resource_3 = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 & 0 \\ 0,9 & 0 & 0,1 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,4 \\ 0,2 & 0,4 & 0,3 \\ 0 & 0 & 0,3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 & 0,35 \\ 0,72 & 0,54 & 0,39 \end{pmatrix}.$$

Таким чином, визначається ресурсне навантаження певної вимоги: перша вимога споживає 0,5 першого ресурсу; 0,5 другого ресурсу і 0,35 третього ресурсу; для другої вимоги значення споживання ресурсів, відповідно, 0,72, 0,54 і 0,39.

Матриця $RRes$ не враховує розподілу «спільних» ресурсів між окремими вимогами. З іншого боку, сума за стовбцями цієї матриці характеризує ефективність використання певного ресурсу щодо виконання вимог стейкхолдерів. Так, показник ефективності використання $resource_1$ складає 1,32, $resource_2$ – 1,04, $resource_3$ – 0,74.

Для врахування спільного використання ресурсів розрахуємо ресурсонавантаженість окремо за $requirement_1$:

$$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,3 & 0,2 \\ 0,1 & 0,2 & 0,15 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

та $requirement_2$:

$$\begin{pmatrix} 0,72 & 0,54 & 0,36 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,03 \end{pmatrix}.$$

Спільні ресурси визначаються наступною матрицею, кожен з елементів якої визначається як мінімальний з елементів двох попередніх матриць:

$$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,3 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Отже, $requirement_1$ споживає ресурси

$$\begin{pmatrix} 0,2 & 0,15 & 0,1 \\ 0,1 & 0,2 & 0,15 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

а $requirement_2$ –

$$\begin{pmatrix} 0,52 & 0,39 & 0,26 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,03 \end{pmatrix}.$$

Співвідношення вимог стейкхолдерів і ресурсів для другого рівня робіт з урахуванням спільного використання ресурсів (за умови рівномірного їх розподілу):

$$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,35 & 0,25 \\ 0,52 & 0,39 & 0,29 \end{pmatrix}.$$

Аналогічно можна отримати матрицю взаємозв'язку вимог і осіб, відповідальних за їх виконання ($RRes$) та матрицю взаємозв'язку вимог і ризиків, що виникають при їх виконанні ($RRis$).

6 ОБГОВОРЕННЯ

У роботі отримано формалізацію зв'язків між окремими характеристиками моделі 4R & WS – ризиками, роботами, ресурсами, вимогами, стейкхолдерами та відповідальним особами проекту.

Відзначимо, що існуючі методи моделюють лише взаємозв'язки між роботами та ресурсами проекту, окремим відокремлюючи часові ресурси. Практичною реалізацією таких методів є програмне забезпечення для управління проектами – наприклад, MS Project, OpenProj, Ganttler для традиційного проектного менеджменту, Jira і Trello – для гнучких методологій розробки.

Так, MS Project дозволяє задати три типи ресурсів (рис. 2) та закріпити їх за роботами проекту, тривалість яких встановлюється окремо (рис. 3).

Такий підхід дозволяє не тільки розрахувати бюджет та тривалість проекту, а й відстежувати його виконання за допомогою методу освоєного обсягу, який контролює виконання проекту за часом та бюджетом. Виконання вимог стейкхолдерів не відстежується.

При використанні гнучких методологій завдання на проект формуються у вигляді «user stories» – історій користувача, які є відображенням вимог відповідного стейкхолдера. Кожна задача пов'язана з виконавцем та часом (інші ресурси не враховуються), який потрібен на її виконання. Відсутні явно задані зв'язки між окремими задачами.

Відмінною рисою запропонованого методу є його адаптивність під традиційні процеси проектного управління, що спрощує отримання вихідних даних та надалі надасть змогу використовувати стандартне програмне забезпечення для практичної реалізації методу.

При формуванні вихідних даних необхідно враховувати обмеження щодо існування різних типів вимог у проекті (взаємовиключних, підтримуючих, незалежних і обов'язкових), а також коректно використовувати методи нечітких множин при формуванні матриць *Requirement_i* та *Risk_i*.

ВИСНОВКИ

Для прийняття обґрунтованих рішень і формалізації процесів управління вимогами необхідно створити

інструменти, які визначатимуть основні характеристики вимог у проекті. Результатом дослідження є встановлення формальних зв'язків між ризиками, роботами, ресурсами, вимогами, стейкхолдерами та відповідальним особами проекту. Використання методу формалізації метрик управління вимогами проекту дозволяє визначити ресурсо- та ризиконавантаженість певної вимоги, що надає можливість доповнити існуючі моделі класифікації і пріоритетизації вимог даними характеристиками. Аналогічно, можна отримати метрики для оцінювання ефективності команди проекту та класифікації зацікавлених сторін проекту.

Таким чином, у роботі вирішено актуальну задачу формалізації метрик процесів управління вимогами у проектах.

Науковою новизною роботи є розробка методу формалізації метрик управління вимогами проекту, який, на відміну від існуючих, дає змогу відстежувати виконання вимог стейкхолдерів проекту, враховуючи їх ризикове та ресурсне навантаження.

Практична цінність роботи полягає в тому, що запропонований метод дозволяє контролювати виконання проекту не лише за часовими та вартісними характеристиками, а й відстежувати ступінь задоволеності зацікавлених сторін проекту, що підвищує обґрунтованість проектних рішень відносно управління змінами та стейкхолдерами в проекті. Перспективою подальших досліджень є програма реалізація запропонованого методу.

ПОДЯКИ

Роботу виконано в рамках держбюджетної науководослідної теми Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова «Методологія та інформаційні технології управління стейкхолдерами проектів та програм міського розвитку» (ДР № 0116U003371).

	Назва ресурса	Тип	Единиці вимірювання матеріалів	Кратке названня	Група	Макс. одиниць	Стандартна ставка	Ставка сверхурочных	Затрати на исполн.	Начисление	Базовый календарь
1	res1	Трудовой		r1		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
2	res2	Трудовой		r2		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
3	res3	Материальный		r3		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
4	res4	Затраты		r4		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
5	res5	Трудовой		r5		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
6	res6	Трудовой		r6		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
7	res7	Трудовой		r7		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
8	res8	Трудовой		r8		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
9	res9	Трудовой		r9		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный

Рисунок 2 – Лист ресурсів проекту

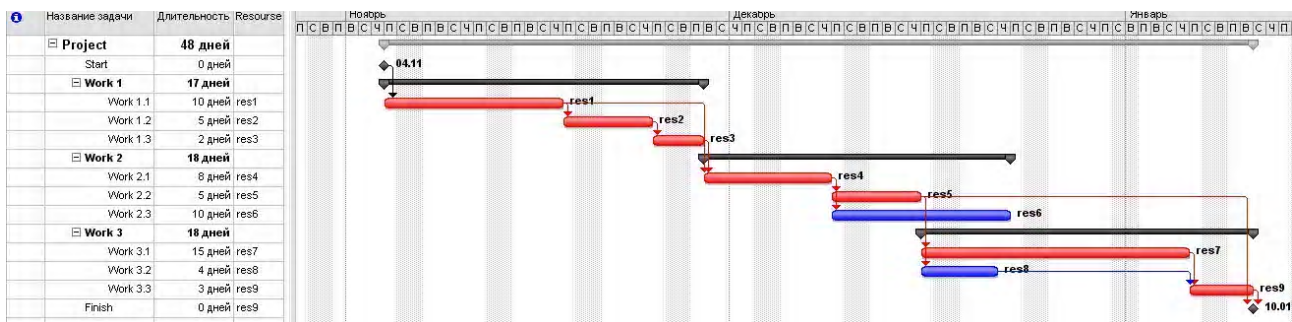


Рисунок 3 – Діаграма Ганта проекту

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. PMI's Pulse of the Profession®: The High Cost of Low Performance [Electronic resource]. – Access mode: http://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse-of-the-profession-2016.pdf?sc_lang=en
2. Pulse of the Profession®: Capturing the Value of Project Management [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse-of-the-profession-2015.pdf>
3. Requirements Management: A Practice Guide. – Newtown Square, Pa. : Project Management Institute, Inc., 2016. – 93 p.
4. Гусева Ю. Ю. Матрична модель 4R & WS для класифікації стейкхолдерів проекту / Ю. Ю. Гусева, О. С. Мартиненко, І. В. Чумаченко // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 2 (1224). – С. 18–22.
5. Гусева Ю. Ю. Процесний підхід до моделювання і моніторингу вимог зацікавлених сторін / Ю. Ю. Гусева, О. С. Мартиненко, І. В. Чумаченко // Інформаційні технології та інновації в економіці, управлінні проектами і програмами: за заг. ред. В. О. Тимофєєва, І. В. Чумаченко. – Х. : ХНУРЕ, 2016. – С. 289–296.
6. Гусева Ю. Ю. Управління зацікавленими сторонами освітніх проектів / Ю. Ю. Гусева, М. В. Сидоренко, І. В. Чумаченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2016. – № 2 – С. 8–12.
7. A Guide To The Business Analysis Body Of Knowledge. – 3d Edition. – IIBA, 2015 – 657 p.
8. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). – Fifth Edition. – Newtown Square, Pa. : Project Management Institute, Inc., 2013. – 614 p.
9. Business Analysis for Practitioners: A practice Guide. – Newtown Square, Pa. : Project Management Institute, Inc., 2015. – 206 p.
10. Sommerville I. Software Engineering – 9th ed. / I. Sommerville. – Addison-Wesley., 2011. – 790 p.
11. The Agile Extension to the BABOK® Guide. – IIBA, 2013 – 134 p.
12. Miranda E. Timeboxing Planning: Buffered Moscow Rules / E. Miranda // ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. – 2011. – Volume 36, Number 6. – P. 1–5. DOI: 10.1145/2047414.2047428.
13. Fitzgerald J. S. Vienna development method / J. S. Fitzgerald, P. G. Larsen, M. Verhoef // Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering. – 2008. – P. 1–11. DOI: 10.1002/9780470050118.ecse447.
14. Spivey J. M. The z notation: a reference manual / J. M. Spivey. – Oriol College, 1998. – 1168 p.
15. Stakeholder management in construction: An empirical study to address research gaps in previous studies / [J. Yang, G. Q. Shen, M. Ho et al] // International Journal of Project Management. – 2011. – Vol. 29, No. 7. – P. 900–910. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.07.013
16. Macharis C. Multi actor multi criteria analysis (MAMCA) as a tool to support sustainable decisions: State of use / C. Macharis, L. Turcksin, K. Lebeau // Decision Support Systems. – 2012. – Vol. 54, No. 1. – P. 610–620.
17. Damian D. StakeSource2.0: using social networks of stakeholders to identify and prioritize requirements / D. Damian, A. Finkelstein // Proceedings of the 33rd international conference on Software engineering. – ACM. – 2011. – P. 1022–1024.
18. Мамонов К. А. Теоретико-методичні положення та особливості формування стейкхолдерів на підприємствах житлово-комунального господарства / К. А. Мамонов, О. О. Конопліна, Є. В. Гавриленко // Актуальні проблеми економіки: науковий економічний журнал. – 2014. – № 8. – С. 127–134.
19. Кадыкова И. Н. Информационная технология стратегического управления проектно-ориентированной организацией / И. Н. Кадыкова, С. А. Ларина, И. В. Чумаченко // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 3 (1225). – С. 9–15.

Стаття надійшла до редакції 12.06.2017.

Після доробки 21.08.2017.

Гусева Ю. Ю.¹, Мартиненко А. С.², Кадыкова И. Н.³, Чумаченко И. В.⁴

¹Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри управління проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина

²Аспирант кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина

³Канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина

⁴Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина

МЕТРИКИ ПРОЦЕСОВ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТРЕБОВАНИЙ В ПРОЕКТАХ

Актуальность. Процессы управления требованиями являются одним из ключевых факторов успеха или неудачи проекта. Исследования в области проектного менеджмента показывают, что именно эти процессы недостаточно формализованы. Следовательно, есть необходимость разработки и формализации методов управления и контроля требований, в частности, для проектов, управление которых осуществляется по традиционным или комбинированным методологиям.

Цель работы – формализация метрик процессов управления требованиями в проектах. Объектом исследования являются процессы управления и контроля требований в проектах, предметом исследования – метрики, характеризующие требования в проекте.

Метод. Используются методы анализа и синтеза, методы нечетких множеств и операции над матрицами. Предложено использовать модели, которая устанавливает связи между отдельными характеристиками проекта (риски, работы, ресурсы, требования, стейкхолдеры и ответственные лица проекта) с помощью иерархической структуры работ. Предложена формализация метрик модели, которая позволит отслеживать динамику выполнения проекта и идентифицировать заинтересованные стороны проекта по определенным направлениям.

Результаты. На основе сопоставления иерархической структуры работ с иерархическими структурами требований, рисков, ресурсов и организационной структурой проекта разработан метод формализации метрик управления требованиями проекта. Предложенный метод позволяет отслеживать выполнение требований заинтересованных сторон проекта во времени в соответствии с объемом фактически израсходованных ресурсов по аналогии с методом освоенного объема. Адаптивность метода к традиционным процессам менеджмента проектов позволяет использовать исходные данные – уже сформированные активы проекта и стандартное программное обеспечение (в частности, MS Project, OpenProj) для практической реализации метода.

Выводы. Предложенный метод формализует процессы управления требованиями в проекте, позволяет определять ресурсную и рисковую нагрузку требований, дополняет существующие модели классификации требований данным метриками. Метод формализации метрик управления требованиями проекта позволяет также получить инструменты для оценки эффективности команды проекта и классификации заинтересованных сторон проекта. Проведенные эксперименты подтвердили работоспособность предложенного математического обеспечения и позволяют рекомендовать его использование на практике при принятии проектных решений по управле-

нию изменениями и требованиями стейкхолдеров проекта. Перспективы дальнейших исследований могут заключаться в разработке программного обеспечения, реализующего предложенный метод.

Ключевые слова: управление требованиями, проект, метрика, ресурсы, стейкхолдеры, риски.

Husieva Yu. Yu.¹, Martynenko O. S.², Kadykova I. M.³, Chumachenko I. V.⁴

¹PhD, docent, associate professor of the Department of Project management in urban economy and construction, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

²Post-graduate student of the Department of Project management in urban economy and construction, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

³PhD, docent, associate professor of the Department of Project management in urban economy and construction, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

⁴Dr. Sc. Professor, Head of the Department of Project management in urban economy and construction, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

METRICS OF MANAGEMENT AND CONTROL REQUIREMENTS PROCESSES IN PROJECTS

Context. The processes of requirements management are a key factor in the success or failure of the project. Researches in the field of project management indicate that these processes are not formalized. Thus, there is need to develop and formalize methods of requirements management and control, particularly for projects which are carried out by combined or traditional methodologies.

Objective of the article is formalizing of requirements management processes metrics in projects. The object of the research is management and control requirements processes of projects, the subject of the study – metrics that characterize the requirements of the project.

Method. Methods used are analysis and synthesis, methods of fuzzy sets and operations on matrices. The use of a model that establishes relationships between individual characteristics of the project (risks, resources, requirements, stakeholders and decision-makers of the project) through WBS is proposed. A formalization of model metrics is proposed that will keep track of the project and identify project stakeholders through the defined areas.

Results. Based on the comparison of WBS with a hierarchical structure of requirements, risks, resources and organizational structure of the project method of formalizing metrics requirements management project is developed. The proposed method allow to track the performance of project stakeholders' requirements according to the actual amount of resources spent by analogy with the method of earned value. Adaptability to the traditional project management processes lets you use the original data – assets of the project and standard software (eg, MS Project, OpenProj) for the practical implementation of the method.

Conclusions. The proposed method formalizes requirement management processes in the project, determines resource and risk load of requirements, supplementing the existing requirements classification models with these metrics. The proposed method can also provide metrics for evaluation the performance of the project team and project stakeholders classification. The conducted experiments have confirmed the efficiency of the proposed mathematical software and allow recommending it for use in practice for making project decisions about change management and requirements management of the project. Prospects for further research may include developing of software that will implement the proposed method.

Keywords: requirements management, project, metrics, resources, stakeholders, risks.

REFERENCES

1. PMI's Pulse of the Profession®: The High Cost of Low Performance [Electronic resource]. Access mode: http://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2016.pdf?sc_lang_temp=en
2. Pulse of the Profession®: Capturing the Value of Project Management [Electronic resource]. Access mode: <http://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2015.pdf>
3. Requirements Management: A Practice Guide [Text]. Newtown Square, Pa., Project Management Institute, Inc., 2016, 93 p.
4. Husieva Yu. Yu., Martynenko O. S., Chumachenko I. V. Matrychna model' 4R & WS dlja klasyfikacii' stekholderiv proektu, Visnyk Nac. tehn. un-tu "HPI": zb. nauk. pr. Ser.: Strategichne upravlinnja, upravlinnja portfeljamy, programamy ta proektamy. Harkiv, NTU "HPI", 2017, No. 2 (1224), pp. 18–22.
5. Husieva Yu. Yu., Martynenko O. S., Chumachenko I. V. za zag. red. V. O. Timofjejeva, I. V. Chumachenko Procesnyj pidhid do modeljuvannja i monitoryngu vymog zacikavlenyh storing, Informacijni tehnologii' ta innovacii v ekonomici, upravlinni proektamy i programamy. Kharkiv, HNURE, 2016, pp. 289–296
6. Husieva Yu. Yu., Sydorenko M. V., Chumachenko I. V. Upravlinnja zacikavlenymy storonamy osvithnih proektiv, Visnyk Nacional'nogo tehnicznogo universytetu «HPI». Zbirnyk naukovyh prac'. Serija: Strategichne upravlinnja, upravlinnja portfeljamy, programamy ta proektamy. Kharkiv, NTU «HPI», 2016, No. 2, pp. 8–12
7. A Guide To The Business Analysis Body Of Knowledge. 3d Edition, IIBA, 2015, 657 p.
8. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Fifth Edition. Newtown Square, Pa.: Project Management Institute, Inc., 2013, 614 p.
9. Business Analysis for Practitioners: A practice Guide. Newtown Square, Pa.: Project Management Institute, Inc., 2015, 206 p.
10. Sommerville I. Software Engineering 9th ed. Addison-Wesley, 2011, 790 p.
11. The Agile Extension to the BABOK® Guide, IIBA, 2013, 134 p.
12. Miranda E. Timeboxing Planning: Buffered Moscow Rules, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 2011, Volume 36, Number 6, pp. 1–5. DOI: 10.1145/2047414.2047428.
13. Fitzgerald J. S., Larsen P. G., Verhoef M. Vienna development method, *Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering*, 2008, pp. 1–11. DOI: 10.1002/9780470050118.ecse447.
14. Spivey J. M. The z notation: a reference manual. Oriol College, 1998, 1168 p.
15. Yang J., Shen G. Q., Ho M., Drew D. S., Xue X. Stakeholder management in construction: An empirical study to address research gaps in previous studies, *International Journal of Project Management*, 2011, Vol. 29, No. 7, pp. 900–910. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.07.013
16. Macharis C., Turcksin L., Lebeau K. Multi actor multi criteria analysis (MAMCA) as a tool to support sustainable decisions: State of use, *Decision Support Systems*, 2012, Vol. 54, No. 1, pp. 610–620.
17. Damian D., Finkelstein A. StakeSource2.0: using social networks of stakeholders to identify and prioritize requirements, *Proceedings of the 33rd international conference on Software engineering*, ACM, 2011, pp. 1022–1024.
18. Mamonov K. A., Konoplina O. O., Gavrylenko Je. V. Teoretyko-metodychni polozhennja ta osoblyvosti formuvannja stekholderiv na pidprijemstvah zhytlovo-komunal'nogo gospodarstva, *Aktual'ni problemy ekonomiky: naukovyj ekonomichnyj zhurnal*, 2014, No. 8, pp. 127–134.
19. Kadykova I. N., Larina S. A., Chumachenko I. V. Informacionnaja tehnologija strategicheskogo upravlenija proektno-orientirovanoj organizacii, *Visnyk Nac. tehn. un-tu "HPI": zb. nauk. pr. Ser.: Strategichne upravlinnja, upravlinnja portfeljami, programami ta proektami*. Kharkiv, NTU "HPI", 2017, No. 3 (1225), pp. 9–15.