

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ ЦІННОСТІ ЯК ІНСТРУМЕНТ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН У ВИМОГАХ СТЕЙКХОЛДЕРІВ ПРОЕКТІВ

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

Чумаченко І. В. – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна.

АНОТАЦІЯ

Актуальність. В умовах динамічного середовища, коли вимоги зацікавлених сторін можуть змінюватись, традиційні методи моніторингу і контролю виконання програмного проекту мають певні обмеження. Отже, є необхідність в створенні підходів та відповідних програмних засобів для моніторингу виконання вимог стейкхолдерів проекту, зокрема, з урахуванням їх особистісної оцінки цінності вимог та ресурсів.

Мета роботи. Розробка методу моніторингу цінності вимог стейкхолдерів програмного проекту та відповідних інструментів його впровадження.

Метод. Використано методи аналізу та синтезу, операції над матрицями, систему вагових коефіцієнтів Фішберна, методи теорії управління проектами. Запропоновано ціннісний підхід до моніторингу вимог зацікавлених сторін проекту. Запропоновано підходи до визначення цінності вимог стейкхолдерів на основі наявної інформації з типових проектних документів. Запропоновано метод моніторингу цінності вимог стейкхолдерів проектів, зокрема, програмних, та відповідні інструменти його впровадження.

Результати. На основі ціннісного підходу до моніторингу вимог розроблено програмні інструменти відстеження досягнення планової цінності проекту. Відповідність запропонованого методу процесам традиційного проектного менеджменту дає змогу використовувати стандартне програмне забезпечення для формування вихідних даних та відображення результатів розрахунків.

Висновки. На основі методу освоєних вимог проекту розроблено метод моніторингу цінності вимог, який, на відміну від існуючих, дозволить враховувати особистісні оцінки цінності вимог та ресурсів під час моніторингу виконання проекту, здійснювати відповідні прогнози та розробляти стратегії роботи з певними зацікавленими сторонами або їх групами. Інструменти використання запропонованого методу в середовищі MS Project забезпечують інформаційну підтримку для прийняття ґрунтовних рішень щодо адаптації проекту до змін у вимогах стейкхолдерів, зокрема, розраховується відхилення у досягненні цінності за розкладом та індекс досягнення цінності за розкладом. Перспективою подальших досліджень є вирішення задачі оптимізації розподілу ресурсів у проекті за умов максимізації досягнутої цінності проекту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: управління вимогами, програмний проект, цінність, моніторинг, стейкхолдер.

АБРЕВІАТУРИ

АС – фактичний обсяг ресурсів (в грошовій формі), що витрачено на виконання робіт проекту на момент звіту за освоєним обсягом;

ACWP – Actual Cost of Work Performed (фактична вартість виконаних робіт);

BCWP – Budgeted Cost for Work Performed (бюджетні витрати на виконану роботу);

BCWS – Budgeted Cost for Work Performed (бюджетна вартість запланованої роботи);

SPIR – індекс виконання вимог стейкхолдерів за вартістю;

CR – відхилення у виконанні вимог за вартістю;

ER – фактичний обсяг вимог (в грошовій формі), що дійсно виконано на момент звіту за освоєним обсягом;

ES – Earned Schedule (метод освоєного розкладу);

EValM – метод моніторингу досягнення вимог проекту;

EVM – Earned Value Method (метод освоєного обсягу);

PMBOK – Project Management Body Of Knowledge;

PMI – Project Management Institute;

PR – запланований обсяг вимог (в грошовій формі), що за планом повинен бути виконаним на момент звіту за освоєним обсягом;

SPIR – індекс виконання вимог стейкхолдерів за розкладом;

SR – відхилення у виконанні вимог за розкладом;

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

НОМЕНКЛАТУРА

EVal – фактична цінність проекту, яку досягнуто на момент звіту;

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

m – кількість робіт рівня $i-1$;

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

n – кількість робіт рівня i ;

PVal – запланована цінність проекту, яка повинна бути досягнутою на момент звіту;

req – множина вимог;

Req_{pk} – k -та вимога p -го стейкхолдера;

R_p – ряд пріоритетів цінностей вимог p -го стейкхолдера;

$RVal$ – матриця розподілу цінностей зацікавлених сторін за роботами проекту;

$SPIVal$ – індекс досягненні цінності за розкладом;

St – множина стейкхолдерів;

St_u – u -й стейкхолдер проекту;

$SVal$ – відхилення у досягненні цінності за розкладом;

u – кількість стейкхолдерів;

Val – матриця розподілу вимог між стейкхолдерами проекту;

Val_{pk} – оцінка цінності k -ої вимоги p -го стейкхолдера;

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

z – кількість вимог;

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

ВСТУП

Моніторинг і контроль програмного проекту, зазвичай, здійснюється у три етапи: встановлення стандартів ефективності, порівняння фактичних показників з цими стандартами та вжиття необхідних коригувальних дій [1].

Об'єктом дослідження є процеси моніторингу і контролю у програмному проекті, а **предметом** – методи моніторингу вимог у програмному проекті.

На цей час дослідниками розроблено різноманіття відповідних рішень але, слід зазначити, що існуючі методи переважно спрямовані на контроль часу і вартості в проекті, як основних обмежень – сторін його «трикутника». При цьому третьою стороною трикутника є зміст проекту, який, в свою чергу, визначається вимогами його стейкхолдерів. В умовах динамічного середовища вимоги зацікавлених сторін можуть змінюватись, і якщо для проектів, що виконуються за гнучкими фреймворками, ці зміни відстежуються за рахунок ітеративності, для традиційних програмних проектів загальновідомих методів моніторингу і прогнозу виконання вимог не існує. На основі аналізу методів управління зацікавленими сторонами авторами було запропоновано метод освоєних вимог [2], та відповідні програмні інструменти [3, 4]. Розширення цього методу дозволяє відстежувати також ризики проекту [5]. Таким чином, якщо метод освоєного обсягу [6, 7] дозволяє відстежувати прогрес проекту з точки зору виконання його робіт вчасно і в межах бюджету, то метод освоєних вимог пов'язує певні вимоги з роботами проекту і дає змогу проводити моніторинг виконання саме вимог, що, в свою чергу, дозволяє проектній команді адаптуватися до ймовірних змін у вимогах зацікавлених сторін.

Обмеженням цього методу є необхідність визначення обсягу вимог у грошовій формі та відсутність можливості враховувати особистісну оцінку вимог та ресурсів певним стейкхолдером. Ці обмеження знімає підхід, який буде відстежувати не грошовий обсяг виконаних вимог, а цінність, яку отримують зацікавлені сторони при виконанні програмного проекту –

перехід до моніторингу цінності вимог. Теоретичною базою для такого підходу (у визначенні цінності) може бути, наприклад, стандарт P2M (з точки зору якого проект – це захід, орієнтований на створення цінності, що базується на певній місії, здійснюється в домовлений період часу і в обмеженнях у вигляді ресурсів і зовнішніх обставин).

Отже, більш загальний підхід до моніторингу виконання вимог зацікавлених сторін програмного проекту може передбачати відстеження виконання не переліку вимог, а досягнення певної цінності для кожного стейкхолдера і проекту в цілому.

Стосовно програмних засобів підтримки процесів моніторингу і контролю, то основним інструментом на сьогодні є MS Project та його аналоги (з підтримкою методу освоєного обсягу). Для проектів, що плануються та виконуються за гнучкими методологіями, це такі сервіси, як Jira або Trello.

Метою даної роботи є розробка методу моніторингу цінності вимог стейкхолдерів проектів, зокрема, програмних, та відповідних інструментів його впровадження.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Вхідними даними для проведення аналізу є: матриця взаємозв'язків робіт WBS програмного проекту $M_{i,i-1}$; матриця відстеження вимог R_i ; реєстр стейкхолдерів (зацікавлених сторін) програмного проекту St .

Задача моніторингу досягнення цінності полягає в тому, щоб на підставі визначеної запланованої та фактичної цінності програмного проекту отримати значення відхилення та індексу досягнення цінності за розкладом.

Отже, результатуючими змінними є $SVal$ та $SPIVal$. Обмеженням методу є наявність відносин типу $Req_{ps} > Req_{pk}$ між пріоритетами (цінностями) вимог певного стейкхолдера.

Результатом використання методу моніторингу цінності вимог є інформаційна підтримка прийняття рішень щодо адаптації програмного проекту до змін у вимогах стейкхолдерів.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Існуючі методи моніторингу і контролю проектів можна класифікувати за чотири основними категоріями: оцінка виконання проекту, прогнозування остаточної тривалості та вартості проекту, визначення контрольних точок, а також генерація сигналів раннього попередження для запуску коригувальних дій [1].

В таблиці 1 представлено критичний огляд та узагальнення відповідних досліджень. Показано, що переважна більшість відомих методів концентруються на контролі вартості та тривалості проекту, при чому вони еволюціонували від простої фіксації відхилень від плану (традиційні S-криві) до відстеження прогресу виконання проекту з використанням ймовірнісного підходу та моделювання.

Таблиця 1 – Результати критичного аналізу методів контролю у проектах

Група	Метод	Джерело	Характеристика
Моніторинг і контроль прогресу	S-крива	[6]	Концепцію S-кривої було впроваджено як систему раннього попередження для контролю виконання проекту. Порівнюється фактичний прогрес і планові показники вартості. У разі, якщо зміни фактичної вартості перевищують визначені межі, необхідно вжити певні заходи.
	EVM	[6, 7]	S-криві мають багато обмежень через їх агрегативність, тому розробляється метод освоєного обсягу (основний інструмент вимірювання продуктивності проекту у традиційному проектному менеджменті на цей час). EVM базується на трьох ключових показниках: бюджетна вартість запланованої роботи BCWS (або планова вартість PV), фактична вартість виконаних робіт ACWP, (або фактичні витрати AC), а також бюджетні витрати на виконану роботу BCWP (або освоєний обсяг EV). Співвідношення цих показників дає проектному менеджеру інформацію щодо стану виконання проекту.
	Розширення EVM, нові показники	[8–15]	Якщо традиційний EVM передбачає визначеність щодо тривалості та вартості проекту, розширені методи EVM включають аналіз ризиків проекту [8, 9], у тому числі пропонується використання методу Монте Карло для моделювання BCWS, ACWP та BCWP [10]. Метод Earned Schedule (ES) [11], навпаки, звужує межі використання традиційного EVM, залишаючи для аналізу лише показники часу для підвищення точності оцінювання ефективності графіка проекту та прогнозування його тривалості. З метою підвищення ефективності EVM в розрізі контролю за витратами в реальному часі, автори [12] пропонують оцінювати прогрес і вартість шляхом динамічної оцінки на основі часових інтервалів. Автори [13] запровадили новий підхід до встановлення меж для метрики SPI, щоб оцінити споживання буфера під час виконання проекту. Інші модифіковані підходи EVM, як і ES, зосереджені на прогнозуванні тривалості проекту [14]. Наприклад, автори [15] у спробі підвищити точність прогнозування тривалості проекту, об'єднали EVM з кривими навчання для моделювання нелінійних змін у роботі команди проекту.
Прогноз	Детермінований та ймовірнісний EVM	[16, 17]	Крім відстеження прогресу проекту, EVM використовується для прогнозування часу та витрат на завершення. Методи прогнозування часу на основі EVM можуть бути згруповані у два основні класи: детерміновані та ймовірнісні підходи [16]. Детерміністичні методи генерують точкову оцінку кінцевої тривалості проекту та часто застосовуються для аналізу грошових потоків [17]. Ймовірнісні методи забезпечують довірчі інтервали або розподіли можливих тривалостей.
	Стохастичні S-криві	[17, 18]	Окрім EVM, найбільш поширеними методами прогнозування є статистичні методи. До них відносяться curve fitting і регресійний аналіз. Стохастичні S-криві дають верхню і нижню межі для діапазону прийнятних результатів на основі невизначеності про прогнози. Ці стохастичні методи можуть бути розширені, щоб запропонувати коригувальні дії [17]. S-криві також є основою для прогнозування грошових потоків [18].
	Регресійний аналіз	[14]	Регресійний аналіз часто застосовується для оцінки форми S-кривої та прогнозування грошового потоку. Екстраполюючи S-криву до завершення проекту, отримують оцінки часу та вартості по завершенні. Статистичні методи також були інтегровані в EVM з метою поліпшення його прогнозування [14].
	Нейронні мережі	[16]	Техніки штучного інтелекту, такі як нейронні мережі та системи на основі знань, зазвичай використовуються до початку проекту як засоби прогнозування часу [17].
Контрольні точки	Фіксовані та динамічні	[19]	Контроль за проектом зосереджується на критичних порушеннях, що виникають під час виконання проекту на потенційних «контрольних точках». Час цих контрольних точок може бути або фіксований до початку проекту, або динамічно змінюватися під час виконання проекту відповідно до стану виконання розкладу [19].
Коригувальні дії	Статистичні контрольні діаграми	[20]	Під час виконання проекту індекси EVM, такі як CPI та SPI, надають інформацію про ефективність роботи. Однак, ці індекси відносяться до витрат і графіку виконання тільки на дату звіту і не відстежують динаміку. Статистичні контрольні діаграми намагаються подолати це обмеження за допомогою графічного відображення варіацій [20].
	Імітаційні моделі	[8, 10]	На додаток до статистичних контрольних карт, імітаційні моделі також часто використовуються для надання попереджувальних сигналів керівнику проекту для вжиття відповідних коригувальних дій.

Але найбільш використовуваним на сьогодні є метод освоєного обсягу, який, до того ж, рекомендується до використання PMI РМВОК та має свій власний стандарт [6, 7].

Для компенсації відсутності інструментів моніторингу і контролю вимог зацікавлених сторін проекту в роботах [2–5] авторами запропоновано підхід, який дозволяє відстежувати і контролювати виконання вимог стейкхолдерів проекту.

Так, визначено показники методу освоєного обсягу вимог зацікавлених сторін проекту: PR, ER, AC, SR, CR, індекси SPIR та CPIR. Дані показники та ін-

декси є підставою для подальшого прогнозу виконання проекту і визначають необхідність та напрям коригувальних дій. Надалі пропонується розвинути цього методу з переходом до моніторингу цінності програмного проекту, що надасть змогу, зокрема, враховувати нематеріальні вимоги та балансувати інтереси стейкхолдерів з урахуванням їх особистісних оцінок цінності вимог та ресурсів в проекті. Наступним етапом є розробка програмних засобів реалізації запропонованого методу.

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Як вказано у [21], зв'язки між роботами різних рівнів WBS можуть бути представлені у вигляді матриці (1), елементи якої вказують 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 (1).

У свою чергу, кожна з елементарних робіт програмного проекту може бути асоційована з певними вимогами стейкхолдерів, виконання яких підтримує дана робота (2):

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

$$Req_i = \begin{matrix} & w_{i,1} & \dots & w_{i,n} \\ req_1 & \Phi(req_1, w_{i,1}) & \dots & \Phi(req_1, w_{i,n}) \\ \Phi(req_2, w_{i,1}) & \dots & \dots & \Phi(req_2, w_{i,n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ req_z & \Phi(req_z, w_{i,1}) & \dots & \Phi(req_z, w_{i,n}) \end{matrix} \quad (2)$$

Показано, що взаємозв'язок вимог стейкхолдерів програмного проекту та робіт i -го рівня може бути заданий у нечіткій формі.

Якщо $\Phi(req_k, w_{i,j}) : req_k \times w_{i,j} \rightarrow [0;1]$ – це функція приналежності нечіткого бінарного відношення (2), то для всіх $req_k \in req$ та $w_{i,j} \in w_i$ функція $\Phi(req_k, w_{i,j})$ – це ступінь, у якому виконання j -ї роботи i -го рівня зумовлює виконання вимоги k .

Якщо традиційні методи відстежують вартість виконання робіт проекту, то запропонований в даній роботі підхід надає можливість відстежувати цінність вимоги для певного стейкхолдера:

$$Val = \begin{matrix} & req_1 & \dots & req_z \\ st_1 & Val(st_1, req_1) & \dots & Val(st_1, req_z) \\ Val(st_2, req_1) & \dots & \dots & Val(st_2, req_z) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ st_u & Val(st_u, req_1) & \dots & Val(st_u, req_z) \end{matrix}$$

Так, матриця (3) задає взаємозв'язок між вимогами та їх цінністю для кожного зі стейкхолдерів. Тоді формула $RVal = Req_i \cdot Val$ задає розподіл цінностей зацікавлених сторін за роботами програмного проекту.

Відстеження досягнення планової цінності проекту пропонується здійснювати через наступну низку показників:

- запланована цінність програмного проекту, яка повинна бути досягнутою на момент звіту;
- фактична цінність програмного проекту, яку дійсно досягнуто на момент звіту;
- відхилення у досягненні цінності за розкладом $SVal = EVal - PVal$;

– індекс досягнення цінності за розкладом

$$SPVal = \frac{EVal}{PVal}$$

Для отримання вхідних даних ($PVal, EVal$) необхідно запропонувати інструменти для кількісної оцінки цінності виконання вимог. На основі [22–24] пропонується використовувати наступні способи:

Безпосереднє оцінювання. Метод полягає у віднесенні цінності певної вимоги до деякого значення за оціночною шкалою. Для подальшої обробки отримані оцінки мають бути пронормовані, тобто їх сума має бути приведена до одиниці шляхом ділення кожної оцінки на їх загальну суму.

Цінність вимоги може, зокрема, визначатися її пріоритетом. Наприклад, за стандартом РМВОК, параметри, пов'язані з кожною вимогою, фіксуються в матриці відстеження вимог, де вказується й оцінка пріоритетності кожної вимоги.

Ряд пріоритетів. Якщо відомі лінійні співвідношення компонентів ряду цінностей вимог (пріоритетів вимог), для оцінки значень цінностей Val_{pk} , $p = \overline{1, u}$, $k = \overline{1, z}$ можуть бути використані формули Фішберна. На основі вербальної (чи статистичної) інформації здійснюється якісне відображення пріоритетів цінностей вимог. Якщо для кожних двох вимог Req_{ps} та Req_{pk} є підстави вважати, що $Req_{ps} \succ Req_{pk}$, $s, k = \overline{1, z}$, то можна побудувати ряд пріоритетів всіх цінностей вимог p -го стейкхолдера $R_p = [Req_{p1}; Req_{p2}; \dots; [Req_{pk}; Req_{pk+1}]; \dots; Req_{pz}]$, де Req_{p1} – вимога з найвищим пріоритетом; Req_{pz} – з найнижчим; внутрішніми квадратними дужками у формулі відзначені рівнозначні цінності $Req_{pk} \sim Req_{pk+1}$. Отже, згідно з побудованим рядом пріоритетів $Val_{p1} \geq Val_{p2} \geq \dots \geq Val_{pz}$.

Для даної ситуації Фішберн висунув гіпотезу, що для практичних досліджень достатньо вибрати оцінки апріорних значень цінності у вигляді спадної арифметичної прогресії, і показав, що їх можна обчислювати за формулою:

$$(3) \quad Val_{pk} = \frac{2(z-k+1)}{z(z+1)} \quad (4)$$

Бінарне співвідношення. У випадку, коли на вербальному рівні здійснена побудова ряду пріоритетів і суб'єкт управління володіє додатковою інформацією, можна здійснити кількісне уточнення ряду пріоритетів.

Це уточнення можна подати у вигляді ряду бінарних відношень пріоритетів $RV = \{v_{p1}; v_{p2}; \dots; v_{pz}\}$, де v_{pk} – це числові оцінки результатів попарних порівнянь між собою всіх цінностей виконання вимог проекту.

Наприклад, якщо $v_{pk} = t$, то це вказує на те, що цінність вимоги Req_{pk} в t раз більша за цінності вимоги Req_{pk+1} . Якщо, $p_{kj} = 1$, це вказує на однакову цінність вимог Req_{pk} та Req_{pk+1} .

Якщо покласти $v_{pz} = 1$, то для обчислення відповідних оцінок цінностей можна скористатись формулою:

$$Val_{pk} = \frac{\prod_{s=k}^z v_{ps}}{\sum_{k=1}^z \prod_{s=k}^z v_s} \quad (5)$$

Якщо на базі наявної інформації можна стверджувати, що мають місце частково посилені лінійні співвідношення впорядкованості то, згідно з гіпотезою Фішберна для практичних досліджень оцінки Val_{pk} , можна вибрати у вигляді спадної геометричної прогресії. Фішберн показав, що:

$$Val_{pk} = \frac{2^{z-k}}{2^z - 1} \quad (6)$$

Якщо відомі інтервальні співвідношення впорядкованості щодо цінностей вимог $\alpha_k \leq Val_k \leq \beta_k$ і $\alpha_k, \beta_k \geq 0$, то оцінки Фішберна задаються формулою

$$Val_k = \alpha_k + \frac{1 - \sum_{k=1}^z \alpha_k}{\sum_{s=1}^z (\beta_s - \alpha_s)} \cdot (\beta_k - \alpha_k) \quad (7)$$

При цьому накладаються умови:

$$\sum_{s=1}^z (\beta_s - \alpha_s) > 0; \quad \sum_{s=1}^z \alpha_s \leq 1; \quad \sum_{s=1}^z \beta_s \geq 1.$$

Так, можна задати числові оцінки цінності вимог проекту.

Надалі необхідно визначити, яким чином буде оцінюватись досягнення цінності під час виконання програмного проекту (процесу). Для цього пропонується використовувати фактичні дані або адаптовані правила EVM:

- правило 50/50. Цінність вважається досягнутою на 50 %, коли відповідні роботи розпочалися; останні 50 % вважаються досягнутими лише після завершення робіт;
- правило 20/80. Цінність вважається досягнутою на 20 %, коли відповідні роботи розпочалися; останні 80 % вважаються досягнутими лише після завершення робіт;
- правило 0/100. Цінність вважається досягнутою лише після завершення робіт.

Отже, можна отримати план досягнення цінності вимог стейкхолдерів проекту і відстежувати його виконання у часі. Так, на рисунку 1 показано, що у момент часу T спостерігається випередження графіку досягнення цінності вимог у проекті.

Процесну модель запропонованого методу моніторингу досягнення цінності вимог у програмному проекті показано на рисунку 2.

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Для демонстрації практичної реалізації розробленого методу було проведено відповідні розрахунки.

На моделі певного програмного проекту, розробленій в середовищі MS Project, було визначено плано-

ві показники досягнення цінності для кожної роботи проекту:

– плану цінність вимог стейкхолдерів, що забезпечує кожна робота (в даному проекті використано метод безпосереднього оцінювання з врахуванням вартості виконання робіт);

– плану цінність вимог стейкхолдерів, що забезпечує кожна робота на момент звіту (цінність вимог стейкхолдерів, яка повинна бути виконаною на момент звіту за планом).

Відповідну інформацію внесено до полей Val та $PVal$ моделі (рис. 3).

Визначено, що оцінювання досягнення цінності здійснюється за фактичними даними щодо виконання проекту. Розраховано показники $SVal$ та $SPIVal$, додано графічний індикатор, який показує, в яких межах знаходиться $SPIVal$.

5 РЕЗУЛЬТАТИ

Таким чином, за допомогою запропонованого методу та розроблених інструментів MS Project розраховано показники фактичного досягнення цінності вимог певного програмного проекту.

Для кожної роботи програмного проекту розраховано відхилення у досягненні цінності за розкладом $SVal$ та індекс досягнення цінності за розкладом $SPIVal$.

Інтерпретація отриманих результатів здійснюється за допомогою таблиці 2.

Розраховано також відповідні показники за сумарними роботами (етапами проекту) і проекту в цілому. Так, наприклад, на момент проведення аналізу індекс досягнення цінності за розкладом для проекту склав 0,46, що свідчить про відставання у виконанні плану досягнення цінності вимог.

Індикатори на рисунку 3 вказують на «проблемні» роботи, за якими треба вжити корегувальні дії.

6 ОБГОВОРЕННЯ

Як видно з таблиці 1, існуючі методи контролю в проектах здебільшого сконцентровані на моніторингу вартості та тривалості. Програмне забезпечення для планування і контролю проектів, відповідно, вирішує аналогічні задачі. Типовим представником згаданих методів є метод освоєного обсягу, який дозволяє відстежувати прогрес проекту з точки зору виконання його робіт вчасно і в межах бюджету, але не дає можливості у явному вигляді відстежувати виконання вимог стейкхолдерів.

Таблиця 2 – Інтерпретація результатів для методу моніторингу цінності вимог

Показники виконання проекту	$SVal > 0$; $SPIVal > 1$	$SVal = 0$; $SPIVal = 1$	$SVal < 0$; $SPIVal < 1$
Стан виконання програмного проекту	випередження плану досягнення цінності вимог (зелений індикатор)	виконання плану досягнення цінності вимог (жовтий індикатор)	відставання у виконанні плану досягнення цінності вимог (червоний індикатор)

Дана робота є логічним продовженням попередніх робіт авторів, де було запропоновано проводити моніторинг виконання вимог зацікавлених сторін проекту, що є дієвим інструментом реагування на зміни динамічного середовища проекту. Запропонований у даному дослідженні ціннісний підхід знімає обмеження методу моніторингу вимог щодо необхідності визначення обсягу вимог у грошовій формі та надає можливість враховувати особистісну оцінку вимог та ресурсів певним стейкхолдером.

В таблиці 3 наведено порівняльну характеристику можливостей MS Project з розробленим додатковим функціоналом та базової версії MS Project з іншими поширеними програмними засобами управління проектами.

Таблиця 3 – Порівняльний аналіз програмного забезпечення з управління проектами

Інструменти моніторингу та контролю	Microsoft Project з додатковим функціоналом	Microsoft Project	Primavera	Spider Project
Аналіз план / факт	+	+	+	+
Професійна статистика на базі промислового OLAP-сервера	+	+	-	-
Автоматичний запит про стан роботи виконавців	+	+	+	-
Інформування про систему роботи топ-менеджерів	+	+	+	-
Відстеження об'ємів	+	+	-	+
Освоєний об'єм	+	+	+	+
Освоєні вимоги (грошова форма)	+	-	-	-
Моніторинг досягнення цінності	+	-	-	-

ВИСНОВКИ

Вирішено важливу наукову задачу математичної та інформаційної підтримки прийняття рішень щодо адаптації програмного проекту до змін у вимогах стейкхолдерів.

Науковою новизною отриманих результатів є розроблений метод моніторингу цінності вимог програмного проекту, який, на відміну від існуючих, дозволить враховувати особистісні оцінки цінності вимог та ресурсів проекту та забезпечить інформаційну підтримку для прийняття ґрунтовних рішень щодо адаптації до змін у вимогах стейкхолдерів.

© Гусєва Ю. Ю., Чумаченко І. В., 2019
DOI 10.15588/1607-3274-2019-4-13

Практичне значення результатів дослідження полягає в тому, що використання розроблених інструментів MS Project надає можливість визначити стан виконання програмного проекту (або його певних робіт) щодо досягнення цінностей його зацікавлених сторін. Так, наприклад, інформація щодо робіт з відставанням у графіку досягнення цінностей надає можливість ґрунтовного ресурсного планування в умовах обмеженості ресурсів.

Тому перспективною подальших досліджень є, зокрема, формулювання та вирішення оптимізаційної задачі розподілу ресурсів у програмному проекті за умов максимізації досягнутої цінності проекту.

ПОДЯКИ

Робота виконана на кафедрі управління проектами в міському господарстві і будівництві Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова в межах наукових досліджень, що проводяться кафедрою.

ЛІТЕРАТУРА / LITERATURA

- Pellerin R. A review of methods, techniques and tools for project planning and control / R. Pellerin, N. Perrier // *International Journal of Production Research*. – 2018. – № 57(2) – P. 1–19. DOI: 10.1080/00207543.2018.1524168
- Гусєва Ю. Ю. Динамічний аналіз методів та інструментальних засобів управління зацікавленими сторонами проектів / Ю. Ю. Гусєва, О. С. Мартиненко, І. В. Чумаченко // *Управління розвитком складних систем: зб. наук. праць*. – 2018. – № 35. – С. 27–36.
- Martynenko O. The method of earned requirements for project monitoring / O. Martynenko, Yu. Husieva, I. Chumachenko // *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. – 2017. – № 1. – P. 57–63. DOI: 10.30837/2522-9818.2017.1.058
- Гусєва Ю. Ю. Інструментальні засоби реалізації моніторингу вимог у проекті в MS Project / Ю. Ю. Гусєва, О. С. Мартиненко, І. В. Чумаченко // *Управління розвитком складних систем: зб. наук. праць*. – 2017. – № 31. – С. 26–31.
- Гусєва Ю. Ю. Матрична модель 4R & WS для класифікації стейкхолдерів проекту / Ю. Ю. Гусєва, О. С. Мартиненко, І. В. Чумаченко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: зб. наук. праць. – 2017. – № 2 (1224). – С. 17–22.
- A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK®Guide) – 6th Edition. Newtown Square, Pa.: Project Management Institute, Inc., 2017. – 756 p.
- Practice Standard for Earned Value Management – Second Edition. Newtown Square, Pa.: Project Management Institute, Inc., 2011. – 135 p.
- A New Approach for Project Control Under Uncertainty. Going Back to the Basics / F. Acebes, J. Pajares, J. M. Galán at al. // *International Journal of Project Management*. 2014. – № 32 (3). – P. 423–434. DOI: 10.1016/j.ijproman.2013.08.003
- Batson R. G. Project Risk Identification Methods for Construction Planning and Execution / R. G. Batson // *Proceedings of the 2009 Construction Research Congress, ASCE*. – 2009. – P. 746–755. DOI: 10.1061/41020(339)76
- Czemplik A. Application of Earned Value Method to Progress Control of Construction Projects / A. Czemplik // *Procedia Engineering* 91. – 2014. – P. 424–428. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.12.087
- The official site for Earned Schedule information [Electronic resource]. Acces mode: <http://www.earnedschedule.com/>

12. Liu L. The Control Model of Engineering Cost in Construction Phase of High-speed Railway / L. Liu, Y. Su // Proceeding of the 5th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology, IEEE. – 2010. – P. 766–771. DOI: 10.1109/ICCIT.2010.5711158
13. Martens A. A Buffer Control Method for Top-down Project Control / A. Martens, M. Vanhoucke // European Journal of Operational Research. – 2017. – № 262 (1). – P. 274–286. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.03.034
14. Prediction of Project Outcome – The Application of Statistical Methods to Earned Value Management And Earned Schedule Performance Indexes / W. Lipke, O. Zwikael, K. Henderson et al. // International Journal of Project Management 27 (4). – 2009. – P. 400–407. DOI: 10.1016/j.ijproman.2008.02.009
15. Plaza M. A Model-based DSS for Integrating the Impact of Learning in Project Control / M. Plaza, O. Turetken // Decision Support Systems. – 2009. – № 47 (4). – P. 488–499. DOI: 10.1016/j.dss.2009.04.010
16. Batselier J. Evaluation of Deterministic State-of-the-Art Forecasting Approaches for Project Duration Based on Earned Value Management / J. Batselier, M. Vanhoucke // International Journal of Project Management. – № 33 (7). – 2015. – P. 1588–1596. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.04.003
17. Willems L. L. Classification of Articles and Journals on Project Control and Earned Value Management / L. L. Willems, M. Vanhoucke // International Journal of Project Management. – 2015. – № 33 (7). – P. 1610–1634. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.06.003
18. San Cristobal, J. R. 2017. “The S-curve Envelope as a Tool for Monitoring and Control of Projects.” *Procedia Computer Science* 121: 756–761.
19. Determining the Timing of Project Control Points Using a Facility Location Model and Simulation / N. Sabeghi, H. R. Tareghian, E. Demeulemeester et al. // *Computers and Operations Research*. – 2015. – № 61. – P. 69–80. DOI: 10.1016/j.cor.2015.03.006
20. Leu S.-S. Project Performance Evaluation Based on Statistical Process Control Techniques / S.-S. Leu, Y.-C. Lin // *Journal of Construction Engineering and Management*. – 2008. – № 134 (10). – P. 813–819. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:10(813)
21. Метрики процесів управління та контролю вимог у проєктах / Ю. Ю. Гусєва, О. С. Мартиненко, І. М. Кадикова et al // *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. – 2017. – №4. – С. 179–186. DOI: 10.15588/1607-3274-2017-4-20
22. Вітлінський В. В. Економічний ризик і методи його вимірювання / В. В. Вітлінський, С. І. Наконечний, О. Д. Шарапов. – К. : ІЗМН, 1996. – 400 с.
23. Теория прогнозирования и принятия решений / Под. ред. С. А. Саркисяна. – М. : Высшая школа, 1977. – 353 с.
24. Вітлінський В. В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком / В. В. Вітлінський, П. І. Верченко – К. : КНЕУ, 2000. – 292 с.

Стаття надійшла до редакції 25.06.2019.
Після доробки 12.10.2019.

УДК 006.015.5

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ЦЕННОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ В ТРЕБОВАНИЯХ СТЕЙКХОЛДЕРОВ ПРОЕКТОВ

Гусєва Ю. Ю. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри управління проєктами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина.

Чумаченко И. В. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина.

АННОТАЦИЯ

Актуальность. В условиях динамичной среды, когда требования заинтересованных сторон могут меняться, традиционные методы мониторинга и контроля выполнения программного проекта имеют определенные ограничения. Следовательно, есть необходимость в создании подходов и соответствующих программных средств для мониторинга выполнения требований стейкхолдеров проекта, в частности, с учетом их личностной оценки ценности требований и ресурсов.

Цель работы. Разработка метода мониторинга ценности требований стейкхолдеров программного проекта и соответствующих инструментов его внедрения.

Метод. Использованы методы анализа и синтеза, операции над матрицами, система весовых коэффициентов Фишберна, методы теории управления проектами. Предложено ценностный подход к мониторингу требований заинтересованных сторон проекта. Предложены подходы к определению ценности требований стейкхолдеров на основе имеющейся информации из типовых проектных документов. Предложен метод мониторинга ценности требований стейкхолдеров проектов, в частности, программных, и соответствующие инструменты его внедрения.

Результаты. На основе ценностного подхода к мониторингу требований разработаны программные инструменты отслеживания достижения плановой ценности проекта. Соответствие предложенного метода процессам традиционного проектного менеджмента позволяет использовать стандартное программное обеспечение для формирования исходных данных и отображения результатов расчетов.

Выводы. На основе метода освоенных требований проекта разработан метод мониторинга ценности требований, который, в отличие от существующих, позволит учитывать личностные оценки ценности требований и ресурсов в ходе мониторинга выполнения проекта, осуществлять соответствующие прогнозы и разрабатывать стратегии работы с определенными заинтересованными сторонами или их группами. Инструменты использования предложенного метода в среде MS Project обеспечивают информационную поддержку для принятия обоснованных решений по адаптации проекта к изменениям в требованиях стейкхолдеров, в частности, рассчитывается отклонение в достижении ценности по расписанию и индекс достижения ценности по расписанию. Перспективой дальнейших исследований является решение задачи оптимизации распределения ресурсов в проєкте в условиях максимизации достигнутой ценности проекта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: управление требованиями, проект, ценность, мониторинг, стейкхолдеры.

UDC 006.015.5

SOFTWARE FOR VALUE MONITORING AS AN ADAPTATION TOOL FOR CHANGES IN PROJECT STEAKHOLDERS' REQUIREMENTS

Husieva Yu. Yu. – PhD, Associate Professor, 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.

Chumachenko I. V. – Dr. 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.

© Гусєва Ю. Ю., Чумаченко І. В., 2019
DOI 10.15588/1607-3274-2019-4-13

ABSTRACT

Context. In a dynamic environment where stakeholder requirements may change, traditional project monitoring and control methods have some limitations. Therefore, there is a need to develop approaches and appropriate software to monitor the requirements of the software project stakeholders, in particular, taking into account their personal assessment of the value of requirements and resources.

Objective. The goal of the work is the development of a method for monitoring the value of the software project stakeholders' requirements and the corresponding tools for its implementation.

Method. Methods of analysis and synthesis, operations on matrices, a system of weighting coefficients of Fishburne, methods of the project management theory are used. A value-based approach to monitoring the requirements of the project stakeholders is proposed. The approaches to determining the value of the requirements of stakeholders are proposed based on available information from standard project documents. The method of project stakeholders' value monitoring, in particular, for software projects, and the appropriate tools for its implementation are proposed.

Results. Based on the value-added approach to monitoring requirements, tools have been developed to track the achievement of the project's planned value. Compliance of the proposed method with the processes of traditional project management allows using standard software for generating initial data and displaying the results of calculations.

Conclusions. Based on the method of the earned requirements of the project, a method of requirements' value monitoring has been developed that, unlike existing ones, will allow to take into account personal assessments of the value of requirements and resources during project monitoring; to carry out relevant forecasts and develop strategies for working with certain interested parties or groups. The tools of using the proposed method in the MS Project environment provide information support for making fundamental decisions on adapting the project to changes in the requirements of stakeholders, in particular, the schedule variance and schedule performance index is calculated. The prospect of further research is to solve the problem of optimizing the distribution of resources in the project in the conditions of maximizing the achieved value of the project.

KEYWORDS: requirements management, project, value, monitoring, stakeholders.

REFERENCES

1. Pellerin R., Perrier N. A review of methods, techniques and tools for project planning and control, *International Journal of Production Research*, 2018, No. 57(2), pp. 1–19. DOI: 10.1080/00207543.2018.1524168
2. Husieva Yu. Yu., Martynenko O. S., Chumachenko I. V. Dynamichnii analiz metodiv ta instrumentalnykh zasobiv upravlinnia zatsikavlenymy storonamy proektiv, *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system: zb. nauk. prats*, 2018, No. 35, pp. 27–36.
3. Martynenko O., Husieva Yu., Chumachenko I. The method of earned requirements for project monitoring, *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 2017, No. 1, pp. 57–63. DOI: 10.30837/2522-9818.2017.1.058
4. Husieva Yu. Yu., Martynenko O. S., Chumachenko I. V. Instrumentalni zasoby realizatsii monitorynhu vymoh u proekti v MS Project, *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system: zb. nauk. prats*, 2017, No. 31, pp. 26–31.
5. Husieva Yu. Yu., Martynenko O. S., Chumachenko I. V. Matrychna model 4R & WS dlia klasyfikatsii steikkholderiv proektu, *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»: zb. nauk. prats*, 2017, № 2 (1224), pp. 17–22.
6. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – 6th Edition. Newtown Square, Pa.: Project Management Institute, Inc., 2017, 756 p.
7. Practice Standard for Earned Value Management – Second Edition. Newtown Square, Pa.: Project Management Institute, Inc., 2011, 135 p.
8. Acebes F., Pajares J., Galán J. M. et al. A New Approach for Project Control Under Uncertainty. Going Back to the Basics, *International Journal of Project Management*, 2014, No. 32 (3), pp. 423–434. DOI: 10.1016/j.ijproman.2013.08.003
9. Batson R. G. Project Risk Identification Methods for Construction Planning and Execution, *Proceedings of the 2009 Construction Research Congress, ASCE*, 2009, pp. 746–755. DOI: 10.1061/41020(339)76
10. Czemplik A. Application of Earned Value Method to Progress Control of Construction Projects, *Procedia Engineering* 91, 2014, pp. 424–428. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.12.087
11. The official site for Earned Schedule information [Electronic resource]. Acces mode: <http://www.earnedschedule.com/>
12. Liu L., Su Y. The Control Model of Engineering Cost in Construction Phase of High-speed Railway, *Proceeding of the 5th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology, IEEE*, 2010, pp. 766–771. DOI: 10.1109/ICCIT.2010.5711158
13. Martens A., Vanhoucke M. A Buffer Control Method for Top-down Project Control, *European Journal of Operational Research*, 2017, No. 262 (1), pp. 274–286. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.03.034
14. Lipke W., Zwikael O., Henderson K. et al. Prediction of Project Outcome – The Application of Statistical Methods to Earned Value Management And Earned Schedule Performance Indexes, *International Journal of Project Management*, 2009, No. 27 (4), pp. 400–407. DOI: 10.1016/j.ijproman.2008.02.009
15. Plaza M., Turetken O. A Model-based DSS for Integrating the Impact of Learning in Project Control, *Decision Support Systems*, 2009, No. 47 (4), pp. 488–499. DOI: 10.1016/j.dss.2009.04.010
16. Batselier J., Vanhoucke M. Evaluation of Deterministic State-of-the-Art Forecasting Approaches for Project Duration Based on Earned Value Management, *International Journal of Project Management*, 2015, No. 33 (7), pp. 1588–1596. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.04.003
17. Willems L. L., Vanhoucke M. Classification of Articles and Journals on Project Control and Earned Value Management, *International Journal of Project Management*, 2015, No. 33 (7), pp. 1610–1634. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.06.003
18. San Cristobal, J. R. 2017. “The S-curve Envelope as a Tool for Monitoring and Control of Projects.” *Procedia Computer Science* 121: 756–761.
19. Sabeghi N., Tareghian H. R., Demeulemeester E. et al. Determining the Timing of Project Control Points Using a Facility Location Model and Simulation, *Computers and Operations Research*, 2015, No. 61, pp. 69–80. DOI: 10.1016/j.cor.2015.03.006
20. Leu S.-S., Lin Y.-C. Project Performance Evaluation Based on Statistical Process Control Techniques, *Journal of Construction Engineering and Management*, 2008, No. 134 (10), pp. 813–819. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:10(813)
21. Husieva Yu. Yu., Martynenko O. S., Kadykova I. M. et al. Metryky protsesiv upravlinnia ta kontroliu vymoh u proektakh, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2017, No. 4, pp. 179–186. DOI: 10.15588/1607-3274-2017-4-20
22. Vitlinskiy V. V., Nakonechniy S. I., Sharapov O. D. *Ekonomichnyi ryzyk i metody yoho vymyruvannia*, Kiev, IZMN, 1996, 400 p.
23. Teoryia prohnozyrovannia y pryniatya reshenyi. Pod. red. S. A. Sarkysiana. Moscow, Vyshaia shkola, 1977, 353 p.
24. Vitlinskiy V. V., Verchenko P. I. Analiz, modeliuvannia ta upravlinnia ekonomichnym ryzykom. Kiev, KNEU, 2000, 292 p.