

**Лі Мін**Аспірант кафедри інформаційних систем і технологій, <https://orcid.org/0000-0002-9396-2852>

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

**МОДЕЛЬ ВИБОРУ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ МІЖНАРОДНИМ ПРОЄКТОМ НА БАЗІ НЕЧІТКО-МНОЖИННОГО АНАЛІЗУ**

***Анотація.** Проведено аналіз відомих підходів до створення засобів підтримки прийняття рішень при виборі методології управління проєктами, який показав, що наразі для програмної підтримки вибору методології управління проєктами використовується багато різних методів, та в більшості це мультикритеріальний аналіз рішень. У дослідженні пропонується використовувати нечітко-множинний аналіз, використання якого повною мірою забезпечить врахування метрик проєкту при виборі методології управління проєктом. Серед альтернатив методологій управління проєктом було обрано чотири підходи: каскадна Waterfall methodology, Spiral model, методології Scrum і Kanban. Всі вони спрямовані на оптимізацію процесів у середині проєктної команди, на полегшення та пришвидшення розроблення продукту. Але кожна методологія має свої особливості, адже розраховується на різні як за складом, так і за обсягом команди, по-різному підлаштовується під різні проєкти. Питання правильного підбору методології до конкретного проєкту вирішується на підставі даних про нього. У роботі виокремлено характеристики проєкту, що мають найбільше значення для міжнародних проєктів: параметри та вимоги проєкту, види засобів комунікації, оцінка ризиків проєкту, параметри команди та ін. Всього двадцять п'ять показників. Кожен параметр, який описує проєкт в анкеті, розглядається як множина можливих значень. Кожна методологія розглядається з точки зору її застосування для конкретних варіантів відповідей на питання анкети. Вирішується завдання формалізації інформації для наведених методологій до управління проєктами на базі застосування математичного апарату нечітких множин. При цьому функція належності визначає ступінь застосовності методології до параметра, що відповідає варіанту відповіді на запитання, наведеного в анкеті. Для визначення функцій належності усіх зазначених підходів обирається експертна комісія. Для визначення підходу управління, який найбільше відповідає конкретному проєкту, оцінюємо відстані від оцінки проєкту до оцінки методології. З усіх способів визначення відстаней між нечіткими множинами система вибирає ту чи іншу метрику залежно від природи проблеми, яка розглядається. Кожна з цих метрик має свої переваги та недоліки, які стають перевагами при застосуванні. Можна використовувати декілька метрик для порівняння результатів. На основі розробленої моделі створено програмний модуль «Вибір методології». Цей модуль після введення всіх даних і їх опрацювання видає назву та відомості про оптимальну для обраного проєкту методологію управління міжнародним проєктом.*

**Ключові слова:** модель вибору методології; методологія управління проєктом; нечітко-множинний аналіз Waterfall, Spiral, Scrum, Kanban

**Вступ**

Зміна бізнес-парадигми виконання робіт в сучасних підприємствах і організаціях вивела проєктний підхід як один з основних способів виконання робіт на рівні з іншими процесами. Розповсюдження COVID-19 переформатувало стиль роботи міжнародних організацій, отже, інженерні, управлінські, фінансово-сервісні компанії і технологічні фірми тепер структурують себе як проєкти організації. Тобто в організаціях будь-якого типу звичайною стала практика організації завдань у вигляді проєктів. Цьому сприяв розвиток сучасних

методів управління, які змінилися від централізованого й ієрархічного характеру до децентралізованого і горизонтального. Зростаючий конкурентний тиск в умовах пандемії також сприяв в міжнародних компаніях підвищенню якості виконання завдань, зменшуючи при цьому видатки. У такому випадку необхідно залучати проєктний підхід для полегшення управління, в т. ч. полегшення контролю, спілкування та координації. Отже, розвиток методології управління, політичні фактори сприяли зміні системи управління компаніями та підприємствами в бік проєктної практики [1].

## Аналіз досліджень і публікацій

Питанню вибору методології управління проектом присвячено роботу [1]. У цій роботі розглянуто водоспадні, спіральні та адаптивні методології, наведено їхні характеристики та запропоновано загальні рекомендації щодо їх вибору для конкретного проекту, проте ці рекомендації не дають змоги зробити вибір однієї кращої методології. Аналогічно в [2] також наведено підхід до вибору методології рекомендаційного змісту. Цей підхід складається із шести етапів і ґрунтується на експертному оцінюванні факторів проекту та оточення. Ця робота також не дає змоги зробити обґрунтований вибір кращої методології з достатньою точністю.

Автор роботи [3] пропонує для кожного окремого проекту створювати спеціальну методологію, тим самим підвищувати ефективність управління. Однак не враховується, що розробка нової методології має такі недоліки, як складність, висока вартість і довготривалість. Водночас підбір методології з числа наявних має такі переваги: доступність, детальний опис та готовий інструментарій.

У роботі [4] описано моделі і методи оптимізації змісту проектів для підбору методології управління ними. Сам же процес вибору методології з можливих формально не представлено, більшу увагу в роботі присвячено методам багатокритеріального аналізу параметрів проекту.

У роботі [5] визначено проблеми, що виникають при виборі методології управління проектом: неточна оцінка часу, затримки постачання, вихід з ладу устаткування – все це може зробити складнішим досягнення поставлених цілей у проекті. У роботі відображено обставини, за яких особи, що приймають рішення, переважно менеджери проектів, мають лише часткову інформацію про ситуацію. Відсутність повної інформації є неминучою частиною прийняття управлінських рішень, і методи роботи з невизначеністю мають бути розвинені.

У роботах [6; 7] класифіковано невизначеності у проектах за трьома категоріями: невизначеності, пов'язані з ринком, такі як попит, конкуренція та ланцюжок поставок; невизначеності, пов'язані з реалізацією, такі як технічні, будівництво та експлуатація; інституційні невизначеності, такі як регулюючі, культурні та позанаціональні.

У роботі [8] досліджуються чотири групи невизначеностей: технічні, ринкова, організаційна та ресурсна невизначеність.

У роботі [9] досліджується п'ять груп невизначеностей: мінливість, пов'язана з оцінками,

невизначеність щодо основи оцінки, проектування та логістика, цілі та пріоритети, а також фундаментальні взаємозв'язки між зацікавленими сторонами проекту. Пропонується перейти від управління ризиками проекту до управління невизначеністю проекту та наголосити на необхідності розуміння витоків невизначеності перед спробою впоратися з нею.

У роботі [10] необхідною умовою ефективного управління проектами визначається управління невизначеністю. Джерелом невизначеності вважається оцінка учасниками параметрів проекту та етапи його життєвого циклу. Питання невизначеності також розглядаються в роботі [11], де автори підкреслюють управлінські підходи і наводять чотири групи невизначеностей у проекті: варіація, передбачувана невизначеність, непередбачена невизначеність та хаос. Варіація належить до випадкових відхилень, які мають невеликі наслідки та зазвичай зустрічаються у кожному проекті. Хаос, з іншого боку, трапляється не часто, але дуже впливає на цілі проекту. Кожен тип потребує різного підходу.

У роботі [12] представлено огляд, який враховує ризики та невизначеність в управлінні проектами в контексті інновацій управління.

З наведеного можна зробити висновки, що на сьогодні досить глибоко досліджувались методології управління проектом; класифіковано і вивчено групи невизначеностей у проекті; для вибору підходу управління проектом використовуються різні методи, переважно це багатокритеріальні методи прийняття рішень; можливим є застосування нечітко-множинного аналізу в процесі прийняття рішень при виборі методології управління проектом.

## Мета статті

Метою статті є розроблення моделі вибору методології управління міжнародним проектом на базі нечітко-множинного аналізу.

## Виклад основного матеріалу

Згідно з результатами аналізу сучасних методів щодо вибору підходу до управління проектом, на передпроектному етапі важливо визначити ключові фактори, які впливають на вибір методології, що буде використана для управління проектом. Визначивши фактори, необхідно розробити формалізований метод здійснення вибору підходу щодо управління.

На початковому етапі опишемо метод вибору методології управління міжнародним проектом на основі нечітко-множинного аналізу у вигляді алгоритму (рис. 1).

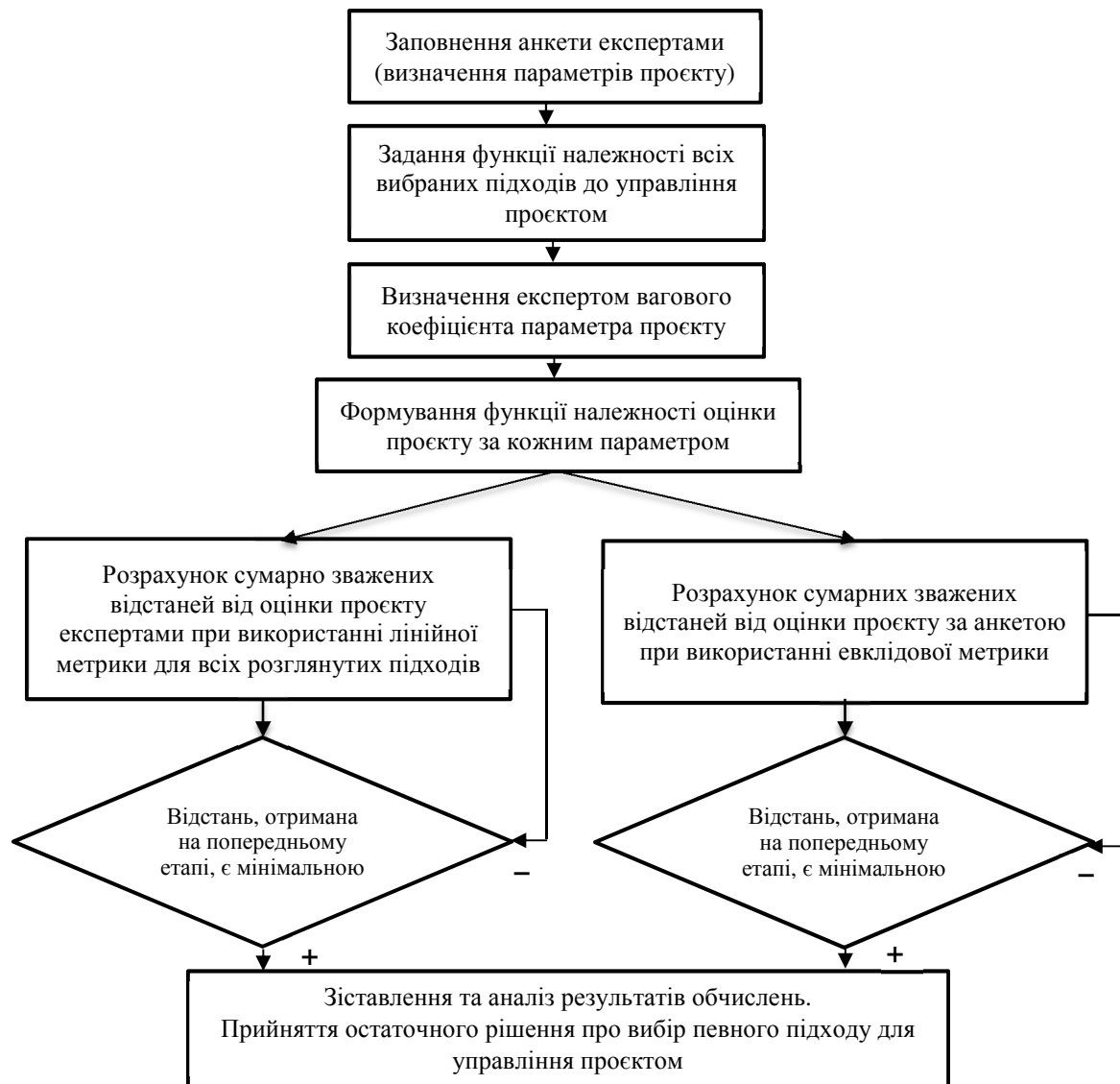


Рисунок 1 – Алгоритм вибору методології управління міжнародним проектом на основі нечітко-множинного аналізу

Важливим аспектом у розробці методу є те, що вирішення поставленого завдання ускладнюється нечіткістю наявних рекомендацій щодо застосовності різних підходів управління в різних випадках та умовах, зокрема для розробки проектів, що не стосуються розроблення програмного забезпечення і мають міжнародне спрямування. Вирішувати таке завдання пропонується шляхом використання анкет (табл. 1). Анкети структуровано відображають інформацію про проект, комунікації, команду та всі можливі ризики. Важливою умовою є те що, анкети мають заповнюватися не лише менеджером проекту, а й експертами, що залучаються. Конкретно в нашому випадку – експертами з розробки газоочисних пристроїв для вентиляційних систем.

Кожен параметр, який описує проект в анкеті, розглядатимемо як  $A_n$ ,  $n = \overline{1, m}$ , де  $n$  – порядковий

номер параметра в анкеті;  $m$  – кількість питань. Для цього проекту  $m = 25$ .

$$\text{Тоді } A_n = \{a_{1n}, a_{2n} \dots a_{in}, \} \quad (1)$$

буде множиною можливих значень  $n$ -го параметра. Бал, що відповідає  $i$ -му варіанту  $n$ -го параметра анкети  $a_{in}$ , де  $i = \overline{1, k}$ ,  $k$  – кількість можливих варіантів  $n$ -го параметра. У пропонованому проекті  $k=4$  для всіх параметрів.

1. Альтернативи проектної методології позначимо так:

$$M_n = \{M_1, M_2 \dots M_p, \} \quad (2)$$

де  $M_p$ ,  $p = \overline{1, P}$  – підхід до управління проектом;  $P$  – кількість проектних підходів.

Серед альтернатив проектних підходів виокремимо такі чотири підходи: каскадна Waterfall Methodology (по PMBOK) ( $M_1$ ), Spiral model ( $M_2$ ), методології Scrum ( $M_3$ ) і Kanban ( $M_4$ ).

Таблиця 1 – Фрагмент анкети даних про проєкт

<b><u>Параметри та вимоги проєкту</u></b>				
<b>Параметр 1</b>	<b>Вартість проєкту A1</b>			
Варіанти	Менше 100 тисяч грошових одиниць	Від 100 до 500 тисяч грошових одиниць	Від 500 тисяч до 1 млн грошових одиниць	Більше 1 млн грошових одиниць
Бал	10	20	30	40
<b>Параметр 2</b>	<b>Вимоги до якості продукту проєкту, A2</b>			
Варіанти	Вимоги локального ринку	Національні вимоги	Міжнародні вимоги	Вищі міжнародні вимоги
Бал	10	20	30	40
.....				
<b>Параметр 9</b>	<b>Частота звітів перед замовником у процесі виконання проєкту, A9</b>			
Варіанти	Звіт про кожну операцію	Звіт про виконання пакета робіт	Звіт про готовність компонента продукту проєкту	Звіт про готовність проєкту
Бал	10	20	30	40
<b><u>Оцінка ризиків проєкту</u></b>				
<b>Параметр 10</b>	<b>Імовірність настання ризикових подій, пов'язаних з управлінням проєктом (неякісне планування, контролінг, проблеми комунікації та ін.), A10</b>			
Варіанти	Ризикова подія може проявитись, 10–50%	Ризикова подія, ймовірно, проявиться, 50–75%	Ризикова подія, ймовірно, проявиться, 50–75%	Ризикова подія, швидше за все, проявиться, 75–100%
Бал	10	20	30	40
.....				
<b>Параметр 13</b>	<b>Імовірність прояву зовнішніх ризиків (зрив робіт підрядниками, несприятлива політична, економічна обстановка в країні, зміни ринку), A13</b>			
Варіанти	Ризикова подія може проявитись, 10–50%	Ризикова подія, ймовірно, проявиться, 50–75%	Ризикова подія, ймовірно, проявиться, 50–75%	Ризикова подія, швидше за все, проявиться, 75–100%
Бал	10	20	30	40
<b><u>Параметри команди</u></b>				
<b>Параметр 14</b>	<b>Кількість людей, задіяних у проєкті, A15</b>			
Варіанти	> 12 людей	<12>50	<50>100	<100
Бал	10	20	30	40
<b>Параметр 16</b>	<b>Досвід роботи в міжнародних проєктах, A16</b>			
Варіанти	Не мають досвіду роботи в міжнародних проєктах	Мають досвід роботи в міжнародних проєктах до 2 років	Мають досвід роботи в міжнародних проєктах від 2 до 5 років	Мають досвід роботи в міжнародних проєктах понад 5 років
Бал	10	20	30	40
.....				
<b>Параметр 25</b>	<b>Компетентність головного інженера, A22</b>			
Варіанти	Високий рівень компетенції в даній галузі, є винахідником	Високий рівень компетенції в даній галузі, може удосконалювати системи вентиляції газоочисних пристроїв	Працював над створенням систем вентиляції газоочисних пристроїв	Теоретична підготовка, невеликий досвід
Бал	10	20	30	40

Кожну методологію розглянемо з точки зору її застосування для конкретних варіантів відповідей на питання анкети. Втім, виникає необхідність розв'язання задачі формалізації інформації для наведених підходів до управління проектами, що обумовлює необхідність застосування математичного апарату нечітких множин. Нечітка множина  $M$  на множині  $A = (a)$  задається так [13]:

$$M = \{ \langle a, \mu_M(a) \rangle \mid a \in A \}, \quad (3)$$

де  $\mu_M(a) \in [0,1]$  – функція належності до нечіткої множини  $M$ .

Отже, застосування  $p$ -го підходу до кожного з можливих варіантів, що відповідають значенням  $a_{in}$ , де  $i = \overline{1, k}$ ,  $n$ -го параметра  $A_n = \{a_{1n}, a_{2n} \dots a_{kn}\}$ , розглядатимемо як нечітку множину  $M_p$ ,  $p = \overline{1, P}$ , таку, що

$$M_{pn} = \{ \langle a_{1n}, \mu_{M_{pn}}(a_{1n}) \rangle, \langle a_{2n}, \mu_{M_{pn}}(a_{2n}) \rangle, \dots, \langle a_{kn}, \mu_{M_{pn}}(a_{kn}) \rangle \}. \quad (4)$$

Отже, функція належності  $\mu_{M_{pn}}(a_{in}), i = \overline{1, k}$  визначатиме ступінь застосовності  $p$ -го підходу до параметра, що відповідає  $i$ -му варіанту відповіді  $n$ -го питання, наведеного в анкеті. Для визначення функцій належності усіх зазначених підходів було обрано експертну комісію. Фрагмент наданих значень наведено в табл. 2.

Графічне подання функцій для параметра  $A1$  (кількість людей, задіяних у проекті) для всіх методологій представлено на рис. 2.

Підхід до управління проектом  $M_p, p = \overline{1, P}$ , характеризується можливістю його застосування до кожного варіанта усіх  $P$  параметрів анкети. Тобто,

$$M_p = \{M_{p1}, M_{p2} \dots M_{pP}\},$$

$$\text{Отже, } E = \{E_1, E_2, \dots, E_N\}, \quad (5)$$

де  $E_n, n = \overline{1, N}$  – нечітка множина, яка визначає відповідність проекту варіантам, що відповідають значенням  $a_{in}, i = \overline{1, k}$   $n$ -го параметра проекту  $A_k = \{a_{1n}, a_{2n}, \dots, a_{kn}\}$ , тобто,

$$E_n = \{ \langle a_{1n}, \mu_{E_n}(a_{1n}) \rangle, \langle a_{2n}, \mu_{E_n}(a_{2n}) \rangle, \dots, \langle a_{kn}, \mu_{E_n}(a_{kn}) \rangle \}. \quad (6)$$

Тоді функція  $\mu_{E_n}(a_{in}), i = \overline{1, k}$ , відображає рівень належності проекту до варіанту, який відповідає  $i$ -му варіанту ситуації  $n$ -го параметра анкети. Для визначення підходу управління, який найбільше придатний для даного проекту, оцінемо відстані від оцінки проекту  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_N\}$  до кожного з розглянутих підходів до управління проектами  $M_p = \{M_{p1}, M_{p2} \dots M_{pP}\}$ , де  $p = \overline{1, P}$ .

Відомо багато способів визначення відстаней між нечіткими множинами. Вибір тієї чи іншої відстані залежить від природи проблеми, яка розглядається. Кожна з цих відстаней має свої переваги та недоліки, які стають очевидними при застосуваннях. Найчастіше використовують такі відстані між нечіткими множинами  $M, E$  на множині

$$A = \{a_1, a_2 \dots a_n\} [13]:$$

– Евклідова метрика  $e(M, E)$ :

$$d(M, E) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_M(a_i) - \mu_E(a_i))^2}. \quad (7)$$

Таблиця 2 – Фрагмент таблиці значення функцій належності підходів

Параметр $A_n$	Оцінка $a_{1n}$	Waterfall $\mu_{M_{1n}}(a_{in})$	Spiral $\mu_{M_{2n}}(a_{in})$	Scrum $\mu_{M_{3n}}(a_{in})$	Kanban $\mu_{M_{4n}}(a_{in})$
A1	1	1	1	0	0
	2	1	1	0,25	0
	3	0,5	0,5	0,75	0,25
	4	0,5	0,25	1	1
A2	1	1	1	0,25	0
	2	1	1	0,5	0,25
	3	0,25	0,25	0,75	0,5
	4	0,1	0,15	10	1
A3	1	1	1	0	0
	2	0,5	0,5	0,5	0,5
	3	0,15	0	1	1
	4	0	0	1	1
...	...	...	...	...	...
A25	1	1	1	0	0
	2	1	0,75	0	0
	3	0,25	0,25	0,75	0
	4	0	0	1	1

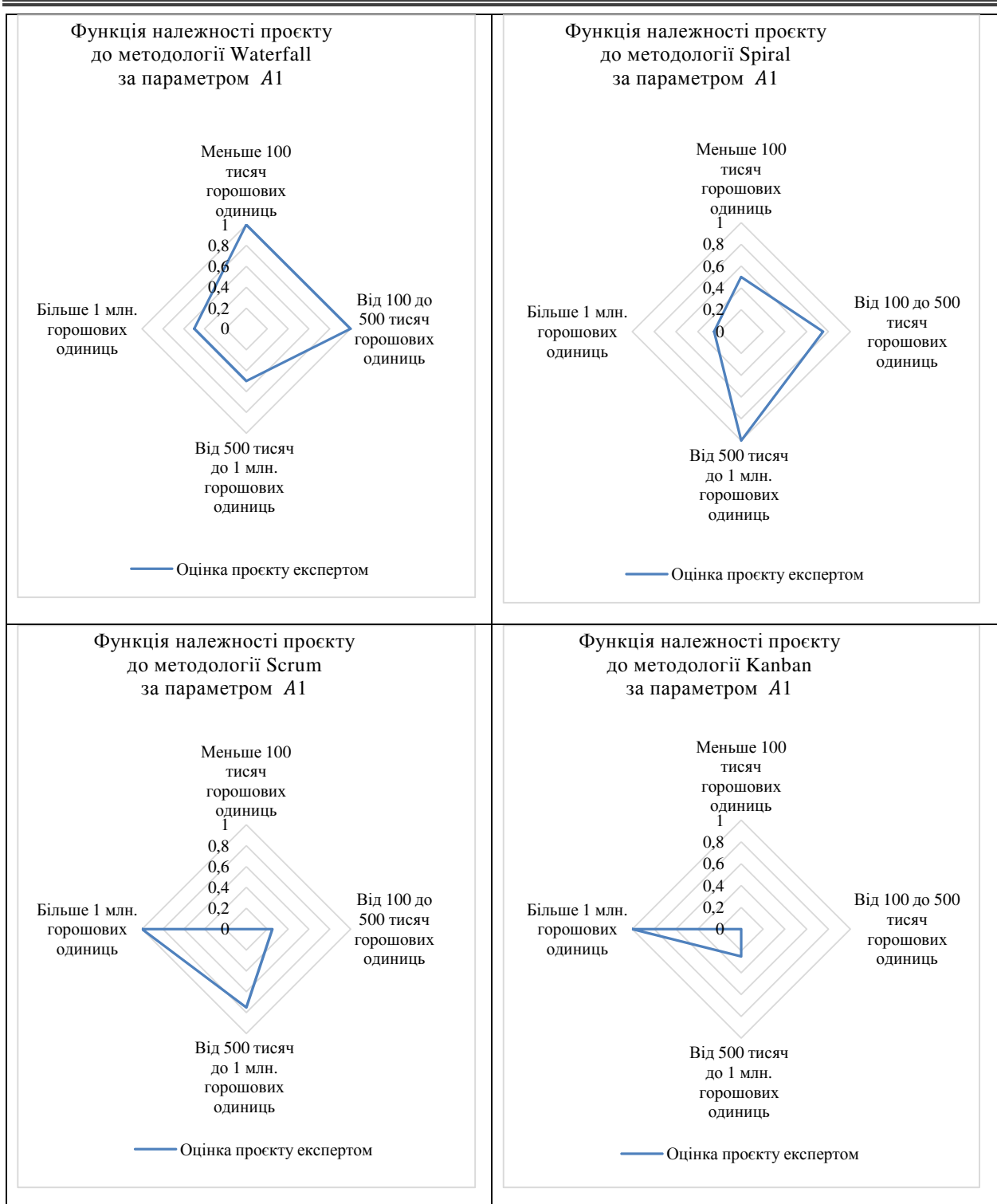


Рисунок 2 – Функції належності проекту до методології за параметром A1

Хоча евклідова відстань це загальна міра відстані, але вона не масштабується у варіанті, а це означає, що обчислювані відстані можуть бути спотворені залежно від одиниць ознак. Зазвичай, перед використанням цього виміру відстані необхідно нормалізувати дані.

– Лінійна метрика  $d(M, E)$ :

$$d(M, E) = \sum_{i=1}^k \left| \mu_M(a_i) - \mu_E(a_i) \right|. \quad (8)$$

Лінійну метрику важко використовувати за умови, коли два вектори не мають однакової довжини.

Більш того, не має фактичного значення, чи вони різні, чи рівні. Тому лінійну метрику не рекомендується використовувати, якщо величина є важливою мірою.

– Метрика манхетен:

$$d(M, E) = \sum_{i=1}^k \left| M_i - E_i \right|. \quad (9)$$

Метрика манхетен добре працює для багатовимірних даних. Але є ймовірність, що вона дасть більш високе значення відстані, ніж евклідова відстань, оскільки вона не є найкоротшим можливим шляхом.

– Косинусна подібність:

$$d(M, E) = \cos(\Theta) = \frac{ME}{\|M\| \|E\|}. \quad (10)$$

Важливим недоліком косинусної подібності є те, що враховується лише їхній напрямок, а величина векторів не враховується. Це означає, що відмінності в значеннях не повною мірою враховуються.

– Метрика Чебишева:

$$d(M, E) = \max_i (|M_i - E_i|). \quad (11)$$

Метрика Чебишева зазвичай використовується в дуже специфічних випадках, що ускладнює її використання як універсальної метрики, такої як евклідова відстань або косинусна подібність. Тому рекомендується використовувати її тільки тоді, коли ви абсолютно впевнені, що вона підходить для вашого варіанта використання.

Отже, виберемо для цього дослідження дві універсальні метрики, такі як лінійна та евклідова метрика.

Формули (7) та (8) не повною мірою відображають специфіку розглянутої задачі. Адже в цій задачі, якщо значення функції належності для підходу перевищує значення функції належності для проекту або збігається з ним, то відстань між цими координатами слід вважати нульовою. Отже, функція належності для проекту покривається функцією належності для підходу до управління. Також можливий варіант, коли підхід повністю відповідає варіантам вимог проекту. Тому, для застосування лінійної або евклідової метрик, відстань за  $i$ -тим значенням  $n$ -го параметра між розглянутим підходом  $M_p$ , де  $p = \overline{1, P}$  і оцінкою проекту  $E$  визначимо так: 0 якщо  $\left( (\mu_{M_{in}}(a_{in})) - (\mu_{E_n}(a_{in})) \right) \geq 0$ , в іншому випадку  $(\mu_{M_{pn}}(a_{in}) - (\mu_{E_n}(a_{in})) \geq 0)$ , тоді сумарна відстань між підходом  $M$  і оцінкою проекту  $E$  за  $n$ -ми параметрами при використанні лінійної метрики  $d(M_p, E)$  являє собою:

$$d_{in}(M_p, E) = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^K |d_{in}(M_p, E)|. \quad (12)$$

Також потрібно врахувати, що не всі параметри  $A_n, i = \overline{1, k}$  при рішенні завдання вибору підходу до управління проектом є рівнозначні. Для відображення рівня впливу  $n$ -го параметра на результат рішення завдання вагові коефіцієнти  $m_n, n = \overline{1, N}$  наведені у табл. 3.

Накладемо на них такі обмеження:

$$\sum_{n=1}^N m_n = 1 \text{ при } 0 \leq m_n \leq 1.$$

Сумарна відстань між підходом  $M_p$ , і оцінкою проекту  $E$  за  $N$  параметрами з урахуванням введених вагових коефіцієнтів  $m_n, n = \overline{1, N}$ , при використанні евклідової відстані  $d_m(M_p, E)$  будемо визначати так:

$$d(M_p, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sqrt{\sum_{i=1}^K (d_{in}(M_p, E))^2}. \quad (13)$$

Підхід, для якого сумарна відстань від оцінки проекту  $V$  та з врахуванням вагових коефіцієнтів  $m_n, n = \overline{1, N}$  при використанні евклідової метрики є мінімальною, і буде вважатися найкращим:

$$M = \arg \min \{dn(M_p, E)\}. \quad (14)$$

З урахуванням вагових коефіцієнтів, сумарна відстань між підходом  $M_p$  і оцінкою проекту  $E$  за параметрами  $N$   $d_m(M_p, E)$  при використанні лінійної метрики буде визначатися таким чином:

$$d_m(M_p, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sum_{i=1}^K |dn(M_p, E)|.$$

Оптимальним будемо вважати підхід, для якого відстань від оцінки проекту  $E$  з урахуванням вагових коефіцієнтів  $m_n, n = \overline{1, N}$ , при використанні лінійної метрики є мінімальною:

$$M = \arg \min \{dn(M_p, E)\}. \quad (15)$$

Застосувати метод вибору методології управління проектом на основі нечітко-множинного аналізу пропонується на прикладі проекту, присвяченого розробці газоочисних пристроїв для вентиляційних систем.

Для респондента формується анкета, в якій задається функція належності оцінки проекту ( $E$ ) за виділеними параметрами. Варіанти оцінювання наведено на рис. 3. Значення функції належності оцінки проекту за всіма розглянутими параметрами наведені в табл. 4.

Використовуючи лінійну метрику, проведемо розрахунок сумарних зважених відстаней між оцінками проекту та кожним підходом:

$$d_m(M_1, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sum_{i=1}^K dn(M_1, E) = 0,703 \text{ Waterfall Methodology } (M_1); \quad (16)$$

$$d_m(M_2, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sum_{i=1}^K dn(M_2, E) = 0,732 \text{ Spiral model } (M_2); \quad (17)$$

$$d_m(M_3, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sum_{i=1}^K dn(M_3, E) = 0,112 \text{ методології Scrum } (M_3); \quad (18)$$

$$d_m(M_4, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sum_{i=1}^K dn(M_4, E) = 0,345 \text{ Kanban } (M_4). \quad (19)$$

Вибір підходу здійснюємо відповідно до (8):

$$M = \arg \min \{d_n(M_p, E)\} = \arg \min \left\{ \begin{matrix} 0,703 & 0,732 \\ 0,112 & 0,345 \end{matrix} \right\} \arg \min \cdot (0,012). \quad (20)$$

Результат розрахунку відстаней між розглянутими підходами та оцінкою проекту з використанням лінійної метрики такий, що для управління проектом з розроблення газоочисних пристроїв для вентиляційних систем рекомендується застосувати методологію Scrum. Розрахуємо сумарні зважені відстані для тих самих показників за допомогою застосування евклідової метрики:

$$d_m(M_1, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sqrt{\sum_{i=1}^K d_{in}(M_p, E)} = 0,703; \quad (21)$$

$$d_m(M_2, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sqrt{\sum_{i=1}^K d_{in}(M_p, E)} = 0,725; \quad (22)$$

$$d_m(M_3, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sqrt{\sum_{i=1}^K d_{in}(M_p, E)} = 0,110; \quad (23)$$

$$d_m(M_4, E) = \sum_{n=1}^N m_n \sqrt{\sum_{i=1}^K d_{in}(M_p, E)} = 0,308. \quad (24)$$

Вибір підходу здійснюємо відповідно до (15):

$$M = \operatorname{argmin}\{d_n(M_p, E)\} = \operatorname{argmin}\left\{\begin{matrix} 0,700 & 0,725 \\ 0,110 & 0,308 \end{matrix}\right\} \operatorname{argmin} \cdot (0,010). \quad (25)$$

Таблиця 3 – Значення вагових коефіцієнтів  $m_n, n = \overline{1, N}$

Параметр, $A_n$	A1	A2	A3	A4	....	A20	A21	A22	A23	A24	A25
Ваговий коефіцієнт, $m_n$	0,07	0,07	0,05	0,03	....	0,04	0,03	0,03	3,03	0,03	0,05

**1** Якщо респондент повністю згоден із твердженням анкети, функція належності для даного твердження приймає значення 1, тоді як функції належності до тверджень, що залишилися, за цим питанням дорівнюють нулю.

Наприклад: бюджет проекту становить 100 тисяч грошових одиниць, отже, для параметра **Вартість проекту A1** оцінка становитиме  $O=\{A1\} = \{(1,0.00), (2,1.00), (3,0.00), (4,0.00)\}$

**2** Якщо респондент не може відповісти на запитання однозначно, він визначає рівень належності проекту до кожного із тверджень даного питання.

Наприклад: учасники команди проекту мають різний досвід роботи в міжнародних проектах **A16**. У команді, що складається з 10-х чоловік, один учасник не має досвіду роботи, досвід менеджерів потрапляє до категорії «від 2 до 5 років» і головний інженер проекту має більше 5 років досвіду роботи в даній галузі. Оцінка проекту за параметром у такому складі команди  $E = \{a3\} = \{(1,0.0), (2,0.25), (3,0.50), (4,0.25)\}$

Рисунок 3 – Варіанти оцінювання

Таблиця 4 – Значення функцій належності оцінки проекту,  $B$

Параметр, A1		Параметр, A2		Параметр, A3		Параметр, A4	
Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$
1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00
2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00
3	0,00	3	1,00	3	1,00	3	1,00
4	1,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00
Параметр, A5		Параметр, A6		Параметр, A7		Параметр, A8	
Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$
1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00
2	0,00	2	0,00	2	0,00	2	0,00
3	1,00	3	1,00	3	1,00	3	0,00
4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	1,00
.....							
Параметр, A22		Параметр, A23		Параметр, A24		Параметр, A25	
Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$	Кількість балів, $a_{ik}$	Значення $\mu_{E_n}(a_{in})$
1	0,00	1	0,00	1	0,00	1	0,00
2	1,00	2	0,25	2	0,00	2	0,00
3	1,00	3	0,75	3	1,00	3	1,00
4	0,00	4	0,00	4	0,00	4	0,00



Отже, результат, отриманий за допомогою обчислення евклідової метрики щодо вибору методології управління проектом, аналогічний з попереднім результатом. Можемо зробити висновок, що методологія Scrum найкраще підходить для управління проектом з такими вихідними умовами.

Для програмної реалізації моделі вибрано мову програмування – Java, інтегроване середовище розробки – Eclipse. На рис. 4 зображено діаграму розгортання засобу вибору методології управління

міжнародним проектом. Для зберігання результатів, введених користувачем розробленого засобу, було вибрано нереляційну віддалену базу даних.

Розроблена модель покладена в основу модулю «Вибір методології» інформаційної платформи вибору та формування підходу до управління проектами. Цей модуль після заповнення всіх даних і їх опрацювання видає назву та відомості про оптимальну для цього проекту методологію управління міжнародним проектом.

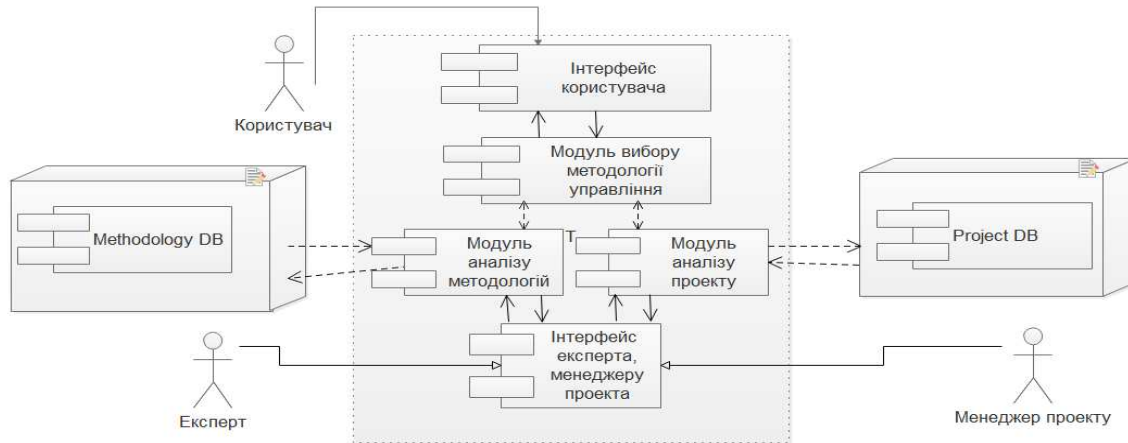


Рисунок 4 – Діаграма розгортання модулю «Вибір методології»

## Висновки

Аналіз наявних методів розробки засобів підтримки прийняття рішень засвідчив можливість розроблення моделі вибору методології на базі нечітко-множинного аналізу з використанням лінійної та евклідової метрик. Для проекту визначаються найважливіші характеристики, такі як: параметри та вимоги проекту, види засобів комунікацій, оцінка ризиків проекту, параметри команди тощо, всього двадцять п'ять показників.

Для визначення підходу управління, який найбільше підходить для конкретного проекту,

оцінюємо відстані від оцінки проекту до оцінки методології. З усіх способів визначення відстаней між нечіткими множинами система вибирає ту чи іншу метрику залежно від природи проблеми, яка розглядається. Кожна з цих метрик має свої переваги та недоліки. Можна використовувати декілька метрик для порівняння результатів.

На основі розробленої моделі створено ефективний і гнучкий програмний засіб для вибору методології управління міжнародним проектом у вигляді модулю «Вибір методології», що дає змогу автоматизовано вибирати оптимальну для цього проекту методологію управління міжнародним проектом.

## Список літератури

1. Öncü Hazır, Gündüz Ulusoy, A classification and review of approaches and methods for modeling uncertainty in projects, International Journal of Production Economics, Volume 223, 2020, 107522, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107522>.)
2. Hanif, T. Selecting the right project management approach using 6P [Text] / T. Hanif, M. Limbachiya // 24th World Conference IPMA (International Project Management Association). Istanbul, Turkey, 2010. P. 183–189.
3. Whitaker, S. How to Build Your Own Project Management Methodology [Electronic resource] / S. Whitaker // Copyright Sean Whitaker. – 27 February 2014. Available at: \www/URL: <http://seanwhitaker.com/how-to-build-your-own-project-management-methodology/>
4. PM GUIDE 01 Selecting a project management methodology [Electronic resource] / Enterprise Solutions. Victorian Government Cio Council, 2014. Available at: \www/URL: <http://www.enterprisesolutions.vic.gov.au/wp-content/uploads/2014/07/PM-GUIDE-01-Project-management-methodology-selection-guideline.pdf>
5. Meredith, J. R., & Mantel, S. J. Jr. (2005). Project Management A Managerial Approach, (6th ed.) New York: John Wiley & Sons.
6. Pich M. T., Loch C. H., & De Meyer A. (2002). On uncertainty, ambiguity, and complexity in project management. Management Science, 48(8), 1008–1023.

7. Miller, R., & Lessard, D. (2001). Understanding and managing risks in large engineering projects. *International Journal of Project Management*, 19(8), 437–443.
8. Leifer, R., O'connor, G. C., & Rice, M. (2001). Implementing radical innovation in mature firms: The role of hubs. *Academy of Management Perspectives*, 15(3), 102-113.
9. Ward, S. & Chapman, C. (2003). Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21(2), 97-105.
10. Atkinson, R., Crawford, L., & Ward, S., (2006). Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. *International Journal of Project Management*, 24(8), 687-698.
11. Pich M. T., Loch C. H., & De Meyer A. (2002). On uncertainty, ambiguity, and complexity in project management. *Management Science*, 48(8), 1008–1023.
12. Vale, J. W.S.P., & Carvalho, M. M. D. (2017). Risk and uncertainty in projects management: literature review and conceptual framework. *Revista GEPROS*, 12(2), 93.
13. Капітонова Ю. В., Кривий С. Л., Летичевський О. А., Луцький Г. М., Печурін М. К. *Основи дискретної математики* Київ: Наукова думка, 2002. 567 с.
14. Kononenko I. V., & Lutsenko S. Yu. (2017). Method for selection of project management approach based on fuzzy concepts. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management*, 2(1224), 8–17. <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2017.1224.2>
15. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) Sixth Edition, Project Management Institute.
16. Лі Мін. Застосування гнучкої (Agile) методології для виконання міжнародних спільних наукових проєктів. *Управління розвитком складних систем*. № 38. 2019. С. 103 – 110, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788555](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788555).
17. Silva V. B. S., Schramm, F., & Damasceno, A. C. (2016). A multicriteria approach for selection of agile methodologies in software development projects. 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Budapest, Hungary, 2056-2060. <https://doi.org/10.1109/SMC.2016.7844542>
18. Chupryna I., Ryzhakova G., Chupryna K., Biloshchytskyi A., Tormosov R., & Gonchar V. (2022). Designing a toolset for the formalized evaluation and selection of reengineering projects to be implemented at an enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(13(115)), 6–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251235>
19. Adel Alshamrani. A Comparison Between Three SDLC Models Waterfall Model, Spiral Model, and Incremental/Iterative Model. [http://www.academia.edu/10793943/A\\_Comparison\\_Between\\_Three\\_SDLC\\_Models\\_Waterfall\\_Model\\_Spiral\\_Model\\_and\\_Incremental\\_Iterative\\_Model](http://www.academia.edu/10793943/A_Comparison_Between_Three_SDLC_Models_Waterfall_Model_Spiral_Model_and_Incremental_Iterative_Model)

Стаття надійшла до редколегії 20.09.2022

#### Lee Min

Postgraduate student of the Department of Information Systems and Technologies, <https://orcid.org/0000-0002-9396-2852>  
Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv

### A MODEL FOR THE SELECTION OF THE INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT METHODOLOGY BASED ON FUZZY-MULTIPLE ANALYSIS

**Abstract.** *The article analyzes existing approaches to the creation of decision-making support tools for choosing a project management methodology, which showed that currently many different methods are used for software support in choosing a project management methodology, and most of them are multi-criteria decision analysis. In this study, it is proposed to use fuzzy-multiple analysis, the use of which will fully ensure that project metrics are taken into account when choosing a project management methodology. Among the alternatives of project management methodologies, the following four approaches were chosen: cascade Waterfall methodology, Spiral model, Scrum methodology, and Kanban. All of them are aimed at optimizing processes within the project team, facilitating and speeding up product development. But each methodology has its own characteristics, because it is calculated on different teams both in terms of composition and volume, and is adapted to different projects in different ways. The question of the correct selection of the methodology for a specific project is decided on the basis of data about it. The work highlights the characteristics of the project that are most important for international projects: project parameters and requirements, types of communication tools, project risk assessment, team parameters, etc. A total of twenty-five indicators. An important aspect in the development of the proposed model is that the solution to the task is complicated by the vagueness of the existing recommendations regarding the applicability of different methodologies in different cases and conditions, in particular for the development of projects not related to software development and having an international direction. It is proposed to solve this task by using questionnaires. Each parameter that describes the project in the questionnaire is considered as a set of possible values. Each methodology is considered from the point of view of its application for specific options of answers to questionnaire questions. The task of formalizing information for the given project management methodologies is solved, based on the application of the mathematical apparatus of fuzzy sets. At the same time, the membership function determines the degree of applicability of the methodology to the parameter that corresponds to the answer option of the question given in the questionnaire. An expert commission is elected to determine the appropriate functions of all the mentioned approaches. To determine the management approach that is most suitable for a given project, we estimate the distance from the project assessment to the methodology assessment. Of all the ways to determine the distances between fuzzy sets, the system chooses one or another metric, depending on the nature of the problem under consideration. Each of these metrics has its advantages and disadvantages, which become advantages in applications. It is possible to use several metrics to compare results. Based on the developed model, the program module "Methodology Selection" was created. This module, after entering all the data and processing it, gives the name and information about the international project management methodology that is optimal for the chosen project.*

**Keywords:** *methodology selection model; project management methodology; fuzzy multiple analysis; Waterfall; Spiral; Scrum; Kanban*

## References

1. Öncü, Hazır, Gündüz, Ulusoy. (2020). A classification and review of approaches and methods for modeling uncertainty in projects. *International Journal of Production Economics*, 223, 107522. ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107522>.)
2. Hanif, T., Limbachiya, M. (2010). Selecting the right project management approach using 6P. 24th World Conference IPMA (International Project Management Association). Istanbul, Turkey, Pp. 183–189.
3. Whitaker, S. (2014). How to Build Your Own Project Management Methodology [Electronic resource]. Available at: \www/URL: <http://seanwhitaker.com/how-to-build-your-own-project-management-methodology/>
4. PM GUIDE 01 Selecting a project management methodology [Electronic resource]. (2014). Enterprise Solutions. Victorian Government Cio Council. Available at: \www/URL: <http://www.enterprisesolutions.vic.gov.au/wp-content/uploads/2014/07/PM-GUIDE-01-Project-management-methodology-selection-guideline.pdf>
5. Meredith, J. R. & Mantel, S. J. Jr. (2005). *Project Management A Managerial Approach* (6th ed.). New York: John Wiley & Sons.
6. Pich, M. T., Loch, C. H., & De Meyer, A. (2002). On uncertainty, ambiguity, and complexity in project management. *Management Science*, 48(8), 1008–1023.
7. Miller, R., & Lessard, D. (2001). Understanding and managing risks in large engineering projects. *International Journal of Project Management*, 19(8), 437–443.
8. Leifer, R., O'connor, G. C., & Rice, M. (2001). Implementing radical innovation in mature firms: The role of hubs. *Academy of Management Perspectives*, 15(3), 102-113.
9. Ward, S., & Chapman, C. (2003). Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21(2), 97-105.
10. Atkinson, R., Crawford, L., & Ward, S., (2006). Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. *International Journal of Project Management*, 24(8), 687-698.
11. Pich, M. T., Loch, C. H., & De Meyer, A. (2002). On uncertainty, ambiguity, and complexity in project management. *Management Science*, 48(8), 1008–1023.
12. Vale, J. W. S. P., & Carvalho, M. M. D. (2017). Risk and uncertainty in projects management: literature review and conceptual framework. *Revista GEPROS*, 12(2), 93.
13. Kapitonova, Yu. V., Kryvyi, S. L., Letychevs'kyi, O. A., Luts'kyi, H. M., Pechurin, M. K. (2002). *Osnovy diskretnoyi matematyky*. Kyiv: Naukova dumka, 567.
14. Kononenko, I. V., & Lutsenko, S. Yu. (2017). Method for selection of project management approach based on fuzzy concepts. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management*, 2(1224), 8–17. <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2017.1224.2>
15. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. (2017). Sixth Edition, Project Management Institute
16. Li, Min. (2019). Application of agile technology for providing international joint scientific projects. *Management of development of complex systems*, 38, 103–110, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788555](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788555).
17. Silva, V. B. S., Schramm, F., & Damasceno, A. C. (2016). A multicriteria approach for selection of agile methodologies in software development projects. 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Budapest, Hungary, 2056-2060. <https://doi.org/10.1109/SMC.2016.7844542>
18. Chupryna, I., Ryzhakova, G., Chupryna, K., Biloshchytskyi, A., Tormosov, R., & Gonchar V. (2022). Designing a toolset for the formalized evaluation and selection of reengineering projects to be implemented at an enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(13(115)), 6–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251235>
19. Alshamrani, Adel. (2021). A Comparison Between Three SDLC Models Waterfall Model, Spiral Model, and Incremental/Iterative Model. [http://www.academia.edu/10793943/A\\_Comparison\\_Between\\_Three\\_SDLC\\_Models\\_Waterfall\\_Model\\_Spiral\\_Model\\_and\\_Incremental\\_Iterative\\_Model](http://www.academia.edu/10793943/A_Comparison_Between_Three_SDLC_Models_Waterfall_Model_Spiral_Model_and_Incremental_Iterative_Model)

## Посилання на публікацію

- APA Lee, Min. (2022). A model for the selection of the international project management methodology based on fuzzy-multiple analysis. *Management of Development of Complex Systems*, 51, 20–30, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.20-30](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.20-30).
- ДСТУ Лі Мін. Модель вибору методології управління міжнародним проектом на базі нечітко-множинного аналізу. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 51. С. 20 – 30, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.20-30](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.20-30).