

Твір наукового характеру

"Метод оцінювання успішності реалізації програмного проекту на основі аналізу специфікації з використанням нейромережних інформаційних технологій"

При сучасному визначенні якості програмного забезпечення (як ступінь відповідності характеристик програмного забезпечення вимогам) – якщо встановлені цілі програмного проекту не відповідають потребам користувачів, то програмний продукт неможливо буде визнати якісним, навіть якщо при його розробленні були використані сучасні технології та були задіяні найкваліфікованіші розробники. Тоді якість та успішність реалізації програмного проекту залежать від специфікації вимог. Таке експериментальне свідчення безпосередньо призводить до необхідності поглиблення аналізу специфікації. Зниження кількості проектів із відсутньою необхідною функціональністю при зростанні кількості проектів із перевищенням термінів та перевитратами також може відображати тенденцію, що софтверні організації поглиблюють аналіз та опрацювання вимог користувача за рахунок збільшення часу та коштів. Тоді наразі актуальним і дуже важливим є аналіз специфікації вимог до ПЗ, вміння оцінити можливу успішність реалізації програмного проекту на основі специфікації, а також підтримка розробника та замовника при виборі програмного проекту з множини альтернативних програмних проектів (наразі розробник та замовник керуються при здійсненні такого вибору лише вартістю та тривалістю проекту, а також власною інтуїцією).

Визначення 1. Під успішністю реалізації програмного проекту надалі будемо розуміти вчасне виконання програмного проекту в рамках виділеного бюджету та з реалізацією всіх необхідних можливостей та функцій.

Успішність реалізації програмного проекту на етапі проектування можна ймовірно оцінити на основі прогнозованих значень основних характеристик програмного проекту – тривалості проекту, вартості, складності, кросплатформності, зручності використання, якості.

Аналіз специфікації вимог до ПЗ показав, що вимоги специфікації дозволяють сформулювати множини показників, на основі яких замовник і розробник можуть отримати прогнозовані кількісні значення характеристик програмного проекту, що дозволяють отримати прогноз успішності реалізації даного програмного проекту: $R1$ - множина показників розділу 1 специфікації вимог до ПЗ, $R2$ - множина показників розділу 2, $R3$ - множина показників розділу 3, $R4$ - множина показників розділу 4 специфікації вимог до ПЗ.

Тоді метод оцінювання успішності реалізації програмного проекту на основі аналізу специфікації з використанням нейромережних інформаційних технологій (МОУРПП) складається з наступних етапів:

- 1) нейромережне прогнозування характеристик програмного проекту на основі аналізу специфікації;
- 2) інтерпретація отриманих відносних значень характеристик програмного проекту – критерієм для такої інтерпретації є інтегративний показник проекту;
- 3) оцінювання ступеня успішності реалізації програмного проекту на основі інтегративного показника проекту;
- 4) перевірка стабільності та припустимості компенсаційних впливів характеристик програмного проекту.

Першим етапом МОУРПП є прогнозування характеристик програмного проекту на основі аналізу специфікації, що полягає в опрацюванні зазначених множин показників $R1-R4$ та у визначенні відносних значень основних характеристик програмного проекту: Cs – вартість програмного проекту, Dsp – тривалість, Cp –

кросплатформність, Sx – складність, Ub – зручність використання, Qs – якість. Наразі відсутні функції (формули, залежності), за якими можна обчислити значення тієї чи іншої характеристики ПЗ на основі множини впливових показників специфікації – всі наявні формули та методики оцінювання характеристик ПЗ орієнтовані на готовий програмний код, а не на специфікацію вимог. Теорема Хехт-Нільсена доводить можливість розв’язку задачі представлення багатовимірної функції довільного вигляду на штучній нейронній мережі (ШНМ), тому для реалізації невідомих функцій залежності характеристик ПЗ від показників специфікації використовуватимемо саме ШНМ. Розроблено штучну нейронну мережу (ШНМ), яка опрацьовує множину показників специфікації, здійснює апроксимацію показників та надає прогнозовані кількісні значення характеристик ПЗ – рис.1.

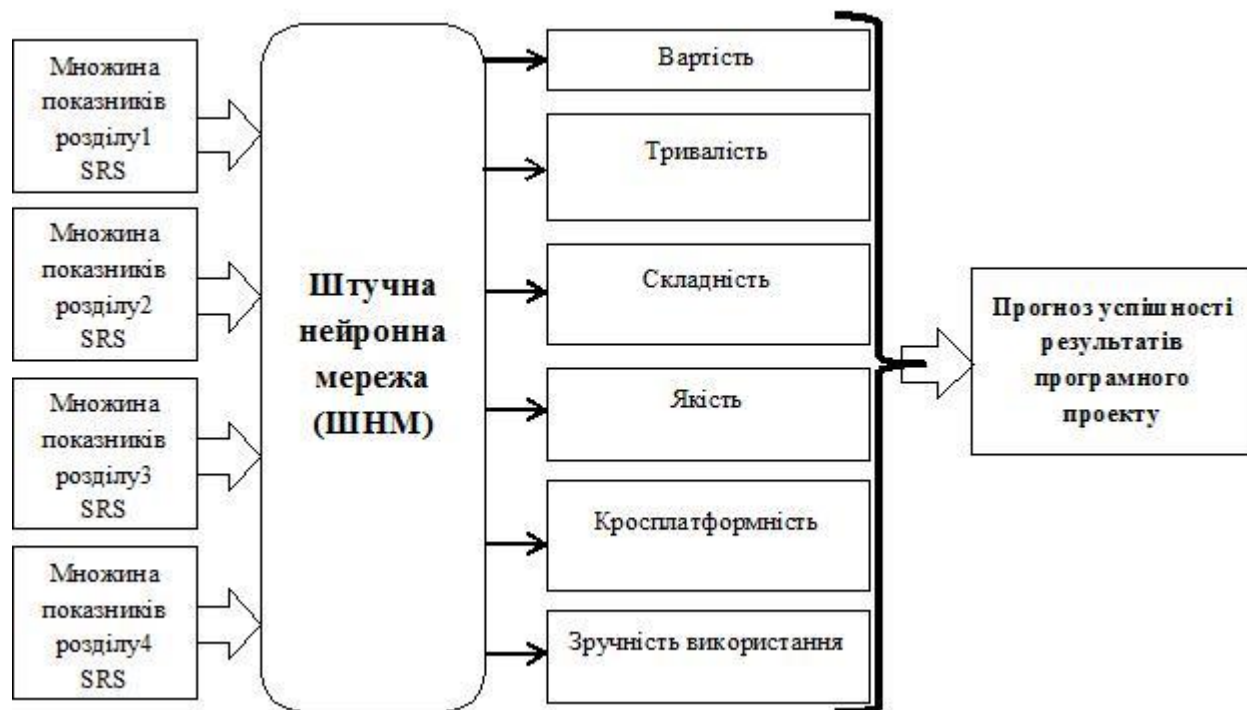


Рис.1. Концепція нейромережного прогнозування характеристик програмного проекту на основі аналізу специфікацій

ШНМ прогнозування характеристик програмного проекту на основі аналізу специфікації навчена так, що всі значення характеристик належать інтервалу $(0;1]$, причому значення кожної характеристики, близьке до 0, негативно впливає на успішність реалізації програмного проекту (високі вартість, тривалість, складність; низькі якість, кросплатформність та зручність використання), а значення кожної характеристики, близьке до 1, позитивно впливає на успішність реалізації проекту (низькі вартість, тривалість, складність; високі якість, кросплатформність та зручність використання).

На основі отриманих з ШНМ відносних значень основних характеристик проекту як розробнику, так і замовнику складно комплексно оцінити успішність реалізації програмного проекту, оскільки складно вірно інтерпретувати одержані відносні значення характеристик, тому *другим етапом МОУРПП* є інтерпретація отриманих відносних значень характеристик програмного проекту. Для інтерпретації відносних значень характеристик введемо поняття інтегративного показника проекту.

Визначення 2. Інтегративний показник Iip_{Sp} програмного проекту Sp – це кількісний показник успішності реалізації програмного проекту на основі множини відносних значень прогнозованих характеристик проекту.

Для визначення впливу характеристик проекту на інтегративний показник проекту та взаємозв'язків між характеристиками відсутні формули та залежності. Тому припустимо, що всі шість зазначених характеристик мають однаковий вплив на успішність реалізації програмного проекту, а відтак і на інтегративний показник проекту. За відсутності формул та залежностей найбільш простим та очевидним способом визначення інтегративного показника проекту є використання його графічного представлення. Для отримання графічного представлення Iip_{Sp} створимо систему координат, яка має шість основних осей (для шести характеристик проекту) – рис.2. Тоді інтегративний показник проекту – це площа фігури, сформованої прогнозованими відносними значеннями характеристик проекту. Оскільки ШНМ надає значення шести характеристик (Cs_{ANN} , Dsp_{ANN} , Cp_{ANN} , Cx_{ANN} , Ub_{ANN} , Qs_{ANN}), то інтегративний показник проекту – це площа шестикутника $Cs_{ANN}Cx_{ANN}Dsp_{ANN}Ub_{ANN}Cp_{ANN}Qs_{ANN}$, окресленого жирною лінією на рис.3.

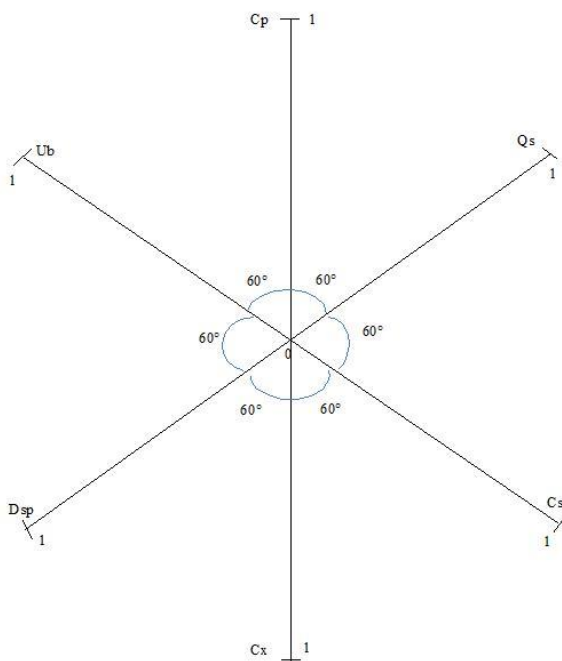


Рис.2. Система координат для інтегративного показника Iip_{Sp} проекту

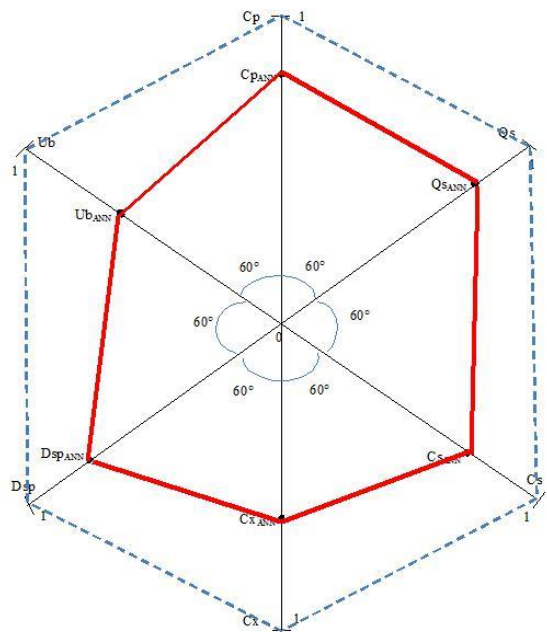


Рис.3. Графічне представлення інтегративного показника Iip_{Sp} проекту та його максимального значення Iip_{max}

Для знаходження інтегративного показника Iip_{Sp} проекту розіб'ємо шестикутник на шість трикутників - $Cs_{ANN}OCx_{ANN}$, $Cx_{ANN}ODsp_{ANN}$, $Dsp_{ANN}OUb_{ANN}$, $Ub_{ANN}OCp_{ANN}$, $Cp_{ANN}OQs_{ANN}$, $Qs_{ANN}OCs_{ANN}$ і знайдемо площу для кожного з трикутників за двома відомими сторонами (значення характеристик) та кутом між ними (кут дорівнює 60° згідно побудованої системи координат), після чого додамо отримані площі трикутників:

$$S_{Cs_{ANN}OCx_{ANN}} = \frac{1}{2} \cdot Cs_{ANN} \cdot Cx_{ANN} \cdot \sin 60^\circ = 0.5 \cdot Cs_{ANN} \cdot Cx_{ANN} \cdot 0.866 = 0.433 \cdot Cs_{ANN} \cdot Cx_{ANN} \quad (1)$$

$$S_{Cx_{ANN}ODsp_{ANN}} = \frac{1}{2} \cdot Cx_{ANN} \cdot Dsp_{ANN} \cdot \sin 60^\circ = 0.433 \cdot Cx_{ANN} \cdot Dsp_{ANN} \quad (2)$$

$$S_{Dsp_{ANN}OUb_{ANN}} = \frac{1}{2} \cdot Dsp_{ANN} \cdot Ub_{ANN} \cdot \sin 60^\circ = 0.433 \cdot Dsp_{ANN} \cdot Ub_{ANN} \quad (3)$$

$$S_{Ub_{ANN}OCp_{ANN}} = \frac{1}{2} \cdot Ub_{ANN} \cdot Cp_{ANN} \cdot \sin 60^\circ = 0.433 \cdot Ub_{ANN} \cdot Cp_{ANN} \quad (4)$$

$$S_{Cp_{ANN}OQs_{ANN}} = \frac{1}{2} \cdot Cp_{ANN} \cdot Qs_{ANN} \cdot \sin 60^\circ = 0.433 \cdot Cp_{ANN} \cdot Qs_{ANN} \quad (5)$$

$$S_{Qs_{ANN}OCs_{ANN}} = \frac{1}{2} \cdot Qs_{ANN} \cdot Cs_{ANN} \cdot \sin 60^\circ = 0.433 \cdot Qs_{ANN} \cdot Cs_{ANN} \quad (6)$$

$$Iip_{Sp} = 0.433 \cdot (Cs_{ANN} \cdot Cx_{ANN} + Cx_{ANN} \cdot Dsp_{ANN} + Dsp_{ANN} \cdot Ub_{ANN} + Ub_{ANN} \cdot Cp_{ANN} + Cp_{ANN} \cdot Qs_{ANN} + Qs_{ANN} \cdot Cs_{ANN}) \quad (7)$$

Порядок осей шестикутника було обрано з врахуванням особливостей навчання ШНМ та з міркувань неможливості компенсації одних характеристик іншими (оскільки всі вищезазначені шість характеристик є рівно важливими для програмного проекту). З формули (7) видно, що при множенні значення однієї характеристики на значення іншої може відбуватись компенсація низького значення однієї характеристики високим значенням іншої характеристики. Тому верхня частина системи координат складається з трьох осей для характеристик Ub , Cp , Qs , а нижня частина складається з трьох осей для характеристик Cs , Cx , Dsp , для яких діє правило навчання ШНМ: значення характеристики, близьке до 0, означає високі вартість, тривалість, складність, низькі якість, кросплатформність та зручність використання. Стикування осей підібрано попарно саме так, тому що не повинна низька ціна програмного проекту ($Cs \rightarrow 1$) компенсувати його низьку якість ($Qs \rightarrow 0$), низька тривалість програмного проекту ($Dsp \rightarrow 1$) не може компенсувати його низьку зручність використання ($Ub \rightarrow 0$). Перевірка припустимості компенсацій характеристик здійснюватиметься на четвертому етапі методу, і саме такий порядок осей дозволить виявити неприпустимі компенсації значень характеристик.

Для подальшої роботи знадобиться також максимальне значення інтегративного показника проекту: Iip_{max} - площа шестикутника $CsCxDspUbCpQs$, окресленого пунктирною лінією на рис.3. ШНМ навчена так, що максимально можливе значення кожної характеристики – це 1. Тоді:

$$Iip_{max} = 0.433 \cdot (Cs \cdot Cx + Cx \cdot Dsp + Dsp \cdot Ub + Ub \cdot Cp + Cp \cdot Qs + Qs \cdot Cs) = 0.433 \cdot (1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1) = 2.598 \quad (8)$$

Сам по собі інтегративний показник проекту є неінформативним для розробника та замовника через складність інтерпретації його значення, тому *третьім етапом МОУРПП* є оцінювання ступеня успішності реалізації програмного проекту. Інтегративний показник програмного проекту дає змогу визначити ступінь успішності реалізації програмного проекту. Значення $Iip_{max} = 2.598$ – це найкраще значення інтегративного показника проекту, тоді ступінь P_{Iip} успішності реалізації програмного проекту складає:

$$P_{Iip} = \frac{Iip_{Sp}}{Iip_{max}} = \frac{Iip_{Sp}}{2.598} = 0.385 \cdot Iip_{Sp} \quad (9)$$

Значення ступеня успішності реалізації програмного проекту, близьке до 0, показує низьку успішність реалізації програмного проекту (такий проект найімовірніше буде провальним), а значення ступеня успішності реалізації програмного проекту, близьке до 1, показує високу успішність реалізації програмного проекту, тобто проект з таким ступенем успішності буде успішним (оптимізаційна задача). Формалізація першого – третього етапів МОУРПП матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \langle R1, R2, R3, R4 \rangle &\Rightarrow \langle Cs_{ANN}, Cx_{ANN}, Dsp_{ANN}, Ub_{ANN}, Cp_{ANN}, Qs_{ANN} \rangle = \\ &= f_1(\langle R1, R2, R3, R4 \rangle) \Rightarrow Iip_{Sp} = f_2(\langle Cs_{ANN}, Cx_{ANN}, Dsp_{ANN}, Ub_{ANN}, \\ &Cp_{ANN}, Qs_{ANN} \rangle) \Rightarrow P_{Iip} = f_3(Iip_{Sp}, Iip_{max}) \end{aligned} \quad (10)$$

де функція f_1 реалізується навченою штучною нейронною мережею, функція f_2 обчислюється за формулою (7), функція f_3 – за формулою (9); показник Iip_{max} обчислюється за формулою (8).

Як відомо, значення основних характеристик програмного проекту можуть коливатись в діапазоні (0;1]. Зрозуміло, що не завжди характеристики матимуть приблизно однакові значення. Тоді очевидно, що низькі значення одних характеристик можуть бути скомпенсовані високими значеннями інших характеристик при обчисленні інтегративного показника програмного проекту. Така компенсація значень характеристик при отриманні однакових значень інтегративного показника не завжди є коректною, оскільки всі вищезазначені шість характеристик є рівно важливими для програмного проекту, тому не повинні компенсуватись одна одною.

Тоді *четвертим етапом МОУРПП* є перевірка стабільності та припустимості компенсаційних впливів характеристик програмного проекту. Як було зазначено вище, інтегративний показник проекту – це площа виділеного на рис.3 суцільною жирною лінією шестикутника $Cs_{ANN}Cx_{ANN}Dsp_{ANN}Ub_{ANN}Cp_{ANN}Qs_{ANN}$. Якщо зазначений шестикутник буде випуклим, то характеристики програмного проекту вважатимуться стабільними, а їхні компенсаційні впливи – припустимими.

Введемо показник Ace_{Sp} *стабільності та припустимості компенсаційних впливів характеристик*, який прийматиме значення *True*, якщо шестикутник випуклий, тобто характеристики стабільні, їхні компенсаційні впливи припустимі, і значення *False*, якщо шестикутник не є випуклим (характеристики не стабільні).

Критерієм випуклості шестикутника, як відомо, є одночасне виконання двох умов: 1) однаковий знак синусів усіх кутів шестикутника; 2) сума всіх кутів випуклого шестикутника складає 720° (за теоремою про суму кутів випуклого багатокутника) – для перевірки, що шестикутник – не зірка (не пентаграма). Наведемо формули для визначення кутів шестикутника (за рис.3):

1) за теоремою косинусів обчислимо невідому третю сторону для кожного вищезазначеного трикутника:

$$CpQs^2 = Cp^2 + Qs^2 - 2 \cdot Cp \cdot Qs \cdot \cos 60^\circ \quad (11)$$

$$QsCs^2 = Qs^2 + Cs^2 - 2 \cdot Qs \cdot Cs \cdot \cos 60^\circ \quad (12)$$

$$CsCx^2 = Cs^2 + Cx^2 - 2 \cdot Cs \cdot Cx \cdot \cos 60^\circ \quad (13)$$

$$CpDsp^2 = Cx^2 + Dsp^2 - 2 \cdot Cx \cdot Dsp \cdot \cos 60^\circ \quad (14)$$

$$DspUb^2 = Dsp^2 + Ub^2 - 2 \cdot Dsp \cdot Ub \cdot \cos 60^\circ \quad (15)$$

$$UbCp^2 = Ub^2 + Cp^2 - 2 \cdot Ub \cdot Cp \cdot \cos 60^\circ \quad (16)$$

2) за теоремою косинусів знайдемо один з двох невідомих кутів у кожному трикутнику:

$$\angle(OQsCp) = \arccos\left(\frac{[Qs^2 + CpQs^2 - Cp^2]}{2 \cdot Qs \cdot CpQs}\right) \quad (17)$$

$$\angle(OCsQs) = \arccos\left(\frac{[Cs^2 + QsCs^2 - Qs^2]}{2 \cdot Cs \cdot QsCs}\right) \quad (18)$$

$$\angle(OCxCs) = \arccos\left(\frac{[Cx^2 + CsCx^2 - Cs^2]}{2 \cdot Cx \cdot CsCx}\right) \quad (19)$$

$$\angle(ODspCx) = \arccos\left(\frac{[Dsp^2 + CxDsp^2 - Cx^2]}{2 \cdot Dsp \cdot CxDsp}\right) \quad (20)$$

$$\angle(OUbDsp) = \arccos\left(\frac{[Ub^2 + DspUb^2 - Dsp^2]}{2 \cdot Ub \cdot DspUb}\right) \quad (21)$$

$$\angle(OCpUb) = \arccos\left(\frac{[Cp^2 + UbCp^2 - Ub^2]}{2 \cdot Cp \cdot UbCp}\right) \quad (22)$$

3) за теоремою про суму кутів трикутника знайдемо другий невідомий кут у кожному трикутнику:

$$\angle(OCpQs) = 180^\circ - 60^\circ - \angle(OQsCp) \quad (23)$$

$$\angle(OQsCs) = 180^\circ - 60^\circ - \angle(OCsQs) \quad (24)$$

$$\angle(OCsCx) = 180^\circ - 60^\circ - \angle(OCxCs) \quad (25)$$

$$\angle(OCxDsp) = 180^\circ - 60^\circ - \angle(ODspCx) \quad (26)$$

$$\angle(ODspUb) = 180^\circ - 60^\circ - \angle(OUbDsp) \quad (27)$$

$$\angle(OUbCp) = 180^\circ - 60^\circ - \angle(OCpUb) \quad (28)$$

4) знайдемо тепер кути шестикутника:

$$\angle(Qs) = \angle(OQsCp) + \angle(OQsCs) \quad (29)$$

$$\angle(Cs) = \angle(OCsQs) + \angle(OCsCx) \quad (30)$$

$$\angle(Cx) = \angle(OCxCs) + \angle(OCxDsp) \quad (31)$$

$$\angle(Dsp) = \angle(ODspCx) + \angle(ODspUb) \quad (32)$$

$$\angle(Ub) = \angle(OUbDsp) + \angle(OUbCp) \quad (33)$$

$$\angle(Cp) = \angle(OCpUb) + \angle(OCpQs) \quad (34)$$

Після знаходження кутів шестикутника слід знайти синуси кутів, отриманих за формулами (29)-(34), і порівняти їх знаки, а також знайти суму кутів, отриманих за формулами (29)-(34), і перевірити, чи дорівнює ця сума 720° . Якщо сума кутів дорівнює 720° , а синуси кутів мають однакові знаки, то шестикутник є випуклим, відповідно показник стабільності та припустимості компенсаційних впливів характеристик $Ace_{Sp} = True$ (характеристики програмного проекту є стабільними, а їх компенсаційні впливи – припустимими).

МОУРПП відрізняється від відомих тим, що дозволяє прогнозувати успішність реалізації програмних проектів, порівнювати програмні проекти комплексно за основними характеристиками та прогнозованим значенням ступеня успішності реалізації програмних проектів (а не тільки за вартістю та тривалістю, як відбувається наразі) та виконувати обґрунтований вибір програмного проекту розробником та замовником для подальшої реалізації. Звісно, помилки у ПЗ можуть бути внесені і на наступних етапах – під час проектування та програмування, але даний метод допомагає «відсікти» програмні проекти з невдалою специфікацією, оскільки, як доведено вище, програмні проекти з невдалими вимогами та специфікаціями не можуть мати успішної реалізації. Практичне значення розробленого методу полягає у його використанні для виконання обґрунтованого вибору програмного проекту замовником і розробником для подальшої реалізації.