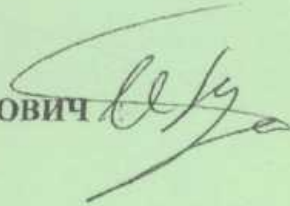


Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

БРАГІНСЬКИЙ ІГОР ЛЬВОВИЧ



УДК 004.4.075

**МОДЕЛЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ  
ЯКІСТЮ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автоматизованих систем управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Годлевський Михайло Дмитрович**,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
завідувач кафедри автоматизованих систем управління.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Жолткевич Григорій Миколайович**,  
Харківський національний університет  
імені В. Н. Каразіна,  
завідувач кафедри теоретичної та прикладної  
інформатики;

доктор технічних наук, професор  
**Туркін Ігор Борисович**,  
Національний аерокосмічний університет імені  
М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,  
завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення.

Захист відбудеться « 7 » листопада 2013 р. о 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою:  
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою:  
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий « 7 » жовтня 2013 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



В. П. Северин

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У ринковій економіці проблема якості є потужним фактором підвищення рівня життя, економічної, соціальної та політичної безпеки. Якість – комплексне поняття, яке характеризує ефективність всіх сторін діяльності складної системи. Важливою складовою всієї системи якості є якість продукції та послуг. На теперішній час основною ідеологією управління якістю є TQM (Total Quality Management), на основі якої у 1987 році введені стандарти ISO 9000. Завдяки універсальному характеру стандарти серії ISO 9000 застосовуються в області програмної інженерії для розв’язання задачі підвищення якості розробки програмного забезпечення.

Удосконалення діючих процесів в організації-розробнику програмного забезпечення – одна з головних задач інженерії якості програмних систем. Відповідно стандарту ISO/IEC TR 15504-7 першими кроками удосконалення процесів життєвого циклу є оцінка потужності процесів і на цій основі розробка плану програми удосконалення в умовах обмежених ресурсів. Термін «потужність» розглядається як синонім таких понять як: зрілість, досконалість, потенціал. Зрілість процесу розробки (ПР) програмного забезпечення (ПЗ) можна характеризувати як міру чіткості: визначення, управління, вимірювання, контролю та виконання ПР ПЗ в організації. Відомі моделі зрілості дозволяють оцінювати потужність окремих процесів життєвого циклу (ЖЦ) або зрілість всієї організації. Задача полягає у формуванні програми покращення процесу розробки програмного забезпечення, яка дозволяє керівнику організації побудувати стратегію просування фірми до більш високого рівня зрілості в умовах обмежених ресурсів.

На теперішній час у науковій літературі в області програмної інженерії ця задача практично не вивчена і розглядається тільки на вербальному рівні. Тому актуальними є дослідження присвячені розробці моделей, алгоритмів та інформаційної технології формування плану програми удосконалення процесу розробки програмного забезпечення на основі моделі зрілості в умовах обмежених ресурсів.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано на кафедрі автоматизованих систем управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») в рамках завдань фундаментальних держбюджетних НДР МОН України «Розробка систем підтримки прийняття рішень в складних інформаційно-управляючих комплексах» (ДР № 0109U002424) і «Розробка систем підтримки прийняття рішень з управління розвитком складних розподілених техніко-економічних та соціально-економічних систем» (ДР № 0111U002287), де здобувач був виконавцем.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення якості процесу розробки програмного забезпечення на основі формування оптимального плану програми його удосконалення в умовах обмежених ресурсів. Для досягнення мети поставлені наступні задачі:

– провести аналіз сучасного стану проблеми підвищення якості процесу розробки програмного забезпечення; поставити задачу управління якістю ПР ПЗ в умовах обмежених ресурсів на основі моделі зрілості;

– провести вербальний опис технології покращення якості процесу розробки програмного забезпечення на основі моделі зрілості;

– сформулювати принципи моделювання оцінки та управління якістю ПР ПЗ;

– розробити модель управління якістю ПР ПЗ;

– розробити алгоритм управління якістю ПР ПЗ, який базується на методі послідовного аналізу варіантів (алгоритмах динамічного програмування);

– розробити інформаційну технологію для розв’язання задачі управління якістю процесу розробки ПЗ в умовах обмежених ресурсів;

– провести перевірку працездатності моделі, алгоритму та інформаційної технології на основі реальної інформації.

*Об’єктом дослідження* є процес розробки програмного забезпечення.

*Предмет дослідження* – модель і інформаційна технологія управління якістю процесу розробки програмного забезпечення в умовах обмежених ресурсів.

*Методи дослідження.* Досягнення мети роботи базується на комплексному використанні: теорії системного аналізу, яка дозволяє комплексно розглянути всі аспекти, пов’язані з покращенням якості ПР ПЗ; інженерії якості програмних систем, яка базується на філософії TQM; математичного програмування при побудові моделі задачі з адитивною цільовою функцією, для якої було використано метод послідовного аналізу варіантів; теорії нечітких множин для формування цільової функції моделі, яка є функцією належності ПР ПЗ організації до певного рівня зрілості; теорії прийняття рішень, моделювання бізнес-процесів і проектування інформаційних систем для розробки інформаційної технології підтримки прийняття рішень при формуванні плану програми удосконалення процесу розробки програмного забезпечення.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в постановці та вирішенні задачі управління якістю процесу розробки програмного забезпечення з використанням моделі зрілості, що дозволяє розробляти оптимальний план удосконалення процесів життєвого циклу програмного забезпечення.

1. Вперше запропоновано в моделі зрілості розглядати на основі теорії нечітких множин ступінь належності процесу розробки програмного забезпечення організації-розробника програмних систем до певного рівня зрілості, що дозволяє формалізувати задачу управління якістю.

2. Вперше розроблено метод планування удосконалення якості процесів життєвого циклу програмного забезпечення, який базується на розв’язанні задачі нелінійного програмування з адитивною цільовою функцією і обмеженнями на ресурси, що дозволяє синтезувати оптимальну стратегію просування організації-розробника програмних систем до певного рівня зрілості процесу розробки програмного забезпечення.

3. Отримав подальший розвиток алгоритм послідовного аналізу варіантів «Київський віник» за рахунок технології формування областей припустимих варіантів розв’язання задачі на кожному підперіоді й урахування додаткових обмежень, які пов’язують змінні попереднього та наступного підперіодів. Це

дозволяє розв'язувати нелінійну динамічну задачу оптимального розподілу обмежених ресурсів.

4. Набула подальшого розвитку прикладна інформаційна технологія системи підтримки прийняття рішень для розв'язання задачі управління якістю процесу розробки програмного забезпечення на основі моделі зрілості, що дозволяє підвищити ефективність використання фінансових ресурсів при розробці плану удосконалення процесів життєвого циклу програмного забезпечення.

**Практичне значення одержаних результатів** для управління якістю процесу розробки програмного забезпечення полягає в розробці моделі, алгоритму та інформаційної технології системи підтримки прийняття рішень (СППР), які дозволяють:

- провести оцінку з точки зору якості поточного стану процесу розробки програмного забезпечення стосовно окремих рівнів зрілості;

- формувати план програми покращення якості процесу розробки програмного забезпечення, який дозволяє керівнику організації-розробника ПЗ побудувати стратегію просування фірми до більш високого рівня зрілості в умовах обмежених ресурсів.

Результати дисертаційної роботи використані в фірмах-розробниках програмного забезпечення «NIX Solutions» (м. Харків) і «Телесенс-ІТ» (м. Харків) для оцінки якості поточного стану ПР ПЗ і розробки плану програми її підвищення на основі моделі зрілості, а також в навчальному процесі кафедри автоматизованих систем управління НТУ «ХПІ» в дисциплінах «Теорія прийняття рішень» і «Основи проектування програмного забезпечення».

**Особистий внесок здобувача.** Положення і результати, винесені на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: використання теорії нечітких множин для формування моделі задачі управління якістю процесу розробки програмного забезпечення на основі введення функції належності до певного рівня зрілості організації-розробника програмних систем; математична динамічна модель задачі нелінійного програмування з адитивною цільовою функцією і обмеженнями на ресурси для розв'язання задачі управління якістю процесу розробки програмного забезпечення; розвиток алгоритму послідовного аналізу варіантів за рахунок формування областей припустимих варіантів розв'язання задачі на кожному підперіоді планування; розроблено прикладну інформаційну технологію управління якістю процесу розробки ПЗ.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень доповідалися і обговорювалися на: Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2013); Міжнародних науково-технічних конференціях «Системний аналіз та інформаційні технології» (Київ, 2011, 2013); на наукових семінарах кафедри автоматизованих систем управління НТУ «ХПІ».

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 8 наукових працях, з них 5 статей у фахових наукових виданнях України, 3 – у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний об-

сяг дисертації складає 141 сторінку, включаючи 15 рисунків по тексту, 3 таблиці по тексту, 3 рисунки і 3 таблиці на окремих сторінках, список використаних джерел із 125 найменувань на 12 сторінках, 2 додатки на 8 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано основну мету та задачі дослідження, охарактеризовано наукову новизну, наукове та практичне значення одержаних результатів, наведено інформацію про впровадження результатів роботи, їхню апробацію та публікації.

**У першому розділі** проведено аналіз основних проблем управління якістю процесу розробки програмного забезпечення: слабка формалізованість задачі; розгляд задачі, в основному, на вербальному рівні; відсутність математичних моделей її розв'язання; невизначеність вихідної інформації; відсутність постановок задачі, у яких враховуються обмеження на фінансові ресурси.

Детально розглянуто поняття ПР ПЗ, наведені визначення цього поняття як об'єкту дослідження. Введені поняття: ЖЦ програмної системи, моделі ЖЦ. Розглянуто стисло: модель водоспаду; базову спіральну модель; метод RUP (Rational Unified Process), як найбільш відомий приклад реалізації інкрементно-ітеративного підходу; метод SCRUM, як частковий випадок інкрементно-ітеративної моделі; модель еволюційної розробки.

Проаналізовано різні підходи до дослідження ПР ПЗ. Виділено класи моделей, які описують процес розробки: статичні моделі, динамічні, аналітичні, алгоритмічні (імітаційне моделювання). Більш докладно представлені моделі імітаційного моделювання: агентний підхід, системна динаміка, дискретно-подійний підхід. Виділені різні напрямки до покращення якості ПР ПЗ. Основна увага приділена моделям зрілості. Відмічено, що більшість підходів до розв'язання задачі покращення якості ПР ПЗ базуються на методології TQM.

На основі аналізу існуючого стану та проблем, які притаманні процесу розробки програмного забезпечення, поставлена задача розробки математичної моделі, алгоритмів та інформаційної технології управління якістю ПР ПЗ на основі моделі зрілості з врахуванням обмеження на фінансові ресурси.

Основні результати цього розділу опубліковані у роботах [1, 6].

**Другий розділ** присвячено дослідженню ПР ПЗ як складової системи управління якістю розробки програмних систем (ПС) у відповідності з ідеологією TQM, яка передбачає реалізацію чотирьох складових управління якістю: «входу», ПР ПЗ, ресурсів, «виходу». Програмне забезпечення представлено як сукупність програмних засобів інтегрованих у ПС на основі технічних, організаційних та інших видів забезпечення системи. Загальну структуру управління якістю ПР ПС наведено у вигляді дворівневої ієрархічної структури на прикладі моделі водоспаду (рис. 1). Перший рівень відповідає розгляду всієї ПС, а на другому рівні знаходяться окремі підпроцеси ЖЦ розробки ПЗ. У відповідності до цього, глобальні ресурси знаходяться на рівні організації-розробника ПС, а

делей ЖЦ з урахуванням їх специфіки.  
 ретно  
 схем  
 корис  
 моделі  
 (моделі)  
 ково

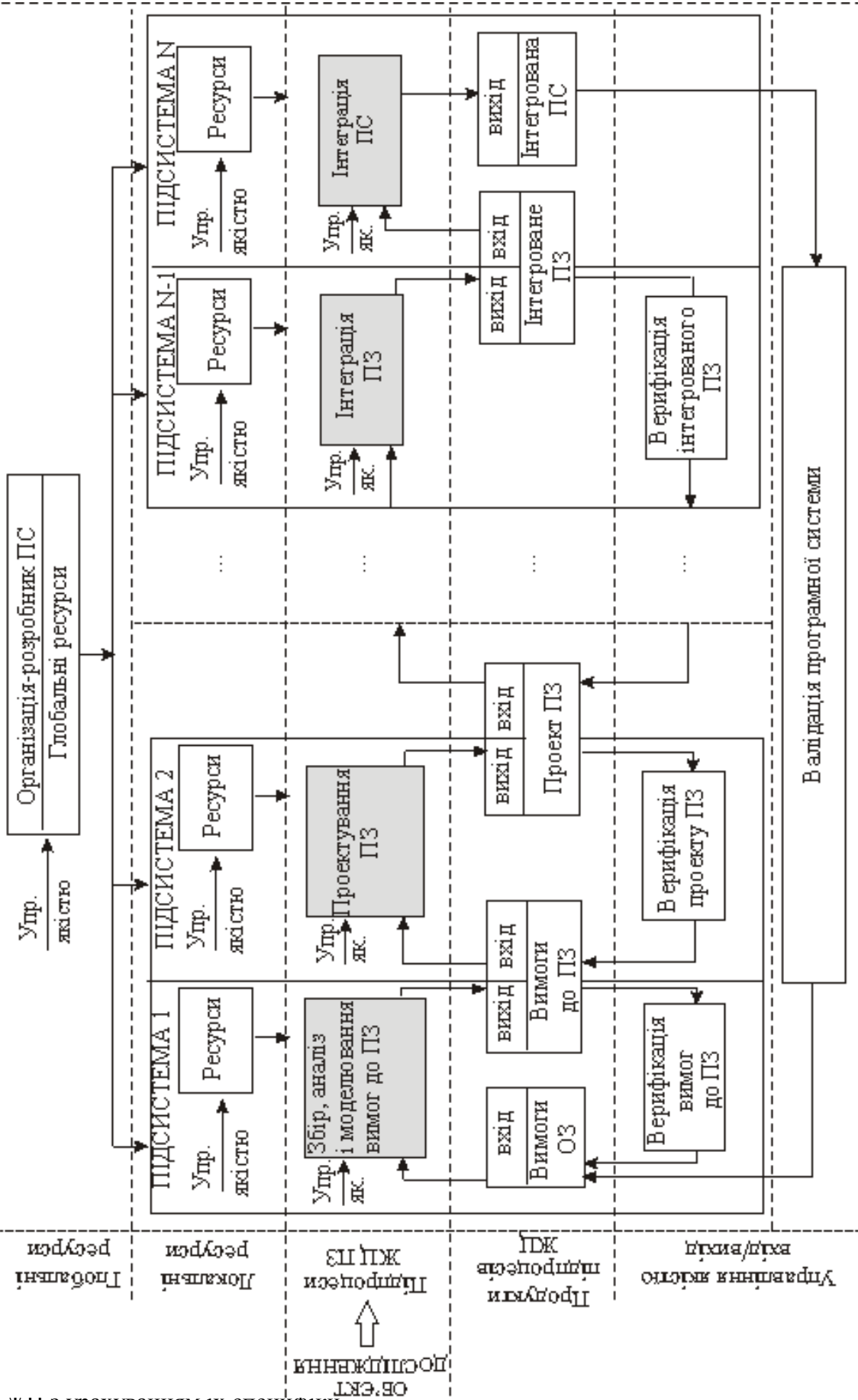


Рисунок 1 – Управління якістю ПР ПЗ на прикладі моделі водоспаду

конк-  
 може  
 х мо-

Відповідно до рис. 1 об'єктом дослідження є підпроцеси ЖЦ ПЗ. На теперішній час існує багато підходів до оцінки якості ПР ПЗ, але такими, які найбільш зарекомендували себе на практиці, є: стандарт ISO/IEC 15504 TR – Software Process Improvement and Capability Determination (SPICE); модель CMMI – Capability Maturity Model Integration. У якості базової моделі обрано CMMI, для якої проведено вербальний опис оцінки і управління якістю ПР ПЗ. Модель CMMI реалізує два підходи до оцінки зрілості: дискретне представлення на основі п'яти рівнів зрілості; неперервне представлення на основі чотирьох рівнів можливості. В основі першого підходу лежить концепція зрілості базового ПР ПЗ у масштабі всієї організації, а в основі неперервного – концепція якості окремої процесної області. Кожний рівень зрілості складається з декількох процесних (фокусних) областей. В свою чергу кожна фокусна область складається з множини практик, які описують інфраструктуру і дії, необхідні для успішної реалізації фокусної області. Підвищення якості ПР ПЗ – одна з основних задач програмної інженерії. Відповідно стандарту ДСТУ ISO/IEC TR 15504-7 одним з найбільш важливих і відповідальних кроків технології удосконалення процесів ЖЦ ПЗ є побудова плану програми удосконалення в умовах обмежених ресурсів на основі аналізу і оцінки якості окремих процесів. Для розв'язання цієї задачі обґрунтовано основні принципи і допущення при розробці математичної моделі оцінки і управління якістю ПР ПЗ. Запропоновано розглядати динамічну задачу управління якістю ПР ПЗ з періодом моделювання  $[0, T]$ , де  $T$  – ціле число, яке визначає кількість підперіодів управління  $t \in [0, T]$ . Модель



створюється на основі критерію «рівень зрілості» в умовах обмежених фінансових витрат. Для формалізації моделі СММІ введено поняття рівня можливості окремої практики, яка описується цілочисловими змінними:

$$x_{ij}^t = \overline{0, 3}, \quad j \in J_i, \quad i \in \bar{I}, \quad t = \overline{0, T}, \quad (1)$$

де  $\bar{I}$  – множина фокусних областей,  $J_i$  – множина практик  $i$ -ї фокусної області. Рівень можливості фокусної області  $y_i^t$  визначається на основі правила  $f_i$  :

$$y_i^t = f_i(\{x_{ij}^t, j \in J_i\}), \quad i \in \bar{I}, \quad t = \overline{0, T}.$$

Кожний  $(k - 1)$ -й рівень зрілості визначається сукупністю фокусних областей

$$\hat{I}_{k-1} = \bigcup_{i=1}^{k-1} I_i, \quad k = \overline{2, 6}, \quad (2)$$

де  $I_i$  – множина фокусних областей, яка нарощується при переході з  $(i - 1)$ -го до  $i$ -го рівня зрілості. Для оцінки рівня зрілості ПР ПЗ організації у тому випадку, якщо множина фокусних областей (2) відповідає вимогам моделі СММІ для того, щоб об'явити  $(k - 1)$ -й рівень зрілості, а множина

$$\tilde{I}_p = \bigcup_{i=k}^p I_i, \quad p = \overline{k, 5}$$

не повністю задовольняє вимогам СММІ для об'яви  $p$ -го рівня зрілості ПР ПЗ організації, у роботі запропоновано використати теорію нечітких множин. При наявності  $(k - 1)$ -го рівня зрілості введено поняття міри належності до  $p$ -го рівня зрілості. Попередньо введені функції  $\omega_k^t(\{x_{ij}^t\})$ ,  $k = \overline{2, 5}$ ,  $t = \overline{0, T}$ , які визначають міру належності ПР ПЗ до  $k$ -го рівня зрілості у  $t$ -му підперіоді управління у тому випадку, якщо  $(k - 1)$ -й рівень досягнуто. Априорі вважається, що перший рівень зрілості досягнуто для кожного ПР ПЗ. Тоді

$$\omega_k^t(\{x_{ij}^t\}) = Z_k^t(\{x_{ij}^t\}) / Z_k^t(\{\bar{m}_{ij}^k\}), \quad (3)$$

де

$$Z_k^t(\{x_{ij}^t\}) = \sum_{\substack{i \in \bigcup_{s=1}^{k-1} I_s}} \bar{\rho}_i^{k,t} \sum_{j \in J_i} \rho_{ij}^t (x_{ij}^t - \bar{m}_{ij}^{k-1}) + \sum_{i \in I_k} \bar{\rho}_i^{k,t} \sum_{j \in J_i} \rho_{ij}^t x_{ij}^t, \quad k = \overline{2, 5}, \quad t = \overline{0, T}, \quad (4)$$

при умовах:

$$\bar{m}_{ij}^{k-1} \leq x_{ij}^t \leq \bar{m}_{ij}^k, \quad j \in J_i, \quad i \in I_s, \quad s = \overline{1, k-1}, \quad t = \overline{0, T}, \quad (5)$$

$$0 \leq x_{ij}^t \leq \bar{m}_{ij}^k, \quad j \in J_i, \quad i \in I_k, \quad k = \overline{2, 5}, \quad t = \overline{0, T}, \quad (6)$$

$$\bar{\rho}_i^{kt} \geq 0, \quad \forall i, k, t; \quad \sum_{\substack{i \in \bigcup_{s=1}^k I_s}} \bar{\rho}_i^{kt} = 1, \quad k = \overline{2, 5}, \quad t = \overline{0, T}, \quad (7)$$

$$\rho_{ij}^t \geq 0, \forall i, j, t; \sum_{j \in J_i} \rho_{ij}^t = 1, i \in \bigcup_{s=1}^k I_s, t = \overline{0, T}. \quad (8)$$

Параметри  $\overline{m}_{ij}^k$  визначають мінімальний рівень можливості  $j$ -ї практики  $i$ -ї фокусної області для досягнення  $k$ -го рівня зрілості. Коефіцієнти  $\rho_{ij}^t$ ,  $\overline{\rho}_i^{kt}$  визначають, відповідно, міру важливості  $j$ -ї практики  $i$ -ї фокусної області у  $t$ -му підперіоді управління і міру важливості  $i$ -ї фокусної області при досягненні  $k$ -го рівня зрілості ПР ПЗ організації у  $t$ -му підперіоді. Міру досягнення  $p$ -го рівня зрілості пропонується визначати наступним чином:

$$\overline{\mu}_p^t(\{x_{ij}\}^t) = \prod_{s=k}^p \omega_s^t(\{x_{ij}\}^t), \quad p = \overline{k, 5}, \quad t = \overline{0, T}. \quad (9)$$

Оцінка вимірності задачі управління якістю ПР ПЗ на реальній інформації відносно змінних (1) показує, що вона є NP-складною і для її розв'язання неможливо використовувати простий перебір варіантів.

Основні результати цього розділу опубліковані у роботах [3, 4, 6].

**У третьому розділі** реалізована задача синтезу моделі динамічного програмування, яка базується на відсічі підмножини варіантів розвитку ПР ПЗ на кожному підперіоді управління, для яких становиться ясным, що вони не ввійдуть до оптимального розв'язку задачі. У якості критерію використовується інтегральний показник, пов'язаний зі зростанням рівня зрілості ПР ПЗ на протязі періоду управління. При цьому міра важливості збільшення рівнів зрілості визначається вектором параметрів  $\{\lambda_p\}$ , які задовольняють вимогам:

$$\lambda_p \geq 0, \quad p = \overline{k, 5}, \quad \sum_{p=k}^5 \lambda_p = 1. \quad (10)$$

Тоді інтегральний показник міри досягнення рівня зрілості ПР ПЗ на  $t$ -му підперіоді управління визначається наступним чином:

$$\mu^t(\{x_{ij}\}^t) = \sum_{p=k}^5 \lambda_p \cdot \overline{\mu}_p^t(\{x_{ij}\}^t), \quad t = \overline{0, T}, \quad (11)$$

а приріст рівня зрілості

$$\Phi_t(\chi_{t-1}, \chi_t) = \xi_t(\mu^t(\chi_t) - \mu^{t-1}(\chi_{t-1})), \quad t = \overline{1, T}, \quad (12)$$

де  $\chi_t = \{x_{ij}\}^t$ , а  $\{\xi_t\}$  – вектор, який визначає міру важливості приросту рівня зрілості ПР ПЗ на протязі періоду управління і відповідає вимогам:

$$\xi_t \geq 0, \quad t = \overline{1, T}, \quad \sum_{t=1}^T \xi_t = 1. \quad (13)$$

У результаті цільова функція моделі задачі записується у вигляді:

$$F(\{\chi_t\}) = \sum_{t=1}^T \Phi_t(\chi_{t-1}, \chi_t). \quad (14)$$

Конкретний вигляд моделі задачі управління якістю ПР ПЗ залежить від стратегії особи, що приймає рішення (ОПР). У тому випадку, якщо  $(k - 1)$ -й рівень досягнуто, найбільш актуальними є два підходи.

1. ОПР протягом періоду  $[1, T]$  планує досягти  $k$ -й рівень зрілості і далі наступні рівні.

2. ОПР виставляє пріоритети по відношенню до фокусних областей різного рівня зрілості і задача розв'язується паралельно для деякої підмножини рівнів зрілості або для всіх разом.

Цільова функція (14), яка формується на основі виразів (3)-(13), відповідає другому підходу. При використанні першого підходу для синтезу функції (14) у (3)-(8) індекс  $k$  має фіксоване значення, а умови (9)-(11) приводяться до наступного вигляду

$$\mu^t(\{x_{ij}\}^t) = \omega_k^t(\{x_{ij}\}^t). \quad (15)$$

Фінансові витрати на  $(\tau - 1)$ -му підперіоді управління для другого підходу забезпечують приріст рівня зрілості ПР ПЗ з  $\tau$  підперіода на величину, яка визначається згідно (12). Для  $j$ -ї практики  $i$ -ї фокусної області введено поняття функції витрат  $r_{ij}(x_{ij}^{\tau-1}, x_{ij}^{\tau})$  при переході з  $x_{ij}^{\tau-1}$ -го рівня можливості до  $x_{ij}^{\tau}$ -го рівня. Тоді визначаються фінансові витрати, які необхідно здійснити на  $(\tau - 1)$ -му підперіоді:

$$\bar{R}_{\tau}(\chi_{\tau-1}, \chi_{\tau}) = \sum_{i \in \bigcup_{s=1}^5 I_s} \sum_{j \in J_i} r_{ij}(x_{ij}^{\tau-1}, x_{ij}^{\tau}), \quad \tau = \overline{1, T} \quad (16)$$

при умовах:

$$x_{ij}^{\tau-1} \leq x_{ij}^{\tau}, \quad j \in J_i, \quad i \in \bigcup_{s=1}^5 I_s, \quad \tau = \overline{1, T}, \quad (17)$$

$$x_{ij}^0 = \tilde{m}_{ij}^0, \quad j \in J_i, \quad i \in \bigcup_{s=1}^5 I_s, \quad (18)$$

де  $\tilde{m}_{ij}^0$  – вихідне значення рівня можливості  $j$ -ї практики  $i$ -ї фокусної області.

На кожному підперіоді  $\tau$  на управління розвитком ПР ПЗ виділяються ресурси в об'ємі  $R_{\tau}$  і ресурси, які не використано на  $\tau$  підперіоді, переносяться на наступні підперіоди управління. У результаті обмеження на ресурси має вигляд:

$$\sum_{\tau=1}^t \bar{R}_{\tau}(\chi_{\tau-1}, \chi_{\tau}) \leq \sum_{\tau=0}^{t-1} R_{\tau} = \hat{R}^{t-1}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (19)$$

і формулюється задача управління якістю ПР ПЗ на основі моделі зрілості для другого підходу: знайти оптимальне значення елементів матриць  $\{\chi_t\}$ , які забезпечують максимум критерію (14) при умовах (3)-(13), (16)-(19). В моделі

першого підходу використовуються умови (3)-(8), (12), (13), (15), а також (16)-(19) при заміні

$$\bigcup_{s=1}^5 I_s \text{ на } \bigcup_{s=1}^k I_s .$$

Для розв'язання сформульованої задачі використовується ідея методу послідовного аналізу варіантів. Задача нелінійного програмування є адитивною, якщо необхідно знайти оптимальне значення адитивної цільової функції (14) при обмеженнях

$$\chi_t \in G_t, \quad t = \overline{0, T}, \quad (20)$$

де  $G_t$  – множина допустимих варіантів розв'язання задачі на  $t$ -му підперіоді. Обмеження (20) інтегрально повинні урахувати умови (5), (6), (18), (19). Крім цього, необхідно урахувати обмеження (17), що визначають взаємозв'язок між  $\chi_{\tau-1}$  і  $\chi_{\tau}$ . Для наочності на рис. 2 представлена геометрична інтерпретація задачі, яка розглядається. В просторі змінних  $\chi = \{\chi_t\}$  сформовано гіперплощини  $\Sigma_t$ ,  $\chi_t \in G_t \subset \Sigma_t$ ,  $t = \overline{0, T}$ .

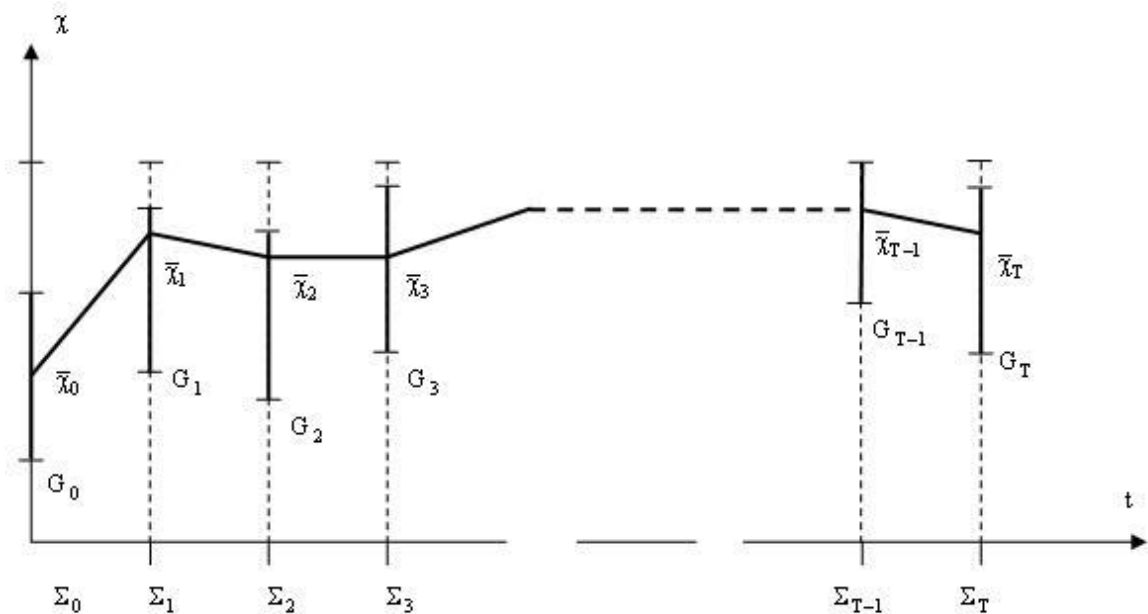


Рисунок 2 – Геометрична інтерпретація задачі

Сукупність матриць  $(\bar{\chi}_0, \bar{\chi}_1, \bar{\chi}_2, \dots, \bar{\chi}_T)$ , які задовольняють обмеженням задачі, визначає ломану (рис. 2). Необхідно серед цих ломаних, які з'єднують гіперплощини  $\Sigma_0$  і  $\Sigma_T$ , знайти ломану максимальної довжини. Алгоритм розв'язання задачі розглядається для першого підходу, вихідний стан ПР ПЗ якого визначається матрицею

$$\left\{ \tilde{m}_{ij}^0, j \in J_i, i \in \bigcup_{l=1}^k I_l \right\},$$

яка є єдиним елементом множини  $G_0$ . Далі формуються множини  $\tilde{G}_t$ ,  $t = \overline{1, T}$ , елементи яких є матриці

$\chi_t = \left\{ x_{ij}^t, j \in J_i, i \in \bigcup_{l=1}^k I_l \right\}$ . Кожний елемент множини  $\tilde{G}_t$  визначається на основі

варіювання елементів матриці  $\chi_t$  в межах дискретних інтервалів  $[\tilde{m}_{ij}^0, \bar{m}_{ij}^k]$ ,

$j \in J_i, i \in \bigcup_{l=1}^k I_l$ . Кількість елементів кожної множини  $\tilde{G}_t$  визначається наступним чином:

$$|\tilde{G}_t| = \prod_{i \in \bigcup_{l=1}^k I_l} \prod_{j \in J_i} (\bar{m}_{ij}^k - \tilde{m}_{ij}^0 + 1), \quad t = \overline{1, T}.$$

Для зменшення трудомісткості розв'язання задачі попередньо формулюються множини  $G_t \subseteq \tilde{G}_t, t = \overline{1, T}$ , які задовольняють вимогам

$$\bar{R}_t(\chi_0, \chi_t) \leq \sum_{\tau=0}^{t-1} R_\tau, \quad t = \overline{1, T}.$$

На нульовому кроці алгоритму визначається

$$L_1(\chi_1) = \Phi_1(\{\tilde{m}_{ij}^0\}, \chi_1)$$

для всіх  $\chi_1 \in G_1$ . Далі на кожному наступному кроці розв'язуються задачі

$$L_{t+1}(\chi_{t+1}) = \max_{\chi_t \in G_t} (L_t(\chi_t) + \Phi_{t+1}(\chi_t, \chi_{t+1})), \quad t = \overline{1, T-1},$$

при умовах:

$$x_{ij}^{t+1} \geq x_{ij}^t, \quad j \in J_i, \quad i \in \bigcup_{s=1}^k I_s, \quad t = \overline{1, T-1}; \quad (21)$$

$$\sum_{\tau=0}^t \bar{R}_{\tau+1}(\chi_\tau, \chi_{\tau+1}) \leq \sum_{\tau=0}^t R_\tau, \quad t = \overline{1, T-1} \quad (22)$$

для всіх  $\chi_{t+1} \in G_{t+1}$  і вилучається множина ломаних на кожному кроці алгоритму, яка не належить  $\{L_{t+1}(\chi_{t+1}), \chi_{t+1} \in G_{t+1}\}$ . На останньому кроці алгоритму розв'язується задача визначення ломаної максимальної довжини, яка з'єднує  $\Sigma_0$  і  $\Sigma_T$

$$L_{\max} = \max_{\chi_T \in G_T} L_T(\chi_T).$$

З врахуванням великої трудомісткості вище наведеного алгоритму у роботі використовується ідея методу локальної оптимізації. Суть метода полягає у наступному:

1) на основі експертних оцінок спеціалістів формується ломана  $\Lambda_0$ , яка задається елементами  $\chi_t^0 \in G_t, t = \overline{0, T}$ , що задовольняють умовам (21), (22);

2) кожний елемент  $\chi_t^0$  розглядається як центр деякої локальної області, в межах якої виконується обмеження на ресурси;

3) на елементах локальних областей реалізується схема вище наведеного алгоритму послідовного аналізу варіантів.

В результаті формується нова ломана  $\Lambda_1$  з елементами  $\chi_t^1 \in G_t$ ,  $t = \overline{0, T}$ , що на наступному кроці розглядаються як центри нових локальних областей.

На основі розроблених моделей та алгоритмів реалізована технологія розробки оптимального плану програми удосконалення процесів життєвого циклу програмного забезпечення в умовах обмежених ресурсів, яка представлена на основі стандартів моделювання бізнес-процесів IDEF0 (рис. 3).

Основні результати цього розділу опубліковані у роботах [2, 5, 6].

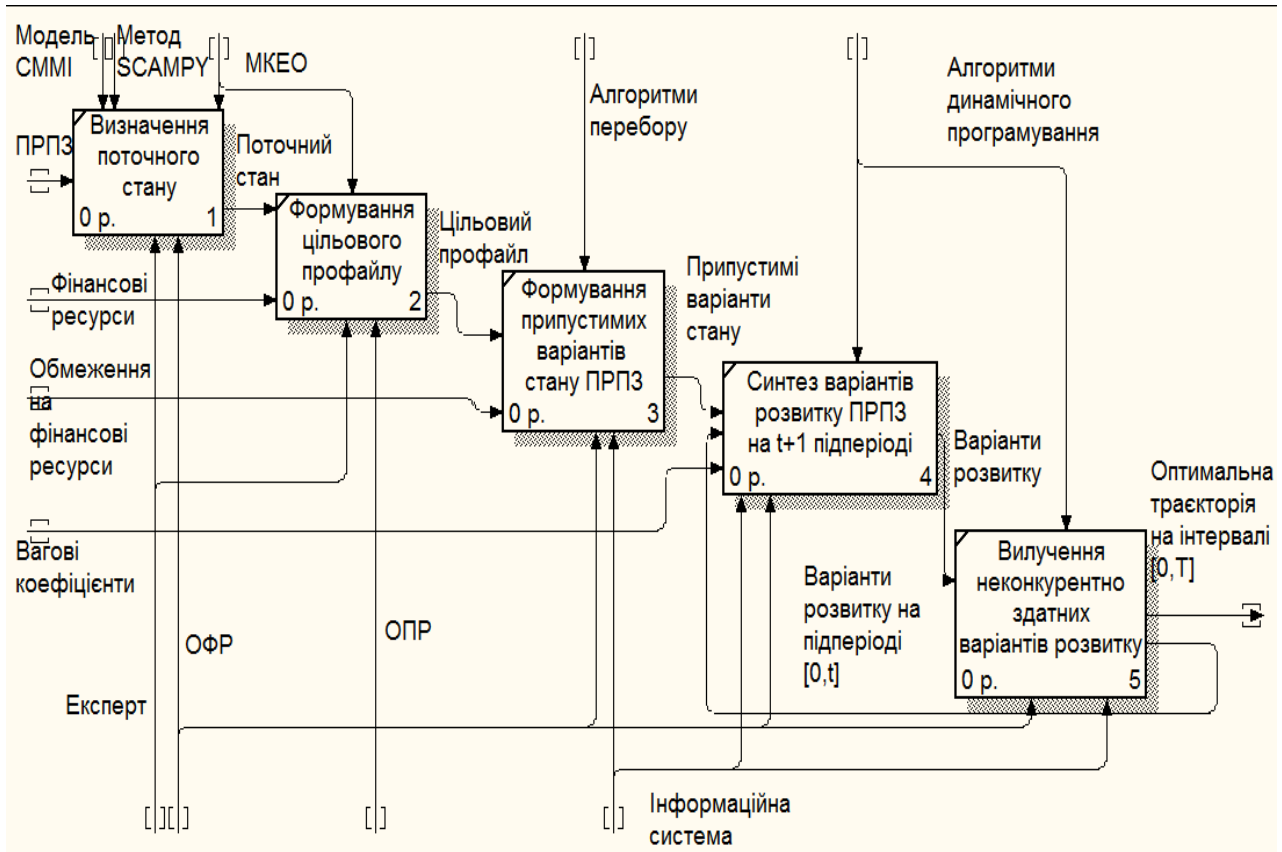


Рисунок 3 – Технологія управління якістю ПР ПЗ

**Четвертий розділ** присвячено розробці інформаційної технології СППР, основними діючими особами якої є: експерти; особи, що формують рішення (ОФР); особа, що приймає рішення. Функціональні вимоги представлені у вигляді діаграми варіантів використання, де визначені функції експертів, ОФР і ОПР. Для опису загальної архітектури ІТ СППР при управлінні якістю ПР ПЗ у нотатії UML наведено діаграму розміщення (рис. 4), яка показує фізичні взаємозв'язки між програмними і апаратними компонентами системи. Вибрано архітектуру клієнт-сервер з «товстим-клієнтом». Сервер у цьому випадку є лише сховищем даних, а виконання процесів обробки і представлення даних перенесені на машину клієнта. Для реалізації програмної системи обрано мову C#, а для зберігання і обробки даних – систему управління базами даних MySQL. Для реалізації та взаємодії C# і MySQL використано утиліту MySQL Connector, яка представляє повнофункціональний ADO.NET драйвер для MySQL.

Досліджені основні компоненти діаграми розміщення ПС (рис. 4): Connect DB представляє блок, у якому реалізується налагодження конфігурації підключення до бази даних (БД) (ім'я користувача, пароль, назва БД і т. інше); CMMI.Math містить у собі основне математичне і алгоритмічне забезпечення ПС (наприклад, реалізація пошуку оптимальної траєкторії); CMMI.DataAccessLayer представляє «шар» роботи з даними, які надходять. Вона використовує компоненту CMMI.DataAccessLayer.Model, яка реалізує модель задачі. У ній реалізується відбір станів ПР ПЗ, які ураховують обмеження на фінансові ресурси, обчислення рівнів належності і т. інше. CMMI.ServiceLayer – компонента, яка генерує стани ПР ПЗ. Частина логіки реалізується у компоненті CMMI.ServiceLayer.Generated.

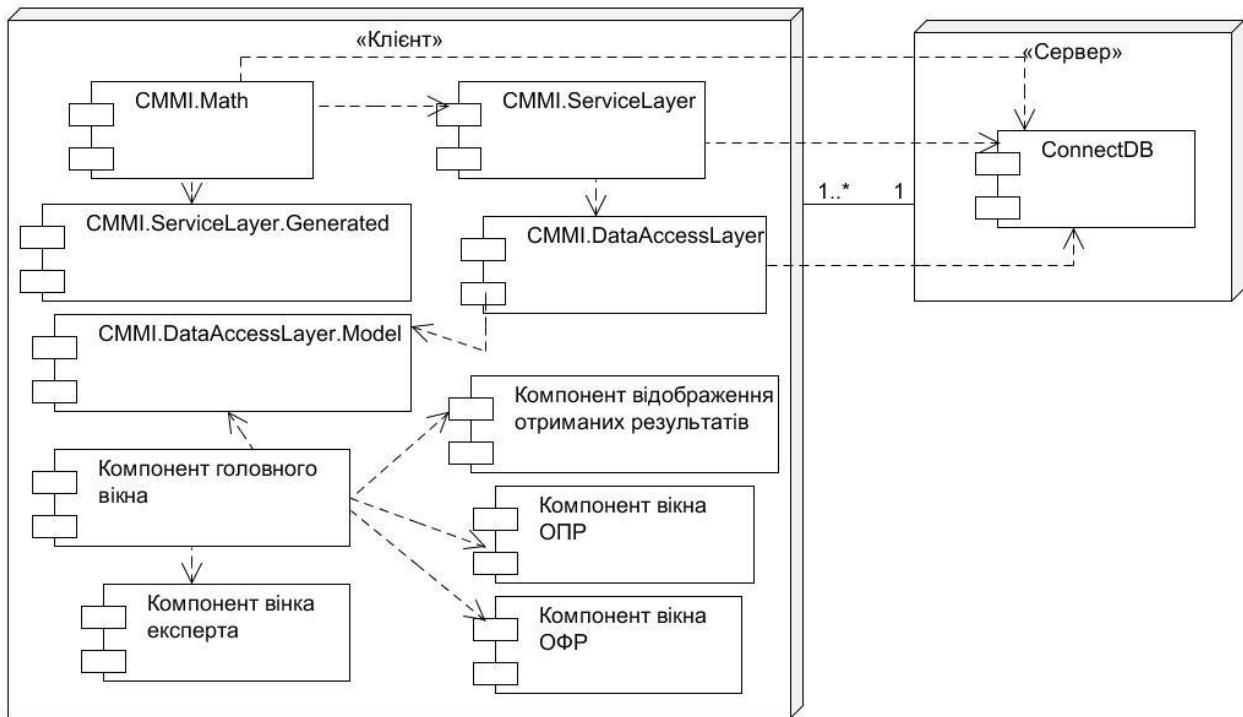


Рисунок 4 – Діаграма розміщення програмної системи

Для перевірки працездатності розробленої ІТ СППР використана вихідна інформація поточного стану ПР ПЗ фірми «Nix Solutions» (м. Харків) відповідно до моделі зрілості CMMI. Інформацію отримано від експертів, які провели оцінку рівня можливості практик фокусних областей, які належать до другого і третього рівнів зрілості, а також необхідних фінансових ресурсів для переходу практик до вищих рівнів можливості. Обробка цієї інформації проводилась ОФР на основі методології колективного експертного оцінювання (МКЕО). Фрагмент вихідної інформації наведено у таблиці.

Досліджено сім фокусних областей другого рівня зрілості і одинадцять третього рівня. Відповідно оцінкам експертів та ОПР в межах планового періоду необхідно підняти рівень можливості 13-ти практик на одну одиницю і на дві одиниці для 14-ти практик фокусних областей другого рівня зрілості. Для

третього рівня зрілості необхідно підняти на одиницю рівень можливості для 19-ти практик.

Дослідження, для яких було використано персональний комп'ютер з Intel Core I5, тактова частота 2,67 Гц, оперативний запам'ятовуючий пристрій – 4 Гб і постійний запам'ятовуючий пристрій – 500 Гб показали неможливість розв'язання задачі такої вимірності за прийнятний час.

Таблиця – Фрагмент цільового профайлу для ПР ПЗ компанії «Nix Solutions»

Рівень зрілості	2														
Категорія	Управління проектами														
Фокусні області	РМС – Виконання моніторингу і контролю проекту										REQM – управління вимогами				
Цілі	РМС 1					РМС 2					REQM 1				
Практики	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5
Вихідний стан	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1
Стан, який планується	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
Категорія	Підтримка														
Фокусні області	СМ – управління конфігурацією							МА – вимір і аналіз							
Цілі	СМ 1			СМ 2		СМ 3		МА 1				МА 2			
Практики	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8
Вихідний стан	1	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Стан, який планується	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

На основі експертних оцінок спеціалістів всю множину практик декомпозовано на п'ять підмножин за чергою розв'язання задачі підвищення рівня можливості практик окремих підмножин. Для кожної підмножини практик розв'язується задача на періоді, який складається з трьох підперіодів. В результаті побудовано оптимальну траєкторію збільшення рівня зрілості ПР ПЗ на основі вихідної інформації фірми «Nix Solutions». Розв'язання кожної задачі тривало не більше півгодини. Протягом перших трьох періодів досягнуто 2-й рівень зрілості, а протягом наступних двох періодів ступінь досягнення третього рівня зрілості склав 0,725. Як приклад на рис. 5 наведено траєкторію збільшення 2-го рівня зрілості на першому періоді управління, використання фінансових ресурсів і черговість підвищення рівня можливості окремих практик. Наступні дослідження повинні бути спрямовані у двох напрямках:

1) використання ідеї методу локальної оптимізації разом з алгоритмом «Київський віник» з метою зменшення кількості можливих варіантів розвитку ПР ПЗ, що приведе до зменшення трудомісткості розв'язання задачі;

2) декомпозиція вихідної задачі відповідно обраним критеріям з подальшою її координацією на основі загальних ресурсів.

Основні результати цього розділу опубліковані у роботах [5, 7].

У додатках наведено інструкцію до заповнення експертами листів опитування та акти про впровадження результатів дисертаційної роботи.



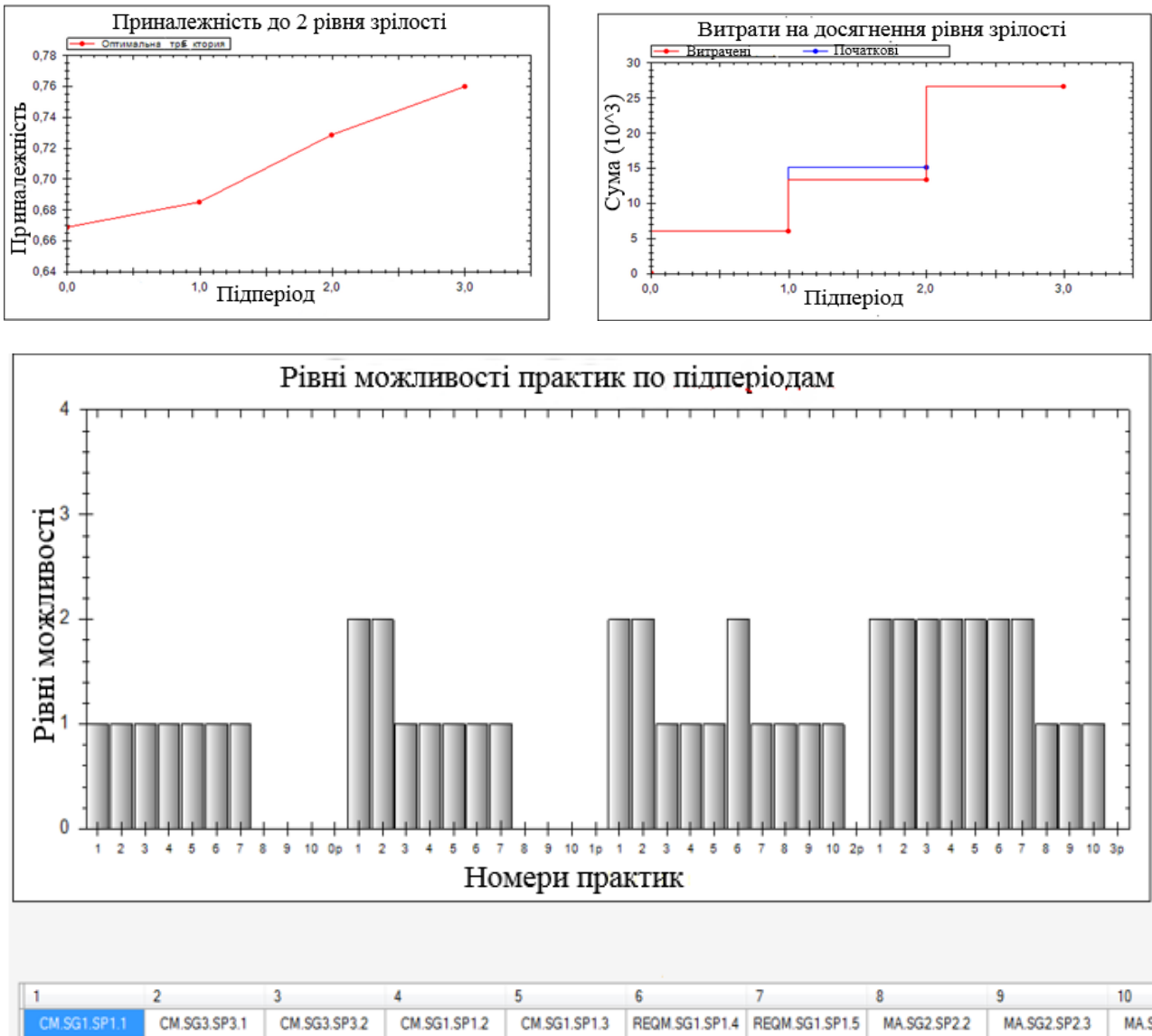


Рисунок 5 – Приклад розв'язання задачі управління якістю ПР ПЗ

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язана науково-практична задача управління якістю процесу розробки програмного забезпечення на основі моделі зрілості в умовах обмежених ресурсів.

1. Проведено аналіз сучасного стану проблем підвищення якості процесу розробки програмного забезпечення, серед них: слабка формалізованість задачі; розгляд задачі, в основному, на вербальному рівні; відсутність математичних моделей її розв'язання; невизначеність вихідної інформації. Поставлена задача управління якістю процесу розробки програмного забезпечення шляхом розробки оптимального плану програми удосконалення процесів життєвого циклу програмного забезпечення в умовах обмежених ресурсів на основі моделі зрілості CMMI.

2. Проведено вербальний опис технології покращення якості процесу розробки програмного забезпечення, яка складається з бізнес-процесів для управ-

ління процесом розробки програмного забезпечення: визначення поточного стану; формування цільового профайлу; визначення припустимих варіантів стану; формування варіантів розвитку; визначення неконкурентоспроможних варіантів розвитку.

3. Визначено принципи моделювання оцінки та управління якістю процесу розробки програмного забезпечення, основними з яких є: синтез моделі на основі дискретних змінних, які визначають рівень можливості окремих практик; оптимізація моделі на основі критерію, який є інтегральним показником підвищення рівня зрілості процесу розробки програмного забезпечення на протязі планового періоду; побудова моделі задачі на основі введення функції ступеню належності процесу розробки програмного забезпечення до певного рівня зрілості й т. інше.

4. Розроблено математичну модель нелінійного програмування з адитивною цільовою функцією для розв'язання задачі управління якістю процесу розробки програмного забезпечення, яка дозволяє керівнику організації розробника програмного забезпечення побудувати оптимальну стратегію просування фірми до більш високого рівня зрілості в умовах обмежених ресурсів.

5. Розроблено алгоритм на основі методу послідовного аналізу варіантів, який є подальшим розвитком алгоритму «Київський віник» за рахунок технології формування областей припустимих варіантів розв'язання задачі та урахування додаткових обмежень, які пов'язують змінні попереднього та наступного підперіодів управління.

6. Розроблено інформаційну технологію СППР для розв'язання задачі управління якістю процесу розробки програмного забезпечення в умовах обмежених фінансових ресурсів, що дозволяє визначити послідовність підвищення рівня можливості окремих практик фокусних областей.

7. Працездатність розробленої моделі, алгоритму та інформаційної технології перевірено на основі вихідної інформації поточного стану процесу розробки програмного забезпечення компанії «Nix Solutions» (м. Харків), а також при розробці плану програми підвищення якості процесу розробки програмного забезпечення компанії «Телесенс-ІТ» (м. Харків).

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Брагинский И.Л. Оценка и управление качеством процесса разработки программно-обеспечения на основе моделей зрелости / В.А. Шеховцов, М.Д. Годлевский, И. Л. Брагинский // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр, 2011. – № 5/2(53). – С. 22-26.

*Здобувачем запропоновано підхід до формалізації моделі зрілості з метою розробки математичної моделі управління якістю процесу розробки програмного забезпечення.*

2. Брагинский И.Л. Динамическая модель и алгоритм управления качеством процесса разработки программных систем на основе модели зрелости / М.Д. Годлевский, И.Л. Брагинский // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон : ХНТУ, 2012. – № 01 (011). – С.6-13.

*Здобувач розробив динамічну модель та алгоритм управління якістю процесу розробки програмних систем на основі моделі зрілості.*

3. Брагинский И.Л. Вербальное описание технологии улучшения качества процесса разработки программного обеспечения / В.А. Шеховцов, М.Д. Годлевский, И.Л. Брагинский // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2012. – № 29. – С. 54-59.

*Здобувачем проведено вербальний опис технології покращення якості процесу розробки програмного забезпечення.*

4. Брагинский И.Л. Принципы моделирования оценки и управления качеством процесса разработки программного обеспечения / М.Д. Годлевский, В.А. Шеховцов, И. Л. Брагинский // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр, 2012. – № 5/3(59). – С. 45-49.

*Здобувач визначив принципи моделювання оцінки та управління якістю процесу розробки програмного забезпечення.*

5. Брагинский И.Л. Информационная технология управления качеством процесса разработки программного обеспечения / М.Д. Годлевский, И.Л. Брагинский // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр, 2013. – № 2/9(62). – С. 63-67.

*Здобувачем розроблена інформаційна технологія управління якістю процесу розробки програмного забезпечення.*

6. Брагинский И.Л. Управление качеством разработки программного обеспечения на основе моделей зрелости / В. А. Шеховцов, М. Д. Годлевский, И. Л. Брагинский // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2011). – К.: УНК «ПСА» НТУУ «КПІ», 2011. – С. 515.

*Здобувач запропонував два етапи управління якістю процесу розробки програмного забезпечення.*

7. Брагинский И.Л. Информационная технология управления усовершенствованием процесса разработки программного обеспечения на основе модели зрелости / М.Д. Годлевский, И.Л. Брагинский // Тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків. – 2013. – С. 10.

*Здобувачем розроблена інформаційна технологія управління удосконаленням процесу розробки програмного забезпечення.*

8. Брагинский И.Л. Модель и алгоритм формирования плана программы усовершенствования процессов жизненного цикла программных систем / М.Д. Годлевский, И.Л. Брагинский // Матеріали 15-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2013). – К.: УНК «ПСА» НТУУ «КПІ», 2013. – С. 413.

*Здобувач запропонував модель та алгоритм формування плану програми удосконалення процесів життєвого циклу програмних систем.*

## АНОТАЦІЇ

**Брагинський І.Л. Модель та інформаційна технологія управління якістю процесу розробки програмного забезпечення в умовах обмежених ресурсів.** – На правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2013.

У дисертаційній роботі розв’язана актуальна науково-практична задача управління якістю процесу розробки програмного забезпечення (ПР ПЗ) на основі моделі зрілості в умовах обмежених ресурсів. Проведено аналіз сучасного стану проблеми і поставлена задача управління якістю ПР ПЗ. Розроблено математичну модель нелінійного програмування з адитивною цільовою функцією для розв’язання задачі управління якістю ПР ПЗ, яка дозволяє побудувати оптимальну стратегію просування фірми до більш високого рівня зрілості в умовах обмежених ресурсів. Розроблено алгоритм на основі методу послідовного аналізу варіантів, який є подальшим розвитком алгоритму «Київський віник» за рахунок технології формування областей припустимих варіантів розв’язання задачі та урахування додаткових обмежень, які пов’язують змінні попереднього та наступного підперіодів управління. Розроблено інформаційну технологію системи підтримки прийняття рішень для розв’язання задачі управління якістю ПР ПЗ в умовах обмежених фінансових ресурсів.

Працездатність розробленої моделі, алгоритму та інформаційної технології перевірено на основі вихідної інформації поточного стану ПР ПЗ компанії «Nix Solutions» (м. Харків), а також при розробці плану програми підвищення якості ПР ПЗ компанії «Телесенс-ІТ» (м. Харків).

*Ключові слова:* інформаційна технологія, управління якістю, процес розробки програмного забезпечення, модель зрілості, математична модель, алгоритм послідовного аналізу варіантів.

**Брагинский И.Л. Модель и информационная технология управления качеством процесса разработки программного обеспечения в условиях ограниченных ресурсов.** – На правах рукописи.

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2013.

В диссертационной работе решена актуальная научно-практическая задача управления качеством процесса разработки программного обеспечения на основе модели зрелости в условиях ограниченных ресурсов. Проведен анализ современного состояния этой проблемы, моделей, методов, алгоритмов и информационных технологий ее решения. Среди основных проблем отмечены: низкий уровень формализуемости задачи; рассмотрение задачи, в основном, на вербальном уровне; отсутствие математических моделей ее решения; неопределенность входной информации; отсутствие постановок задачи, в которых учи-

тываются ограничения на финансовые ресурсы. Поставлена задача управления качеством процесса разработки программного обеспечения путем разработки оптимального плана программы усовершенствования процессов жизненного цикла программного обеспечения в условиях ограниченных ресурсов на основе модели зрелости СММІ.

Проведено вербальное описание технологии улучшения качества процесса разработки программного обеспечения, которая состоит из следующих бизнес-процессов: определение текущего состояния процесса разработки программного обеспечения; формирование целевого профайла; определение допустимых вариантов состояния процесса разработки программного обеспечения; формирование вариантов развития; определение неконкурентоспособных вариантов развития процесса разработки программного обеспечения.

Сформированы принципы моделирования оценки и управления качеством процесса разработки программного обеспечения такие как: синтез модели на основе дискретных переменных, определяющих уровень возможности отдельных практик; оптимизация модели на основе критерия, который является интегральным показателем улучшения уровня зрелости процесса разработки программного обеспечения на протяжении планового периода; построение модели задачи на основе функции степени принадлежности процесса разработки программного обеспечения к определенному уровню зрелости и т. д.

Разработана математическая модель нелинейного программирования с аддитивной целевой функцией для решения задачи управления качеством процесса разработки программного обеспечения, которая позволяет руководителю организации-разработчика программного обеспечения построить оптимальную траекторию продвижения фирмы к более высокому уровню зрелости в условиях ограниченных ресурсов.

На основе метода последовательного анализа вариантов разработан алгоритм, который является дальнейшим развитием алгоритма «Киевский веник» за счет технологии формирования областей допустимых вариантов решения задачи и учета дополнительных ограничений, которые связывают переменные предыдущего и последующего подпериодов управления.

В связи с большой трудоемкостью алгоритма «Киевский веник» в работе использована идея метода локальной оптимизации, которая позволяет уменьшить трудоемкость решения задачи, хотя и не позволяет найти глобальный оптимум.

Разработана информационная технология системы поддержки принятия решений для решения задачи управления качеством процесса разработки программного обеспечения в условиях ограниченных финансовых ресурсов. Работоспособность разработанной модели, алгоритмов, информационной технологии проверена на основе исходной информации текущего состояния процесса разработки программного обеспечения компании «Nix Solutions» (г. Харьков), а также при разработке плана программы повышения качества процесса разработки программного обеспечения компании «Телесенс-ІТ» (г. Харьков).

Дальнейшие исследования должны быть проведены в двух направлениях: использование идеи метода локальной оптимизации совместно с алгоритмом

«Киевский веник» для уменьшения количества допустимых вариантов развития процесса разработки программного обеспечения; декомпозиция исходной задачи в соответствии с заданными критериями и дальнейшая ее координация на основе общих ресурсов.

*Ключевые слова:* информационная технология, управление качеством, процесс разработки программного обеспечения, модель зрелости, математическая модель, алгоритм последовательного анализа вариантов.

**Braginsky I.L. Model and information technology of quality management of software development process in the software in the conditions of limited resources.** – On the rights of the manuscript.

The dissertation for the scientific degree of a candidate of technical sciences, specialty 05.13.06 – information technology. – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, 2013.

The urgent scientific task of the software development process quality management based on maturity model in the conditions of limited resources is solved in the thesis. The mathematical model of nonlinear programming with additive criterion function is developed for the solution of a problem of the software development process quality management which allows software developer company head to build an optimal trajectory of the company promotion to a higher level of maturity in resource-limited settings. An algorithm based on the method of options sequential analysis is developed, which presents a further development of the algorithm of «Kyiv broom» due to the technology of the formation of domains of acceptable solutions and accounting additional restrictions that bind variables of previous and consequent subperiods of management. Information technology of decision-making support system is developed for the solution of a problem of software development process quality management in the conditions of limited financial resources.

The serviceability of models, algorithms, information technology is validated on the basis of the initial information of the software development process current state of «Nix Solutions» company, and while developing the program plan on the enhancement quality of the software development process of «Telesens-IT» company.

*Keywords:* information technology, quality management, software development process, maturity model, mathematical model, options sequential analysis algorithm.

