

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Нагорний Костянтин Анатолійович

УДК 681.5: 658.512

**МОДЕЛІ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ
СУПРОВОДУ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ
ПОСТ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

05.13.06 – Інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Ткачук Микола Вячеславович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
професор кафедри програмної інженерії
та інформаційних технологій управління

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Чалий Сергій Федорович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри інформаційних управляючих систем;

доктор технічних наук, професор,
Шостак Ігор Володимирович,
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»,
професор кафедри інженерії програмного забезпечення.

Захист відбудеться «29» червня 2016 року о 15.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.051.09 Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна за адресою: 61022, м. Харків, майдан Свободи, 4, ауд. 6-52.

З дисертацією можна ознайомитись у Центральній науковій бібліотеці Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна за адресою: 61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.

Автореферат розісланий «___» травня 2016 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 64.051.09

Толстолюзька О. Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Парадигма використання об'єктно-орієнтованого підходу (ООП) для розробки програмних систем (ПС) передбачає, що вони розглядаються як сукупність програмних сутностей, які відображають характеристики та особливості взаємодії інформаційних об'єктів у деякій предметній області (ПрО). Кожен з таких об'єктів належить до певного класу програмного забезпечення (ПЗ) та має свою функціональність, визначену за допомогою відповідних методів і подій, які відбуваються на протязі життєвого циклу ПС. Застосування ООП передбачає можливість локалізації будь-якої бізнес-логіки в окремих класах ПЗ, що має на меті також забезпечити можливість легкого внесення змін у вихідний код, якщо цього потребують зміни у вимогах користувачів до ПС. Саме тому парадигма використання ООП, яка була запропонована та розвинута в роботах таких визнаних фахівців як Г. Буч (G. Booch), І. Якобсон (I. Jacobson), Дж. Рамбо (J. Rumbaugh), Дж. Оделл (J. Odell) та інші, є досить ефективною для розробки та супроводу значної кількості ПС у різних ПрО.

В той же час, останні тенденції в області розробки та супроводу сучасних ПС, зокрема, такі як їх постійно зростаючі структурна складність та інтенсивність внесення змін у вимоги користувачів, привели до того, що у практиці застосування ООП проявилися певні кризові явища. Одне із них отримало назву феномену наскрізної функціональності (crosscutting functionality) – НФ, суть якої полягає в неможливості виділити програмний код НФ в окремий клас, натомість код НФ є розсіяним з-поміж класів, в яких реалізовані інші вимоги до ПС. Для подолання негативних наслідків НФ були запропоновані нові технології розробки ПЗ, що розширюють можливості застосування ООП за рахунок вбудованих механізмів, які дозволяють ізолювати програмний код НФ в окремому програмному модулі, та потім у неінвазивний спосіб отримати нову конфігурацію ПС. Ці нові підходи до створення ПС можуть бути узагальнено визначені терміном пост об'єктно-орієнтовані технології (ПООТ), і проблеми їх розробки та застосування досліджуються в роботах таких відомих вітчизняних та закордонних вчених як О. В. Палагін, І. В. Сергієнко, Д. В. Федасюк, С. Апель (S. Apel), К. Поль (K. Pohl), І. Соммервіль (I. Sommerville) та інших фахівців.

Слід зазначити, що практичне застосування ПООТ, зокрема, в процесах супроводу успадкованих ПС (УПС), які були розроблені на основі ООП, пов'язане з додатковими витратами часу та інших проектних ресурсів. Тому виникає проблема визначення ефективності використання певної ПООТ для проведення модернізації УПС із урахуванням особливостей її функціональності та впливу зовнішнього середовища у вигляді змін вимог користувачів. Таким чином, постановка задачі дослідження цієї роботи є досить актуальною та практично значущою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «Харківський політехнічний інститут» відповідно до завдань прикладної держбюджетної НДР МОН України «Розробка

інтелектуальних моделей та технологій для підвищення ефективності проектування та супроводу складних програмних систем» (ДР № 0111U002288) де здобувач брав участь як співвиконавець окремих розділів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності використання пост об'єктно-орієнтованих технологій (ПООТ) у процесі супроводу УПС шляхом розробки та застосування знання-орієнтованих інформаційних моделей, методів та інструментальних засобів. Для досягнення цієї мети в роботі поставлені та вирішені такі задачі:

- розглянуті особливості процесу супроводу та структурної модифікації УПС, які розроблені на основі ООП, із урахуванням проблем, що виникають при появі ефекту наскрізної функціональності (НФ);
- проведено порівняльний аналіз основних існуючих ПООТ, а саме: аспектно-орієнтованого підходу (АОП), функціонально-орієнтованого підходу (ФОП) та контекстно-орієнтованого підходу (КОП), з метою вивчення особливостей структурних механізмів локалізації та усунення негативних проявів НФ в УПС;
- запропоновано знання-орієнтований методологічний підхід для комплексної оцінки ефективності застосування ПООТ в процесах розробки та супроводу ПС;
- розроблена алгоритмічна модель процесу оцінки ефективності застосування ПООТ;
- запропонована модель багатовимірного інформаційного простору для оцінки стану УПС в процесі їх супроводу та визначення характеристик ПООТ;
- розроблені архітектурні моделі окремих ПООТ для визначення питомих витрат при їх застосуванні для структурної модифікації УПС;
- запропоновані кількісні метрики для оцінки загального рівня присутності та ступеня розповсюдження НФ у вихідному коді УПС;
- розроблено нечіткий підхід до визначення кінцевої ефективності застосування окремих ПООТ при супроводі УПС із урахуванням слабоформалізованого та багатовимірного характеру діючих чинників та критеріїв їх оцінки;
- реалізовано основні програмні компоненти прикладної інформаційної технології для практичного застосування запропонованих моделей та інструментальних засобів;
- проведено експериментальне дослідження запропонованого підходу та на основі аналізу отриманих результатів надані практичні рекомендації щодо підвищення ефективності використання ПООТ в процесах супроводу УПС.

Об'єктом дослідження є процеси супроводу успадкованих програмних систем (УПС), розроблених на основі об'єктно-орієнтованого підходу.

Предметом дослідження є моделі, методи та інструментальні засоби оцінки ефективності застосування ПООТ в процесах супроводу УПС.

Методи дослідження базуються на застосуванні принципів сучасної програмної інженерії, зокрема на використанні кількісних метрик якості ПЗ, об'єктно-орієнтованих та пост об'єктно-орієнтованих методах аналізу та синтезу ПЗ; математичного апарату теорії множин; експертних методів теорії прийняття рішень та нечіткої логіки; уніфікованої мови моделювання UML (Unified Modeling

Language) та мови опису програмних архітектур ADL (Architecture Description Language) для аналізу та синтезу програмних рішень.

Наукова новизна отриманих результатів:

– *вперше*: запропонована алгоритмічна модель процесу визначення ефективності застосування пост об'єктно-орієнтованих технологій (ПООТ) при супроводі успадкованих програмних систем (УПС), яка відрізняється від існуючих підходів комплексним використанням багатовимірних інформаційних ресурсів, експертних методів та відповідних метрик, що дозволяє кількісно оцінити ступінь ефективності застосування окремих ПООТ у залежності від суттєвих характеристик наявної УПС;

– *отримали подальший розвиток*: методи та інструментальні засоби аналізу та визначення стану УПС у процесі її супроводу шляхом використання сукупності обчислювальних алгоритмів і кількісних критеріїв, що дозволяє враховувати як структурну складність так і динаміку змін у вимогах до певної УПС в процесі її супроводу;

– *отримали подальший розвиток*: моделі та інструментальні засоби дослідження технологічних особливостей використання ПООТ в процесах супроводу УПС шляхом розробки еталонних архітектурних моделей окремих ПООТ, що дає можливість кількісно визначити питомі витрати при їх застосуванні для програмної модифікації УПС з метою усунення негативних наслідків присутності НФ;

– *удосконалено*: інформаційна технологія оцінки ефективності застосування ПООТ в процесах супроводу УПС за рахунок використання методів нечіткого виводу у поєднанні із кількісними метриками оцінки як загального рівня присутності, так і ступеня розповсюдженості НФ в програмному коді УПС, що забезпечує можливість попереднього аналізу та оцінки ефективності альтернативних варіантів проведення модернізації УПС.

Практична значимість отриманих результатів визначається тим, що розроблені в дисертаційній роботі моделі, методи та інструментальні засоби можуть бути використані для підвищення ефективності процесів супроводу УПС із застосуванням як вже існуючих, так і перспективних ПООТ. Запропонований комплексний підхід до оцінки ефективності використання ПООТ і розроблені для його підтримки інструментальні програмні засоби були успішно використані для вирішення цих завдань на прикладі застосування аспектно-орієнтованої технології в розробках по прикладній держбюджетній НДР МОН України, при виконанні проектів в компаніях Bit media e-learning solution GmbH & Co KG (м. Грац, Австрія), та ТОВ «ІНТЕРПАК ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ» (м. Харків), а також впроваджені в навчальному процесі кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХПІ» в дисциплінах «Основи проектування ПЗ», «Аналіз вимог до ПЗ», «Методи та засоби автоматизації процесів життєвого циклу ПЗ».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, викладені в дисертації, отримані здобувачем особисто. У роботах, які написано у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у такому: запропонована схема структурної адаптації УПС із використанням ПООТ [1]; виконаний порівняльний

аналіз ПООТ та розроблена структура багатовимірної інформаційного простору для оцінки ефективності окремих ПООТ [2]; запропоновано логіко-лінгвістичний підхід до оцінки стану УПС у процесі їх супроводу, який враховує як структурну складність так і динаміку змін у вимогах користувачів таких систем [3], розроблені архітектурні моделі окремих ПООТ і методика оцінки питомих витрат при їх застосуванні для структурної адаптації УПС з метою усунення проблем НФ [4]; запропоновано підхід із використанням методів нечіткого виводу для оцінки ефективності альтернативних варіантів проведення модернізації УПС на основі ПООТ [5]; досліджено особливості застосування аспектно-орієнтованого підходу для супроводу УПС [6]; розглянуто особливості застосування функціонально-орієнтованого підходу для супроводу УПС [7]; досліджено особливості застосування контекстно-орієнтованого підходу для супроводу УПС [8]; розроблена архітектура інструментального CASE-засобу для дослідження ефективності використання ПООТ [9]; розроблено методику експериментального дослідження ефективності використання ПООТ [10], побудовані метрики оцінки рівня присутності та характеру розповсюдження НФ у програмному коді УПС [11]; запропонована алгоритмічна модель процесу загальної оцінки ефективності використання ПООТ в процесі супроводу УПС [12].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати досліджень пройшли апробацію та одержали позитивну оцінку на XI-й Міжнародній науково-технічній конференції «Системний аналіз і інформаційні технології» (Київ, 2009); на VII-й Міжнародній науково-технічній конференції «УкрПРОГ-2010» (Київ, 2010); на XVII, XIX, XXII Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», (Харків - 2009, 2011, 2014); на 11th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: ICTERI-2015 (Львів, 2015), а також на наукових семінарах кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХПІ» і кафедри комп'ютерних систем і мереж Національного аерокосмічного університету імені М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць, у тому числі 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, з них 3 публікації у виданнях, що входять до наукометричних баз “*Index Copernicus*”, “*Ulrich's Periodicals Directory*”, 1 стаття – у виданні “*Springer*”, 6 публікацій у тезах та матеріалах міжнародних конференцій (у тому числі 2 публікації у виданнях, що входять до наукометричної бази “*Scopus*”). Зазначені публікації повністю відображають наукові результати та висновки дисертаційної роботи.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 182 сторінки, у тому числі: основний текст на 151 сторінці, містить 42 рисунки та 19 таблиць, перелік інформаційних джерел із 173 найменувань на 19 сторінках та 2 додатки на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведена загальна характеристика роботи: обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і завдання дослідження, визначені об'єкт, предмет і методи дослідження, наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, приведені дані про публікації, особистий внесок здобувача в роботи, виконані в співавторстві та дані про апробацію результатів дисертації.

У першому розділі розглянуто особливості процесів супроводу та модифікації УПС, які розроблені з використанням ООП, значну увагу приділено проблемі виникнення в них наскрізної функціональності (НФ). Під НФ при цьому розуміється така бізнес-логіка, реалізація якої у відповідній УПС має бути розподілена між багатьма програмними модулями і не може бути винесена в окремий модуль системи. Це явище, як правило, виникає внаслідок дії таких чинників як певні зміни у вимогах користувачів і постійне зростання структурної складності УПС, що унеможливорює в подальшому використання нових, більш прогресивних технологій та програмних засобів для її модернізації (реінжинірингу). Звернено увагу та те, що згідно наявних статистичних даних щодо реальних проектів по супроводу УПС, існує певна позитивна кореляція між рівнем присутності НФ та кількістю програмних дефектів (помилки) при функціонуванні УПС. Взаємозв'язок між цими явищами на концептуальному рівні показано на рис.1.

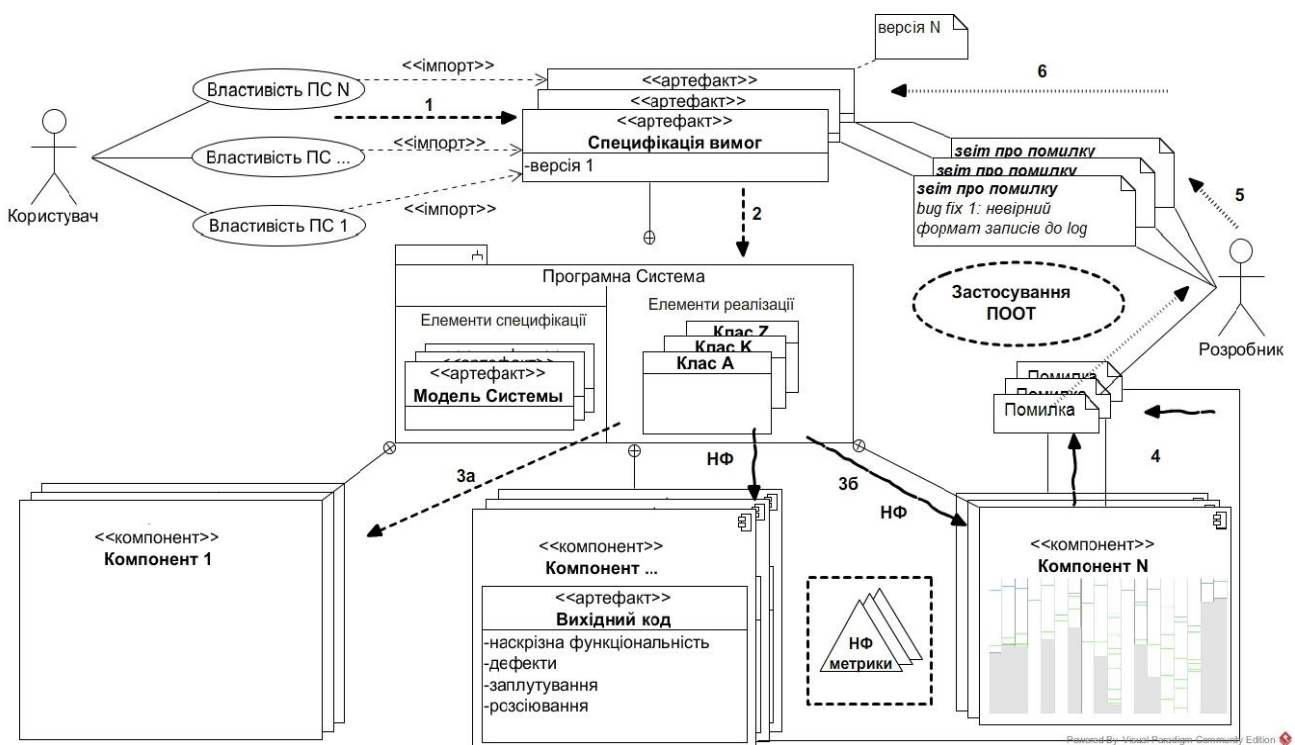


Рис. 1 – Концептуальна схема виникнення та прояву наслідків феномену НФ

Проаналізовано основні напрямки сучасних досліджень, які мають на меті забезпечити локалізацію та зменшення ступеня розповсюдження НФ в УПС. До них належать, зокрема, такі нові підходи до розробки ПЗ, як пост об'єктно-орієнтовані технології (ПООТ), а саме: аспектно-орієнтований підхід (АОП),

контекстно-орієнтований підхід (КОП) та функціонально-орієнтований підхід (ФОП). Проведено порівняння основних переваг та недоліків їх застосування для структурної адаптації УПС, з метою зменшення негативних наслідків присутності НФ, результат якого показав, що для прийняття мотивованого рішення про доцільність та ефективність використання тієї чи іншої ПООТ в процесі супроводу певної УПС необхідно враховувати вплив декількох чинників. До них належать: (а) структурна складність УПС, (б) ступінь інтенсивності та обсяг змін у вимогах користувачів щодо функціональності УПС; (с) питомі витрати, які пов'язані із застосуванням тієї чи іншої ПООТ в процесі структурної модифікації УПС. Встановлено, що існуючі підходи до оцінки ефективності застосування ПООТ у процесах супроводу УПС недостатньо повно враховують вплив чинників (а)-(с) і не пропонують для цього відповідних формалізованих моделей та інструментальних засобів. Ці висновки визначили актуальність і важливість розв'язання задач визначення ефективності застосування ПООТ при супроводі УПС та дозволили сформулювати постановку задачі дисертаційного дослідження.

Другий розділ роботи присвячено розробці методологічних засад побудови інтегрованого модельно-технологічного інструментарію для оцінки ефективності застосування ПООТ при супроводі УПС. Для цього вводиться формалізоване визначення коефіцієнта ефективності застосування певної ПООТ за наступною формулою:

$$K_{\text{Eff}} \left((SysType)_i, (POOT)_j \right) = \rho \left(\frac{\Delta(CFR)_{i,j}}{SIC_j} \right), \quad (1)$$

де відповідно

$\Delta(CFR)_{i,j} = \delta((SysType)_i, (POOT)_j)$ оцінка рівня зниження НФ (crosscutting functionality ratio – CFR) при застосуванні для i -го типу УПС j -го виду ПООТ;

$SIC_j = \lambda((POOT)_j)$ оцінка витрат на реалізацію (software implementation costs – SIC) нової версії УПС з використанням ПООТ;

$(SysType)_i \in S, i = 1, 2, 3, \dots$ S – множина певних типів УПС, які визначаються із урахуванням чинників (а)-(б);

$(POOT)_j \in T, j = 1, 2, 3$. T – множина наявних ПООТ (АОП, КОП та ФОП).

Для визначення функціональної залежності (1) пропонується застосувати знання-орієнтований підхід, який передбачає побудову моделі багатовимірною інформаційного простору для структурування всіх необхідних даних, що є пов'язаними з чинниками (а)-(с), а також розробку експертних методів та метрик для отримання відповідних кількісних та якісних оцінок. У спрощеному вигляді геометрична інтерпретація запропонованого підходу представлена на рис. 2. Згідно нього, в кінцевому рахунку ефективність застосування ПООТ є змінною, що функціонально залежить від:

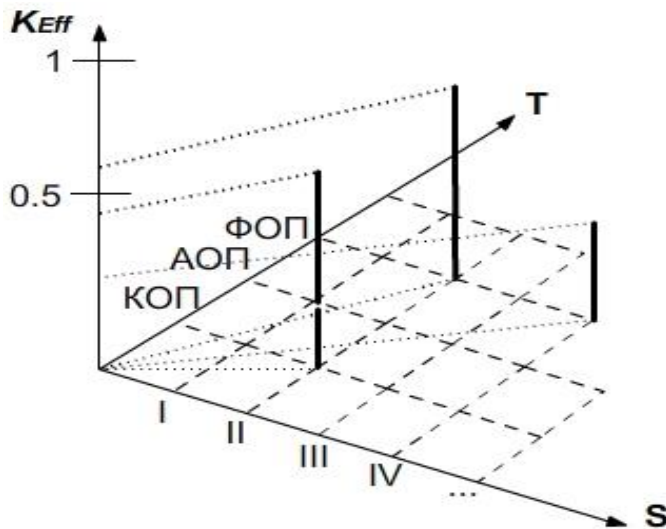


Рис. 2. – Спрощена геометрична інтерпретація багатовимірного інформаційного простору для визначення ефективності застосування ПООТ

бути представлений нормованими значеннями з діапазону $[0,1]$, що розміщуються по осі абсцис K_{Eff} (див. рис. 2).

Для визначення рівня складності програмного коду УПС необхідно побудувати колекцію відповідних кількісних метрик. Встановлено, що при цьому доцільно використовувати три типи таких метрик, а саме: (i) метрики оцінки рівня структурної складності окремого класу (*class*) у програмному коді УПС; (ii) метрики оцінки ступеню зв'язності окремих класів, які входять до складу окремого функціонального пакету (*package*); (iii) метрики оцінки складності та ступеня взаємопов'язаності різних пакетів у складі УПС. Для отримання кінцевого значення структурної складності УПС в роботі пропонується використовувати комбіновану метрику у вигляді лінійної згортки значень окремих метрик із кожної з груп (i) – (iii).

Для оцінки характеристик рівня складності та динаміки змін вимог користувачів до УПС потрібно також визначити методологічний підхід, який має враховувати переваги та недоліки вже існуючих методів та інструментальних засобів для вирішення цих задач. Для цього в роботі проаналізовано різні методи аналізу функціональних точок (*function points analysis* – FPA) та інструментальні можливості існуючих систем управління вимогами (*requirements management system* – RMS). Встановлено, що основними атрибутами опису функціональних вимог (ФВ) до ПЗ у більшості сучасних RMS є *складність* (*complexity*) реалізації та *пріоритет* (*priority*) виконання певної ФВ. Опис цих атрибутів надається за допомогою терм-множин відповідних лінгвістичних змінних (ЛЗ), наприклад: C (*складність ФВ*) = {«низька», «середня», «висока»} та P (*пріоритет ФВ*) = {«нейтральний», «актуальний», «негайний»}, а конкретні значення визначаються експертним шляхом. У роботі введені наступні визначення, а саме:

- типу УПС, який визначається її структурною складністю та динамікою змін вимог користувачів щодо її функціональності, ці типи ПС (I,II,III,IV...) подані на рис. 2 по осі абсцис S;
- рівня питомих витрат застосування відповідної ПООТ, вони впорядковані за цією характеристикою по осі ординат T). Тоді показник ефективності застосування певної ПООТ за формулою (1) буде функціонально визначений цими двома змінними, та може

Визначення 1. Тип УПС (S) – це кортеж, який складається із двох елементів та подається у наступному вигляді:

$$S = (SC, R), \quad (2)$$

де SC – показник структурної складності УПС, R – показник оцінки стану ФВ до УПС, або ранг функціональних вимог (requirement rank).

Визначення 2. Показник структурної складності УПС (SC) – це характеристика, яка подається як згортка колекції метрик оцінки об'єктно-орієнтованого коду, що входять до зазначених вище груп метрик (i)-(iii):

$$SC = \sum_{i=1}^8 w_i M_i, \quad (3)$$

де SC – структурна складність УПС, M_i – відповідне значення метрики із колекції метрик об'єктно-орієнтованого коду, w_i – ваговий коефіцієнт для метрики M_i , при цьому $\sum_{i=1}^8 w_i = 1$.

Визначення 3. Ранг функціональних вимог до УПС (R) – це кортеж, який подано у наступному вигляді:

$$R = (Priority, Complexity), \quad (4)$$

де *Priority* – пріоритет виконання відповідної вимоги (priority), *Complexity* – складність виконання цієї вимоги (complexity).

Для визначення рівня питомих витрат застосування відповідної ПООТ запропоновано архітектурно-центрований підхід, який методологічно передбачає можливість отримання такої її оцінки, що є інваріантною відносно конкретних особливостей програмної реалізації відповідної УПС. Для цього введено поняття розширеного архітектурного примітиву (РАП) як мінімально-надлишкової компонентної схеми, що є необхідною для реалізації взаємодії базових елементів ООП: класів (class), методів (method) та атрибутів (attribute / field) із додатковими архітектурними елементами відповідної ПООТ. Для формалізованого опису РАП, згідно проведеного аналізу, запропоновано використовувати мову опису програмних архітектур ACME / ADL. В цій нотації розроблені структурні схеми РАП для кожної з ПООТ, приклад такої схеми для контекстно-орієнтованої технології (КОП) наведено на рис. 3.

Структура багатовимірною інформаційного простору *InfoSpace* визначається як сукупність трьох взаємопов'язаних підпросторів, а саме:

$$InfoSpace = \langle \Pi_1, \Pi_2, \Pi_3 \rangle \quad (6)$$

де відповідно

$$\Pi_1 \subseteq S \times T \times K_{Eff}$$

Π_1 – це інформаційний підпростір визначення оцінок ефективності (множина K_{Eff}) застосування різних типів ПООТ (множина T) для модифікації певних типів УПС (множина S);

$$\Pi_2 \subseteq StructuralComplexity \times RequirementRank$$

Π_2 – це інформаційний підпростір визначення типу УПС;

$$\Pi_3 \subseteq RequirementWeight \times RequirementPriority$$

Π_3 – це інформаційний підпростір визначення рангу вимог до УПС.

У другому підрозділі розроблено метод визначення типу УПС із урахуванням як її структурної складності, так характеру динаміки змін у вимогах до її функціональності. Цей метод використовує *Визначення 1 – 3* із другого розділу роботи та передбачає виконання наступних етапів (кроків).

Етап 1. Визначення оцінки стану УПС у просторі Π_3 «Ранг вимог».

Крок 1.1. Отримання експертної оцінки пріоритету виконання функціональних вимог із використанням ЛЗ, яка має наступний вигляд:

$$L = \langle X, T(X), U, G, M \rangle, \quad (7)$$

де X – назва ЛЗ, тобто «Пріоритет ФВ», $T(X)$ – множина термів X , тобто {нейтральний, актуальний, негальний}, U – база визначення ЛЗ, яка подається кодовою шкалою {-6, -4, -2, 0, 2, 4, 6}, G – синтаксичне правило, що породжує терми $T(X)$, M – семантичне правило, що визначає вид функції приналежності, тобто функція приналежності Харінгтона.

Крок 1.2. Кількісна оцінка складності виконання ФВ шляхом застосування методу ранніх функціональних балів (Early Function Points Analysis – EFPA) із подальшим використанням відповідної ЛЗ, загальний вигляд якої представлений виразом (7); при цьому змінна X має назву «Складність ФВ», множина $T(X)$ визначається як {низька, середня, висока}, множина U – це множина функціональних балів, отриманих за допомогою методу EFPA, а правила G та M визначаються аналогічно *Кроку 1.1*.

Крок 1.3 Визначення комплексної оцінки рангу вимог для даної УПС, для чого необхідно визначити кількість початкових зон складності, відповідно до n рівнів складності ФВ та m рівнів пріоритету ФВ; згрупувати їх у необхідну кількість груп (алгоритм k -середніх); визначити вагові коефіцієнти w_i для кожної групи (методом аналізу ієрархій); розрахувати загальний ранг вимог за допомогою виразу:

$$RequirementRank = \sum_{i=1}^k w_i (\#R)_i, k = 3, \quad (8)$$

де $\#R$ – кількість вимог у відповідній групі складності, w_i – вага групи складності, k – кількість груп складності, для зручності подальших розрахунків у просторі Π_2 «Тип УПС» таких кластерів слід обрати 3.

Етап 2. Оцінка початкової структурної складності наявної УПС.

Крок 2.1 Обчислення кількісних показників за метриками складності ОО-коду, які належать до груп (i)-(iii) - див. розділ 1, - для цього відповідно до виразу (2) за методом МАІ визначаються вагові коефіцієнти для кожної із метрик: $w_1 = 0,04$; $w_2 = 0,01$; $w_3 = 0,06$; $w_4 = 0,11$; $w_5 = 0,13$; $w_6 = 0,22$; $w_7 = 0,22$; $w_8 = 0,21$.

Крок 2.2. Визначити процентне співвідношення класів, що потрапляють до зон складності: А «проста», В «середня», С «складна», відповідно до інтервалів меж для зазначених метрик коду, та визначити для них вагові коефіцієнти, що складають: $p_1 = 0,1$; $p_2 = 0,3$; $p_3 = 0,6$. Де $\sum_{k=1}^3 p_k = 1$.

Крок 2.3. Розрахувати показник складності для конкретної метрики M :

$$CM = \sum_{k=1}^3 p_k \cdot Z_k, \quad (9)$$

де CM – показник складності метрики (Complexity Metric), p_k – відповідний ваговий коефіцієнт для зони складності, Z_k – процентна частка одиниці розрахунку (метод, клас), що належать до кожної із трьох зон складності.

Крок 2.4 Розрахувати фактичну структурну складність УПС на базі виразів (3), (9).

Етап 3. Визначення оцінки стану УПС у просторі "Тип УПС"

Крок 3.1 Розрахувати максимальний кількісний показник для кожної із зазначених на кроці 2.2 зон складності, за принципом: «100% одиниць розрахунку потрапляє до зони складності» та визначити відповідні граничні значення Z_k для кожної зони складності:

$$SC = \begin{cases} Z_A \in [0; 10) \\ Z_B \in [10; 30) \\ Z_C \in [30; 60] \end{cases}, \quad (10)$$

Потім необхідно визначити кількісний показник структурної складності в термінах ЛЗ, відповідно до виразу (7), де змінна X має назву «Структурна Складність», множина $T(X)$ визначається як {проста, середня, складна}, множина U – це множина числових значень структурної складності, отриманих на Етапі 2, а правила G та M визначаються аналогічно Кроку 1.1.

Крок 3.2. Виконання процедури відображення стану УПС у просторі P_3 «Ранг вимог» у відповідний стан у просторі P_2 «Тип УПС», для цього необхідно визначити межі шкали вимірювання рангу ФВ:

$$\text{RequirementRank} \begin{cases} [Rank_d; Rank_{\mu 1}) \\ [Rank_{\mu 1}; Rank_{\mu 2}) \\ [Rank_{\mu 2}; Rank_u) \end{cases}, O_{\mu}(Rank_m) = \{x : |x - Rank_m| < \mu\}, \quad (11)$$

де $Rank$ – відповідні межі для інтервальної шкали вимірювання: *нижня (down), середня (middle) висока (upper)*; $O_{\mu}(Rank_m)$ – μ -окіл для середньої межі інтервальної шкали.

І, нарешті, відповідно до виразів (8) та (11), необхідно визначити кількісний показник «Рангу вимог» в термінах ЛЗ (див. вираз (7)), де змінна X має назву «Ранг вимог», множина $T(X)$ визначається як $\{\text{низький, високий, середній}\}$, U – множина числових значень рангу вимог, отриманих на Кроці 3.2, а правила G та M визначаються аналогічно Кроку 1.1.

Геометрична інтерпретація виконання заключного етапу запропонованого методу визначення типу УПС наведена на рис. 4

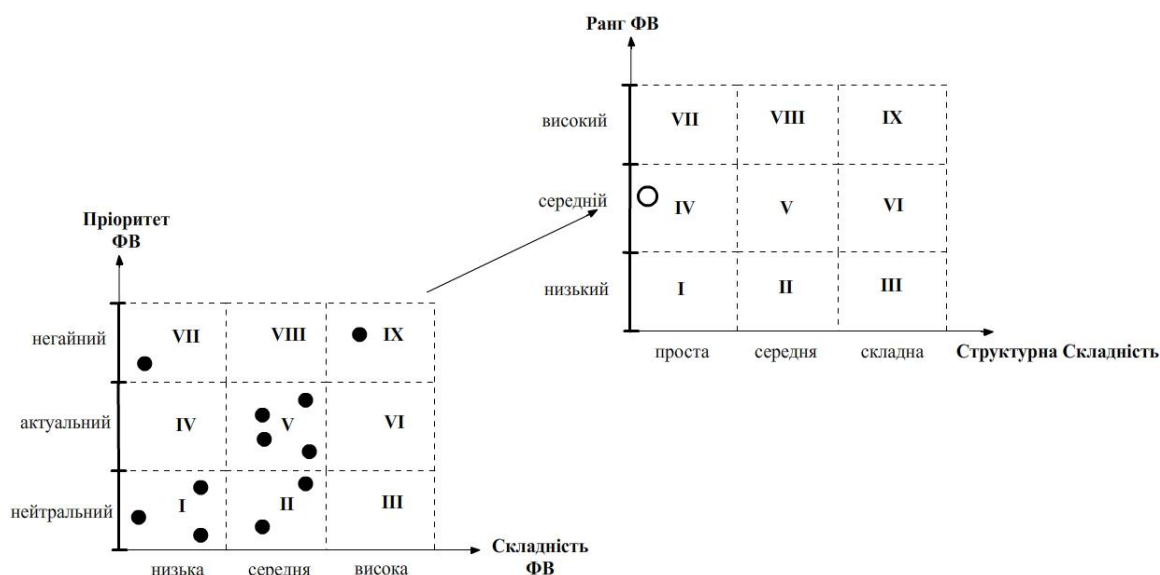


Рис. 4. – Перехід із простору «Ранг вимог» до простору «Тип ПС»

У *третьому підрозділі* розроблено метод обчислення питомих витрат на використання різних ПООТ для структурної модифікації програмного коду УПС з метою усунення в ньому негативних проявів НФ. Метод використовує запропоновані у другому розділі схеми розширених архітектурних примітивів (РАП) і передбачає виконання наступних кроків.

Крок 1. Для кожної схеми РАП визначається показник її складності, який залежить від складу її компонентів та обчислюється за формулою

$$ComponentComplexity = \sum_{c=1}^2 w_c \cdot \#(C)_c; \sum_{c=1}^2 w_c = 1, \quad (12)$$

де $\#(C)_c$ – це загальна кількість компонентів. Індекс c – позначає приналежність компонентів до одного із двох типів: *компоненти ООП-бази* та *компоненти ПООТ-надбудови*; w_c – це відповідний ваговий коефіцієнт для кожного із двох зазначених типів компонентів.

Крок 2. Для кожної схеми РАП визначається показник її складності, який залежить від кількості та видів її конекторів і обчислюється за формулою

$$ConnectorComplexity = \sum_{k=1}^3 w_k \cdot \#(Q)_k; \sum_{k=1}^3 w_k = 1, \quad (13)$$

де $\#(Q)_k$ – це загальна кількість конекторів. Індекс k – позначає приналежність конекторів до одного із трьох типів: конектори із бінарною взаємодією (binary connector interaction), конектори із множинною взаємодією (multiple connector interaction), конектори із умовною взаємодією (condition connector interaction); w_k – це відповідний ваговий коефіцієнт для кожного із трьох зазначених типів конекторів.

Крок 3. Для кожної схеми РАП визначається показник її складності, який залежить від кількості та видів її портів і обчислюється за формулою

$$PortComplexity = \sum_{r=1}^2 w_r \cdot \#(P)_r; \sum_{r=1}^2 w_r = 1, \quad (14)$$

де $\#(P)_r$ – це загальна кількість портів. Індекс r – позначає приналежність конекторів до одного із двох типів: позначає приналежність відповідного порту до одного із двох типів: *простий порт* (single port), *порт із умовою* (condition port). w_r – це відповідний ваговий коефіцієнт для кожного із трьох зазначених типів портів.

Крок 4. Для кожної схеми РАП визначається загальний показник її складності за формулою

$$EAPC = ComponentComplexity + ConnectorComplexity + PortComplexity, \quad (15)$$

де $ComponentComplexity$, $ConnectorComplexity$, $PortComplexity$ – це показники, що були визначені вище.

В результаті застосування цього методу за формулами (12) – (15) були отримані наступні значення питомої складності РАП для різних ПООТ: АОП = 10,1; ФОП = 8,5; КОП = 7,6. На підставі цього можливо виконати ранжування ПООТ за рівнем їх питомих витрат при застосуванні для проведення модифікації певної УПС, і таким чином структурувати відповідну координатну вісь Т у багатовимірному інформаційному просторі (див. рис. 2).

У четвертому підрозділі розроблена процедура комплексної оцінки ефективності застосування ПООТ із використанням методів нечіткої логіки. Для цього необхідно оцінити витрати на модифікацію УПС за допомогою конкретної ПООТ, та визначити ступінь зниження рівня присутності НФ у модифікованій УПС. Для розрахунку витрат на модифікацію структури УПС використані принципи архітектурно-центрованого підходу, запропонованого у другому розділі, що дозволяє для будь-якої ПООТ виразити модифікацію цільової УПС у термінах ADL та провести обчислення її складності за тим же принципом, що і складність РАП, та врахувати відповідні питомі витрати:

$$Cost^{(POOT)} = EAPC^{(POOT)} \cdot AC^{(POOT)}, \quad (16)$$

де $Cost^{(POOT)}$ – це витрати на модифікацію структури УПС, $EAPC^{(POOT)}$ – це питома складність моделі РАП відповідної ПООТ, $AC^{(POOT)}$ – *Architectural Complexity* (AC), архітектурна складність програмного рішення, що відповідає модифікації УПС із використання цієї ПООТ.

Кількісна оцінка ступеня присутності НФ після ПООТ-модифікації УПС виконується з урахуванням питомої ваги НФ і ступеня її розсіювання в компонентах модифікованої УПС, та розраховується за формулою

$$CFL = DS \cdot CFR, \quad CFL \in [0;1], \quad (17)$$

де CFL – ступінь присутності НФ (Crosscutting Functionality Level), DS – ступінь розсіювання НФ (Degree of scattering), CFR – коефіцієнт питомої ваги НФ (Crosscutting Functionality Ratio).

Оцінки витрат на модифікацію УПС з використанням ПООТ (16) та ступеня присутності НФ після модифікації (17) є різнорідними за природою та мають різні одиниці вимірювання, що ускладнює їх поєднання в єдиній аналітичній формі. Тому подальше оцінювання виконується із залученням одного із методів нечіткої логіки, а саме метода Мамдані, який дозволяє шляхом фазифікації вхідних змінних $Cost^{(POOT)}$ та CFL , привести їх у єдину аналітичну форму та провести розрахунок коефіцієнту ефективності використання ПООТ K_{Eff} на основі системи із 20 правил нечітких продукцій. Після цього шляхом дефазифікації вихідної змінної K_{Eff} можливо отримати її кількісний показник.

У п'ятому підрозділі представлено загальну схему прикладної інформаційної технології, що поєднує розроблені у третьому розділі роботи моделі, методи та алгоритми, і яка у вигляді спрощеної структурної діаграми в нотації IDEF0 наведена на рисунку 5.

Четвертий розділ дисертації містить опис інструментальних програмних засобів, які імплементують основні функціональні блоки розробленої інформаційної технології, а також представляє методику та результати аналізу обчислювальних експериментів, які проведені з метою дослідження працездатності та ефективності запропонованого підходу.

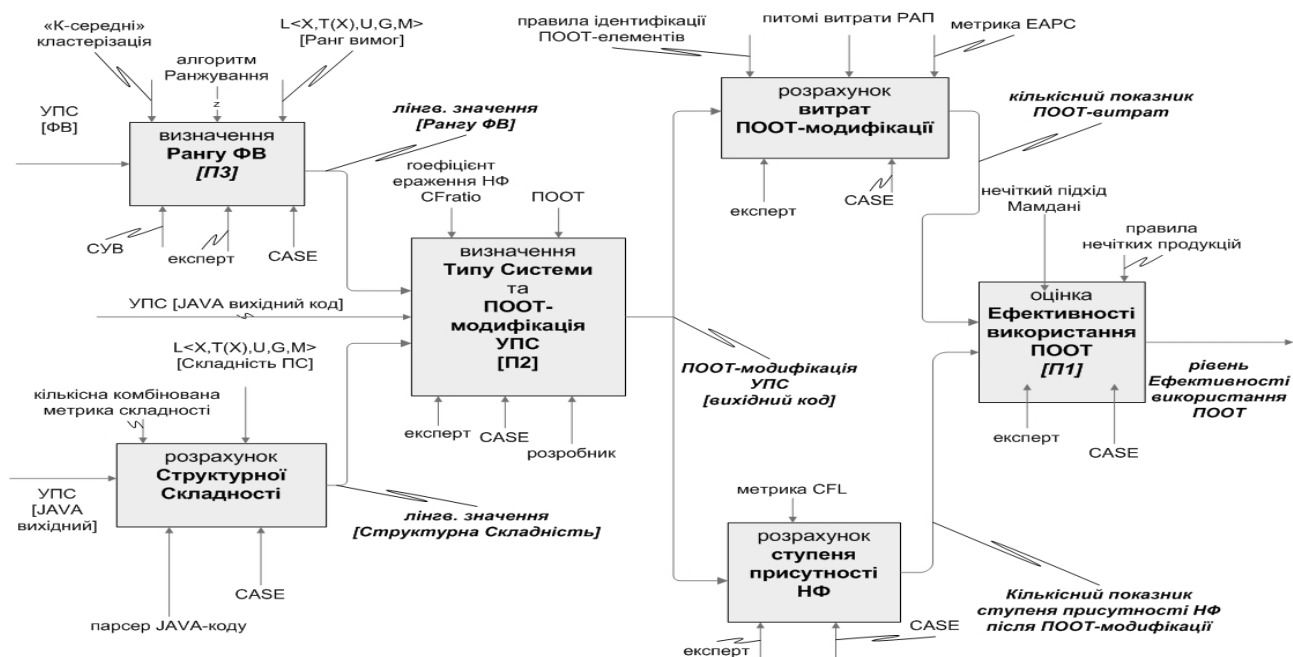


Рис. 5 – Інформаційна технологія оцінки ефективності застосування POOT

Для реалізації цієї технології розроблено інструментальний CASE-засіб, який має дворівневу архітектуру "клієнт-сервер" та поєднує в собі основні функціональні можливості для підтримки всіх етапів процедури оцінки POOT та додаткові можливості: збереження даних у БД системи та графічні 2-D, 3-D інтерфейси для візуалізації результатів розрахунків. На рис. 6 показана компонентна програмна архітектура цього CASE-засобу в нотатії UML 2.0.

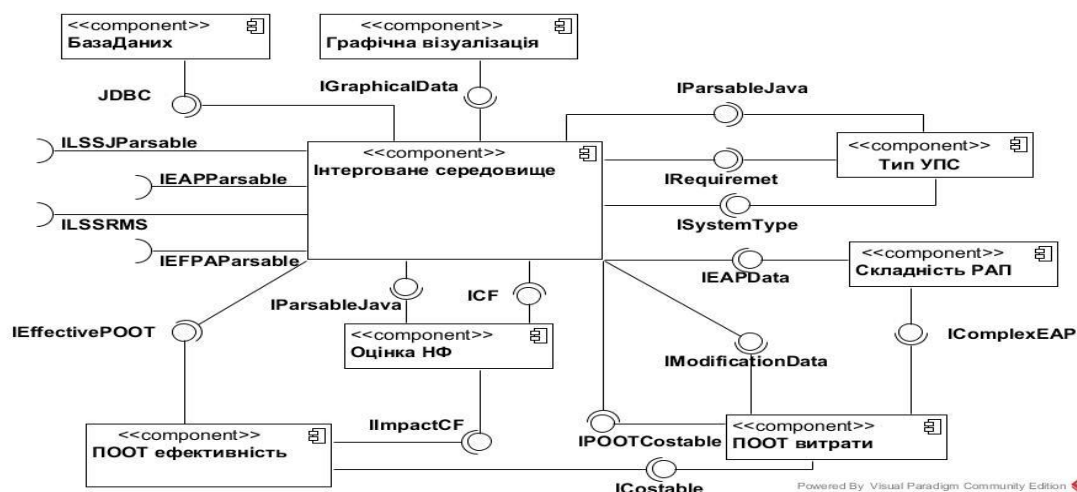


Рис. 6 – Компонентна діаграма розробленого CASE-засобу

За допомогою цього CASE-засобу були проведені обчислювальні експерименти, для яких були обрані УПС, що належать до 4-х різних типів: це типи I - IV (див. рис. 4), в яких початковий рівень присутності НФ коливався від 36,88 % до 63,87% (при цьому для спрощення розглядалася лише гомогенна НФ).

На першому етапі експерименту для кожного типу УПС послідовно були застосовані всі три типи POOT, що дозволило знизити рівень присутності НФ до

відповідно 0,05% – 38,80%. На підставі цього для кожного з досліджуваних типів систем були визначені оцінки ефективності застосування відповідних ПООТ. Аналіз цих результатів показав, що для модифікації УПС з високим рівнем структурної складності та достатньо низьким рівнем динаміки змін у вимогах (або для так званих "статичних" УПС) найменш ефективною технологією (64,20%) є функціонально-орієнтований підхід (ФОП), а ефективність аспектно- та контекстно-орієнтованих підходів (АОП та КОП) є досить високою (92,50 та 93,30 відповідно). У той же час, для УПС з високим рівнем структурної складності та з високим рівнем динаміки змін у вимогах (або для так званих "динамічних" УПС) найбільш ефективною технологією (78,40%) є контекстно-орієнтований підхід (КОП).

На другому етапі досліджувалася ефективність застосування АОП, ФОП та КОП за критерієм зниження кількості дефектів (Number of Defects – NoD) у програмному коді УПС. При цьому було встановлено, що завдяки наявності позитивної кореляції між рівнем присутності НФ та значенням показника NoD, за рахунок зниження рівня НФ шляхом застосування відповідної ПООТ для певного типу УПС можливо отримати суттєве зниження (більше ніж на 30%) кількості програмних дефектів, що виникають при супроводі конкретної УПС.

У **додатках** до дисертації наведені документи про використання отриманих результатів, окремі приклади проектної документації для розробленого інструментального CASE-засобу: концептуальна модель даних та UML-діаграми відповідних програмних компонентів.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі поставлена та вирішена актуальна науково-практична задача розробки моделей та інструментальних засобів для підвищення ефективності використання пост об'єктно-орієнтованих технологій (ПООТ) у процесі супроводу успадкованих програмних систем (УПС). Внаслідок виконаних досліджень отримано нові наукові та практичні результати:

1. Проаналізовано особливості процесу супроводу та структурної модифікації УПС, які розроблені на основі ООП, із урахуванням проблем, що виникають при появі ефекту наскрізної функціональності (НФ), а також проведено порівняльний аналіз основних існуючих ПООТ, а саме: аспектно-орієнтованого підходу (АОП), функціонально-орієнтованого підходу (ФОП) та контекстно-орієнтованого підходу (КОП), з метою вивчення особливостей структурних механізмів ізоляції та усунення негативних проявів НФ у УПС.

2. Формалізовано поняття ефективності застосування ПООТ в процесі супроводу УПС і запропоновано знання-орієнтований методологічний підхід для комплексної оцінки ефективності застосування ПООТ в процесах супроводу ПС.

3. Вперше розроблена алгоритмічна модель процесу визначення ефективності застосування ПООТ при супроводі УПС, яка відрізняється від існуючих підходів комплексним застосуванням багатовимірних інформаційних ресурсів, експертних методів та відповідних метрик, що дозволяє кількісно

оцінити ступінь ефективності застосування окремих ПООТ у залежності від суттєвих характеристик УПС.

4. Отримали подальший розвиток методи та інструментальні засоби аналізу та визначення стану УПС у процесі її супроводу шляхом використання сукупності обчислювальних алгоритмів і кількісних критеріїв, що дозволяє враховувати як структурну складність так і динаміку змін у вимогах до певної УПС в процесі її супроводу.

5. Набули подальшого розвитку моделі та інструментальні засоби дослідження технологічних особливостей використання ПООТ в процесах супроводу УПС шляхом розробки еталонних архітектурних моделей окремих ПООТ, що дає можливість кількісно визначити питомі витрати при їх застосуванні для програмної модифікації УПС з метою усунення негативних наслідків присутності НФ.

6. Удосконалено інформаційну технологію оцінки ефективності застосування ПООТ в процесах супроводу УПС за рахунок використання методів нечіткого виводу у поєднанні із кількісними метриками оцінки як загального рівня присутності, так і ступеня розповсюдженості НФ в програмному коді УПС, що забезпечує можливість попереднього аналізу та оцінки ефективності альтернативних варіантів проведення модернізації УПС.

7. Із використанням вільно поширюваних програмних засобів і технологій таких як Java, JSP, Spring MVC, MySQL, Castor JDO та XML реалізовані основні програмні компоненти інструментального CASE-засобу для реалізації запропонованого підходу.

8. Проведено експериментальне дослідження запропонованого підходу та на основі аналізу отриманих результатів розроблені практичні рекомендації щодо підвищення ефективності використання ПООТ в процесах супроводу УПС, при цьому ефективність використання ПООТ для зменшення рівня присутності НФ у програмному коді становить більш ніж 29,6%. Також встановлено, що в кінцевому рахунку застосування ПООТ не тільки зменшує рівень присутності НФ в програмних модулях бізнес-логіки УПС, але й зменшує кількість дефектів більше ніж на 30%.

9. Одержані в роботі теоретичні та практичні результати, були використані при виконанні держбюджетної теми у НТУ «Харківський політехнічний інститут», а також при виконанні ІТ-проектів в компаніях Bit media e-learning iolution GmbH & Co KG (м. Грац, Австрія) та ТОВ «ІНТЕРПАК ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ» (м. Харків).

10. Отримані в дисертаційній роботі результати також були запроваджені в навчальному процесі кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХПІ» в дисциплінах «Основи проектування ПЗ», «Аналіз вимог до ПЗ», «Методи та засоби автоматизації процесів життєвого циклу ПЗ».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ткачук Н. В. Структурная адаптация программных систем: анализ состояния проблемы и некоторые подходы к ее решению /Н. В. Ткачук, К. А. Нагорный //Східно-Європейський журнал передових технологій, № 6 (42). – 2009. – С. 33–36.
2. Ткачук Н. В. Об одном подходе к оценке эффективности применения пост объектно-ориентированных технологий при сопровождении программных систем /Н. В. Ткачук, К. А. Нагорный // Проблемы программирования. – К.: НАН України. – 2010. – № 2–3 (спец. выпуск). – С.252–260.
3. Ткачук Н. В. Методика оценки динамической сложности требований в процессах сопровождения унаследованных программных систем /Н. В. Ткачук, К. А. Нагорный, И. О. Мартинкус // Вісник Національного технічного університету "ХПІ"– Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – № 67. – С.116–125.
4. Литвинчук М. М. Архітектурні моделі оцінки складності пост об'єктно-орієнтованих технологій розробки програмних систем / М. М. Литвинчук, К. А. Нагорний, М. В. Ткачук. // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». – № 1015. – 2012. – С.225–235.
5. Нагорный К. А. Разработка и применение методики оценки эффективности пост объектно-ориентированных технологий // Східно-Європейський журнал передових технологій, № 3/10 (63). – 2013. – С.21-25.
6. Ткачук М. В. Кібернетичний підхід до адаптації програмних компонентів з використанням аспектно-орієнтованої технології /М. В. Ткачук, К. А. Нагорний, І. О. Мартінкус // Матеріали XVII міжн. науково-практ. конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», НТУ «ХПІ», Харків, 20–22 травня 2009. – С.34.
7. Ткачук М. В. Розробка адаптивних програмних систем на основі функціонально-орієнтованого підходу /М. В. Ткачук, К. А. Нагорний, М. М. Литвинчук / Матеріали XVII міжн. науково-практ. конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», НТУ «ХПІ», Харків, 20–22 травня 2009. – С.33.
8. Ткачук М. В. Про один підхід до структурної адаптації програмних систем на основі пост об'єктно-орієнтованих технологій / М. В. Ткачук, К. А. Нагорний //Тезисы докладов XI международной научно-технической конференции «Системный анализ и информационные технологии», НТУУ «КПИ», Киев, 26–30 мая 2009 г. – С. 577.
9. Ткачук М. В. Розробка архітектури CASE-засобу для дослідження пост об'єктно-орієнтованих технологій / М.В. Ткачук, К.А. Нагорний, В.О. Ананьев // Матеріали XIX Міжн. науково-практ. конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», НТУ «ХПІ», Харків, 1-3 червня 2011. – С. 29.
10. Нагорний К. А. Експериментальне дослідження ефективності пост об'єктно-орієнтованих технологій розробки програмних систем /К. А. Нагорний,

М. В. Ткачук, Ю. М. Жадан // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXII міжнародної науково-практичної конференції (15-17 жовтня 2014р., Харків)/ за ред. проф. ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л.Л. – Харків, НТУ «ХПІ». – С.15.

11. Tkachuk, M. Knowledge-based Approach to Effectiveness Estimation of Post Object-oriented Technologies in Software Maintenance / M. Tkachuk, K. Nagorniy and R. Gamzayev // Proceedings of the ICTERI-2015: 11th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Lviv, Ukraine, May 14-16, 2015, CEUR-WS.org/Vol-1356, pp.62–77.
12. Tkachuk, M. Models, Methods and Tools for Effectiveness Estimation of Post Object-Oriented Technologies in Software Maintenance / M. Tkachuk, K. Nagorniy and R. Gamzayev // V. Yakovyna et al. (Eds.): ICTERI 2015: Revised Selected Papers, Series title: Communications in Computer and Information Science, Vol. 594: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. – pp. 20–37.

АНОТАЦІЯ

Нагорний К. А. Моделі та інструментальні засоби супроводу програмних систем на основі пост об'єктно-орієнтованих технологій. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, Харків, – 2016.

У дисертаційній роботі вирішується актуальна науково-практична задача розробки моделей та інформаційних технологій для визначення ефективності використання пост об'єктно-орієнтованих технологій у процесі супроводу успадкованих програмних систем (УПС). Розглянуті особливості процесу супроводу УПС, розроблених на основі об'єктно-орієнтованого підходу та проаналізовано проблему виникнення наскрізної функціональності (НФ) в таких програмних системах. Проаналізовані найбільш розвинені на даний час пост об'єктно-орієнтовані технології (ПООТ), що мають на меті ізоляцію НФ в окремих програмних модулях та зменшення ступеня її розповсюдженості в УПС. Формалізовано задачу визначення коефіцієнту ефективності застосування ПООТ та запропоновано знання-орієнтований підхід до її вирішення. Розроблена алгоритмічна модель процесу експертної оцінки ефективності використання ПООТ. Запропонована модель багатовимірною інформаційного простору для визначення початкового стану УПС та визначення характеристик ПООТ. Розроблені архітектурні моделі для аналізу технологічних особливостей ПООТ, та визначення питомих витрат на їх застосування. Запропоновані метрики для комплексної оцінки рівня присутності НФ в УПС. Розроблений підхід до комплексної оцінки ефективності використання ПООТ. Розроблені методика та програмні засоби для експериментального дослідження запропонованого підходу, щодо визначення ефективності використання ПООТ в процесі супроводу УПС та

проаналізовані відповідні результати, дані практичні рекомендації щодо використання ПООТ для супроводу УПС.

Ключові слова: пост об'єктно-орієнтовані технології, успадкована програмна система, знання-орієнтований підхід, алгоритмічна модель, ефективність, наскрізна функціональність, метрики, нечітка логіка, CASE-засіб.

АННОТАЦИЯ

Нагорный К. А. Модели и инструментальные средства сопровождения программных систем на основе пост объектно-ориентированных технологий.
– На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина Министерства образования и науки Украины, Харьков, – 2016.

В диссертационной работе решается актуальная научно-практическая задача разработки моделей и информационных технологий для определения эффективности использования пост объектно-ориентированных технологий в процессе сопровождения унаследованных программных систем (УПС). Рассмотрены особенности процесса сопровождения УПС, разработанных на основе объектно-ориентированного подхода и проанализирована проблема возникновения сквозной функциональности (СФ) в таких программных системах. Проанализированы наиболее развитые на данный момент пост объектно-ориентированные технологии (ПООТ), предназначенные для снижения степени распространения СФ в УПС. Формализована задача определения коэффициента эффективности использования ПООТ и предложен знание-ориентированный подход к ее решению. Разработана алгоритмическая модель процесса экспертной оценки эффективности использования ПООТ. Предложена модель многомерного информационного пространства для определения начального состояния УПС и определения характеристик ПООТ. Разработаны архитектурные модели для анализа технологических особенностей ПООТ и определения удельных затрат на использование ПООТ. Предложены метрики для комплексной оценки уровня присутствия СФ в УПС. Разработан подход для комплексной оценки эффективности использования ПООТ. Разработаны методики и программные средства для экспериментального исследования предложенного подхода по определению эффективности использования ПООТ в процессе сопровождения УПС и проанализированы соответствующие результаты, даны практические рекомендации относительно использования ПООТ для сопровождения УПС.

Ключевые слова: пост объектно-ориентированные технологии, унаследованная программная система, знание-ориентированный подход, алгоритмическая модель, эффективность, сквозная функциональность, метрики, нечеткая логика, CASE-средство.

ABSTRACT

Nagornyi K. A. Models and tools for maintenance of program systems based on post object-oriented technologies. – Manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.13.06 — information technologies. — V. N. Karazin Kharkiv National University of Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, – 2016.

The actual scientific-applied problem to design models and information technologies for estimation of usage effectiveness of post object-oriented technologies (POOT) in legacy software systems (LSS) maintenance process. Issues of LSS, developed based on object-oriented approach, maintenance process were examined among which, a problem of the crosscutting functionality (CF) phenomenon emergence in LSS was focused on. Main POOT were analyzed: aspect-oriented software development (AOSD), feature-oriented software development (FOSD), context-oriented software development (COSD). POOT are based on object-oriented approach and have mechanisms for isolation of the CF source code of a basic functionality source code, and a posterior non-invasive injection it back. An issue of the effectiveness coefficient estimation of POOT usage was formalized. In order to solve it the knowledge-oriented approach was proposed based on the model of the multidimensional informational space, and it consist of four coherent issues, namely: Issue 1 – to elaborate an approach for initial LSS-type definition, based on its structural complexity and functional requirements (FR) state; Issue 2 – to elaborate a method for cost assessment on a program modification of an LSS with POOT usage; Issue 3 – construct metrics to estimate the CF-level in LSS; Issue 4 – to propose an approach for quantitative estimation of the final usage effectiveness of a specific POOT for a particular LSS-type taking into account solutions of 1-3 issues.

To resolve Issue 1, logic-linguistic approach was proposed for FR current state assessment and a motivated choice of an object-oriented metric collection for structural complexity calculation was done. Based on which a method of an LSS-type definition was proposed. In order to solve Issue 2 architectural models for technological features of POOTs were elaborated and proposed metrics and algorithms for cost estimation of an LSS modification with an appropriate POOT: AOSD, FOSD or COSD. For Issue 3 resolving a classification of CF was performed and a combined metric for CF-level in LSS was elaborated. Finally, to perform Issue 4 an algorithmic model for informational technology performing was introduced and the procedure for complex effectiveness estimation of POOT based on fuzzy-logic was elaborated.

Based on the elaborated algorithmic model and the effectiveness estimation procedure, the informational technology was elaborated. It includes the experimental technique and the integrated CASE-tool designed for complex effectiveness estimation of POOT's usage in LSS maintenance process. The obtained results were analyzed and practical advices were given concerning POOT's usage in LSS maintenance.

Keywords: post object-oriented technology, legacy software system, knowledge-based approach, algorithmic model, effectiveness, crosscutting functionality, metrics, fuzzy-logic, CASE-tool.