

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
"Харківський Політехнічний Інститут"

МАРТІНКУС ІРИНА ОЛЕГІВНА

УДК 004.051

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ
РОЗРОБКИ ЛІНІЙОК ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ
НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДОМЕННОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2018

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
Жолткевич Григорій Миколайович
Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, декан факультету
математики і інформатики

доктор технічних наук, професор
Левикін Віктор Макарович
Харківський національний університет
радіоелектроніки, завідувач кафедри
інформаційних управляючих систем

Захист відбудеться 2 березня 2018 року о 15.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.08 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м Харків, пр. Науки, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м Харків, пр. Науки, 14.

Автореферат розісланий «30» січня 2018 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

І.П. Плісс

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку інженерії програмного забезпечення (ПЗ), характеризується зростанням інтелектуальних підходів до створення нових проектних рішень та реалізації відповідних програмних систем (ПС). За умов постійного ускладнення функціональних задач, які мають бути вирішені шляхом використання цих систем, та розширення переліку предметних областей (ПрО) їх застосування, саме таким шляхом можуть бути зменшені витрати на розробку та супровід відповідного ПЗ. Це передбачає можливість побудови та подальшого ефективного використання вже не окремих ПС, а цілих сукупностей взаємопов'язаних складних програмних компонентів, які отримали назву лінійок програмних продуктів (ЛПП).

Одним з найбільш ефективних шляхів вирішення задачі побудови ЛПП є повторне використання (ПВ) різних проектних активів, таких як специфікації вимог до ПЗ, еталонних програмних архітектур, проектних патернів, вихідного коду. Для досягнення цієї мети в сучасній інженерії ПЗ широко застосовується концепція предметно-орієнтованого проектування, в якій центральне місце займає поняття доменної моделі (domain model) як засобу для концептуалізації та ПВ знань щодо предметної області (ПрО) розробки ПС. Створення ЛПП передбачає необхідність побудови доменної моделі (ДМ) для заданої ПрО, на основі якої, із використанням відповідних інструментальних засобів, можлива генерація каркасу програмного коду, який потім має бути основою для створення програмних компонентів повторного використання (КПВ). З методологічної точки зору, розробка ЛПП базується на концепції генерувального програмування, яка передбачає можливість застосування як різних методів побудови ДМ для заданої ПрО, так і відповідних технологічних середовищ створення, накопичення та контролю версій КПВ. Саме ці проблеми досліджуються та вирішуються в роботах таких відомих вітчизняних та закордонних вчених як І.В. Сергієнко, О.В. Палагін, М.С. Нікітченко, К.М. Лаврищева, Г.М. Жолткевич, Д.В. Федасюк, І. Соммервіль (I. Sommerville), К. Поль (K. Pohl), Е. Еванс (E. Evans) та інших фахівців.

Слід зазначити, що практичне застосування методів та засобів доменного моделювання як в процесах розробки нових ПС так і при супроводі успадкованих ПС (УПС) пов'язано з додатковими витратами часу та інших проектних ресурсів. Тому, зважаючи на це, а також беручи до уваги існування на цей час значної кількості альтернативних методів та інструментальних засобів для побудови ДМ, виникає проблема визначення ефективності використання певної технології доменного моделювання у відповідному проекті. Таким чином, постановка задачі дослідження цієї дисертаційної роботи є достатньо 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 методів та інструментальних засобів побудови доменних моделей (ДМ) у процесі розробки лінійок програмних продуктів (ЛПП) шляхом розробки та застосування інформаційної технології, яка поєднує в собі моделі, експертні методи, кількісні метрики та відповідні програмні рішення. Для досягнення цієї мети в роботі поставлені такі задачі:

- проаналізувати технологічні особливості процесів розробки ЛПП, у тому числі і таких, які створюються на основі успадкованих програмних систем (УПС), з урахуванням можливостей застосування в цих процесах методів та засобів побудови ДМ;

- запропонувати формалізований підхід та розробити відповідну алгоритмічну модель (АМ) для визначення ефективності застосування методів та засобів побудови ДМ в процесах розробки ЛПП;

- розробити метрики та метод для кількісної оцінки структурно-функціональної складності різних ДМ;

- розробити метод для кількісної оцінки ступеня повторного використання програмного коду, який отримано в процесі розробки ЛПП на основі побудови та опрацювання відповідної ДМ;

- запропонувати інформаційну технологію для реалізації розробленого формалізованого підходу до визначення ефективності застосування методів та інструментальних засобів побудови ДМ в процесах розробки ЛПП;

- реалізувати основні програмні компоненти інформаційної технології для практичного застосування запропонованого підходу в процесах розробки ЛПП;

- провести експериментальне дослідження працездатності запропонованого підходу та на основі аналізу отриманих результатів надати практичні рекомендації щодо підвищення ефективності використання ДМ в процесах розробки ЛПП.

Об'єктом дослідження є процеси розробки ЛПП із використанням методів та інструментальних засобів побудови та використання ДМ.

Предметом дослідження є моделі, методи та програмні засоби для оцінки ефективності застосування ДМ в процесах розробки ЛПП.

Методи дослідження базуються на застосуванні принципів сучасної програмної інженерії, зокрема на використанні кількісних метрик якості ПЗ, об'єктно-орієнтованих методах аналізу та синтезу ПЗ, а також на використанні базових положень теорії управління, математичного апарату теорії множин, експертних методів теорії прийняття рішень і застосуванні уніфікованої мови моделювання UML (Unified Modeling Language) та нотації побудови мап пам'яті (mind mapping) для аналізу вимог та синтезу проектних рішень.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. *Вперше* запропоновано алгоритмічну модель (АМ) процесу вибору методів доменного моделювання (МДМ) та інструментальних засобів при розробці ЛПП. АМ використовує оригінальний критерій ефективності, який визначається як відношення ступеню повторного використання (ПВ) згенерованого програмного коду до рівня структурно-функціональної складності відповідної доменної моделі (ДМ). Це дозволяє кількісно оцінити ефективність застосування альтернативних технологій

доменного моделювання як у разі розробки нових ЛПП, так і в процесі реінжинірингу успадкованих програмних систем (УПС);

2. *Отримали* подальший розвиток методи дослідження технологічних особливостей використання МДМ в процесах розробки ЛПП за рахунок використання запропонованого методу визначення структурно-функціональної складності ДМ, який на відміну від існуючих дозволяє врахувати не лише структурні елементи ДМ, але й її функціональність, а також різні типів зв'язків між структурними елементами ДМ;

3. *Отримали* подальший розвиток методи аналізу та визначення ступеня ПВ вихідного коду шляхом застосування сукупності метрик і обчислювальних алгоритмів, що дозволяє враховувати структурну складність програмних компонентів ЛПП ще на етапі їх проектування;

4. *Удосконалено* інформаційну технологію розробки ЛПП за рахунок розробки підходу до визначення ефективності застосування окремих методів та засобів доменного моделювання в процесах розробки ЛПП, який забезпечує можливість автоматизації процесів попереднього аналізу та оцінки ефективності альтернативних варіантів розробки нових компонентів ЛПП шляхом використання експертних методів у поєднанні із кількісними метриками обчислення рівня ПВ вихідного коду та метриками структурно-функціональної складності ДМ.

Практичне значення. На основі запропонованих моделей та методів доведених до інженерних методик та розробленої інформаційної технології реалізовано інструментальний CASE – засіб для автоматизації ряду процесів дослідження ефективності технологій доменного проектування. Розроблений інструментальний засіб дозволяє автоматизовано проводити розрахунки щодо визначення кількісних параметрів для коефіцієнту ефективності – структурно-функціональну складність ДМ та рівень ПВ коду. На аналіз програмному забезпеченню подається розроблена доменна модель (у XML-форматі) та згенерований каркас програмного коду. Інструментальний CASE – засіб розроблено із використанням мови програмування Java, та також додатково застосовувалася платформа JavaFX для реалізації графічного інтерфейсу та СКЖМ-бібліотека для розрахунку деяких метрик структурної складності ПЗ.

Розроблені в дисертаційній роботі моделі, методи та інструментальні засоби можуть бути використані для підвищення ефективності процесів розробки ЛПП із застосуванням методів побудови ДМ, у тому числі і на основі УПС. Запропонований комплексний підхід до оцінки ефективності використання ДМ і розроблені для його підтримки інструментальні програмні засоби були успішно використані для вирішення цих завдань в розробках по прикладній держбюджетній НДР МОН України, при виконанні ІТ-проектів в компаніях «Інтерпак – Інформаційні системи» (м. Харків) та Bitmedia e-Learning Solution GmbH & Co KG (м. Зальцбург, Австрія), а також впроваджені в навчальному процесі кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХПІ» в дисциплінах «Аналіз вимог до ПЗ», «Основи проектування ПЗ», «Моделювання та аналіз проблемно-орієнтованих програмних систем».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, викладені в дисертації, отримані здобувачем особисто. У роботах, які написано у співавторстві, особистий

внесок здобувача полягає у такому: розглянуті особливості аналізу та моделювання вимог в процесах супроводу УПС [1]; розроблено підхід до оцінки структурної складності УПС [2]; виконано аналіз існуючих підходів до трасування вимог в процесах розробки ПС на основі моделей ПрО [3], розроблені інструментальні засоби для автоматизації процесів отримання експертних оцінок показників пріоритетності та складності вимог до ПЗ [4]; розроблено метод оцінки ступеня ПВ програмного коду, який отримано шляхом генерації на основі ДС [5]; розроблена АМ процесу визначення ефективності МДМ та запропоновано метод оцінки структурно-функціональної складності ДМ [6]; запропонована технологічна схема розробки ЛПП із використанням МДМ [7], проведено аналіз існуючих моделей і технологій побудови ЛПП [8]; розроблені інструментальні засоби та отримані експериментальні дані щодо структурної складності програмного коду на основі ДМ [9]; запропонована технологічна схема розробки ЛПП на основі УПС із використанням МДМ [10], представлені результати експериментального дослідження запропонованого підходу [11].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати досліджень пройшли апробацію та одержали позитивну оцінку на 4th International United Information Systems Conference «UNISCON-2012» (Ялта, 2012); на XXI, XXIII Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я:», (Харків - 2014, 2016); на International conference INFORMATIK'2016 (Klagenfurt, Austria), на міжнародній науковій конференції «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» (Київ, 2016), а також на наукових семінарах кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХП», кафедри теоретичної та прикладної системотехніки Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна та кафедри інтелектуальних систем Харківського національного університету радіоелектроніки.

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 2 статті – у наукових періодичних іноземних виданнях (наукометрична база «Scopus»), і 4 публікації в матеріалах міжнародних конференцій та семінарів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з 2 анотацій на 15 сторінках, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 110 найменувань на 11 сторінках, 3 додатків на 12 сторінках, містить 42 рисунка та 19 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 162 сторінки.

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 розробки ЛПП, одне з

найбільш поширених визначень яких наведено в документах такої провідної міжнародної організації в сфері ІТ-технологій як Інститут програмної інженерії університету Карнегі - Мелона (США), а саме: ЛПП є сукупністю ПС, які мають загальний керований набір властивостей, що задовольняють специфічні потреби певного сегменту ринку або мають певне функціональне призначення, і які розроблені з єдиного набору базових активів у заздалегідь визначений спосіб. Саме за рахунок цих своїх властивостей застосування ЛПП забезпечує, зокрема, такі переваги у порівнянні з процесом виготовлення окремих ПС, як: зниження витрат на розробку, зменшення часу виходу програмного продукту на ринок, суттєве скорочення потреби у кількості розробників та деякі інші.

Показано, що в структурі типової ЛПП існують 3 групи її програмних компонентів, а саме: (i) постійні компоненти, (ii) варіабельні компоненти, тобто такі, що можуть бути налаштовані на специфічні особливості застосування того чи іншого продукту у складі цієї ЛПП, (iii) нові компоненти, які мають бути розроблені додатково для даної ЛПП, із урахуванням нових функціональних вимог користувачів. В свою чергу, для ефективної побудови та супроводу кожної групи компонентів (i)-(iii) одним з найбільш важливих на практиці чинників є можливість ПВ вихідного коду (source code reuse). Проаналізовано основні напрямки сучасних досліджень в області побудови ЛПП, до яких належать: управління вимогами при розробці ЛПП, розробка еталонних архітектур ЛПП, створення фреймворків для їх реалізації та супроводу та деякі інші. В той же час більш детальний аналіз показує, що до сих пір недостатньо опрацьованими залишаються такі важливі питання, як: дослідження показників структурної складності програмних компонентів ЛПП, що впливають на підвищення ступеня їх ПВ; розробка підходів до оцінки структурно-функціональної складності ДМ, на основі яких створюється відповідні ЛПП; визначення ефективності застосування альтернативних методів побудови ДМ при розробці відповідної ЛПП. Саме ця остання проблема є наслідком проява в галузі створення ЛПП такого загального явища в сучасній програмній інженерії як концепція забезпечення варіабельності (variability), тобто здатності певної ПС до розширення, конфігурування та налаштування її функціональності відповідно до нових потреб користувачів.

Для подальшого методологічного обґрунтування підходу до вирішення цієї задачі в роботі звернено увагу на важливу аналогію між проблемно-орієнтованим підходом до розробки ПС та добре відомим 3-рівневим представленням даних у процесах розробки БД, яка представлена схемою на рис.1. Суть її полягає в тому, що:

- для певної предметної області (ПрО), на основі її первинного опису, наприклад, у вигляді текстових специфікацій, створюється відповідна доменна модель (ДМ),

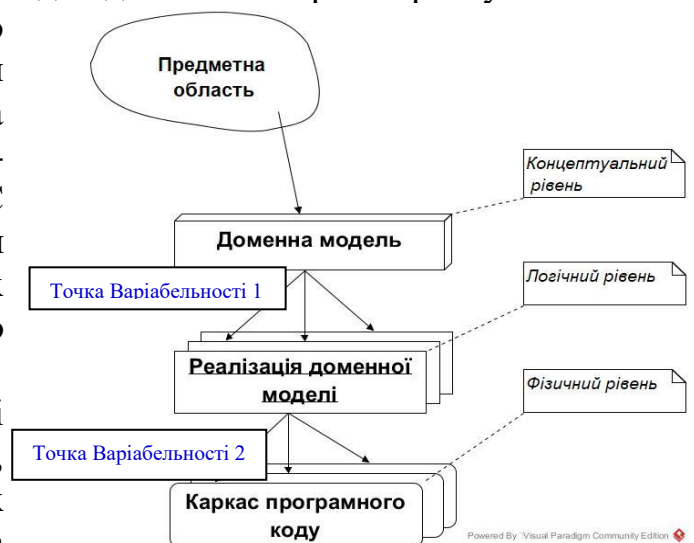


Рис. 1. 3-х рівнева схема застосування МДМ при розробці ПС

яка представляє собою концептуальний рівень моделювання функціональності відповідної ПС, і для цієї ДМ можливо побудувати декілька її реалізацій із застосуванням альтернативних методів доменного моделювання (МДМ), що, в свою чергу, представляє логічний рівень моделювання функціональності цієї ПС;

- для кожної реалізації ДМ за допомогою певного МДМ можливо, використовуючи інструментальні CASE-засоби, згенерувати цільовий каркас програмного коду (generated code framework), який представляє собою фізичний рівень моделювання ПС.

Ці висновки визначили актуальність і важливість розв'язання задач визначення ефективності застосування альтернативних методів побудови ДМ при розробці ЛПП та дозволили сформулювати постановку задачі дисертаційного дослідження. Вона спрямована на створення інформаційної технології розробки ЛПП, що дозволить оцінити ефективність різних методів за засобів доменного моделювання та забезпечити обрання такої МДМ, що буде найбільш ефективною для конкретної предметної області.

Другий розділ роботи присвячено розробці методологічних підходів до побудови модельно-технологічного інструментарію для оцінки ефективності застосування існуючих та перспективних методів побудови ДМ. З метою підтвердження висновку, зробленому у першому розділі щодо необхідності врахування проблем варіабельності при розробці ЛПП, представлена одна з можливих класифікацій існуючих МДМ, яка побудована за ознакою того проектного ресурсу, ПВ якого забезпечує застосування того чи іншого МДМ. В подальшому особливу увагу звернено на ті МДМ, що забезпечують ПВ саме програмного продукту, і які в свою чергу поділяються на методи ПВ: вимог до ПС, архітектурних рішень, активів та ПВ програмних компонентів. Також в роботі наведено результати порівняльного аналізу декількох найбільш поширених інструментальних CASE-засобів, які застосовуються для реалізації зазначених МДМ, включаючи можливість генерації програмного коду.

Враховуючи багатоваріантність можливого використання альтернативних МДМ та інструментальних засобів їх підтримки, з метою вирішення задачі визначення найбільш ефективного підходу до розробки ЛПП, в роботі запропоновано підхід до формалізації цієї задачі. Для цього сформульовані такі евристичні припущення:

Припущення 1. Існує певна множина МДМ (множина M):

$$(DMM)_i \in M, i = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

де DMM (DomainModelingMethod) - це ідентифікатор, що позначає окремий метод, який може бути застосовано для побудови ДМ. Також існує множина відповідних технологій T:

$$(DMT)_j \in T, j = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

де DMT (DomainModelingTechnology) – це ідентифікатор, що визначає певну технологію реалізації відповідного DMM. В результаті застосування певного DMM із відповідним DMT, для обраної Про можуть бути побудовані відповідні ДМ з множини D:

$$(DM)_{i,j} \in D, \quad (3)$$

де $DM_{i,j}$ (DomainModel) – це ДМ, яка була отримана в результаті застосування і-го

методу доменного моделювання та j -ї технології його реалізації.

Припущення 2. Доменні моделі з множини D мають різний рівень складності, тобто існує таке відображення ρ :

$$\rho: D \rightarrow DMC, \quad (4)$$

де DMC (DomainModelComplexity) - це множина можливих значень кількісного рівня структурно-функціональної складності доменних моделей.

Припущення 3. На основі кожної ДМ з множини D може бути отриманий відповідний каркас програмного коду, тобто існує таке відображення φ :

$$\varphi: D \rightarrow GCF, \quad (5)$$

де GCF (GeneratedCodeFramework) - це множина каркасів програмного коду, який може бути використаний для побудови СПС або ЛПП.

Припущення 4. Каркаси коду з множини GCF мають різний показник ступеню ПВ програмного коду (code reusability extent - CRE), тобто існує відображення σ :

$$\sigma: GCF \rightarrow CRE, \quad (6)$$

де CRE це множина можливих значень ступеню ПВ програмного коду.

Припущення 5. Коефіцієнт ефективності застосування певної ДМ при розробці або супроводі ПЗ може бути визначений як відношення ступеню ПВ програмного коду, який отримано із застосуванням цієї ДМ, до рівня її структурної складності:

$$K_{\text{Eff}} [(DM)_{i,j}, (GCF)_{i,j}] = \frac{(CRE)_{i,j}}{(DMC)_{i,j}}, \quad (7)$$

де K_{Eff} - це коефіцієнт ефективності, а змінні $(CRE)_{i,j}$ та $(DMC)_{i,j}$ визначаються за виразами (6) та (4) відповідно.

Зважаючи на складність отримання аналітичних виразів для визначення кількісних параметрів функціональної залежності (7), для створення модельно-технологічного інструментарію для оцінки ефективності застосування МДМ в процесах розробки ЛПП запропоновано підхід, який передбачає розробку АМ та експертних методів для структурування та обробки гетерогенних інформаційних ресурсів, необхідних для визначення змінних, які входять до виразу (7). Тоді методологічний підхід до вирішення задачі визначення ефективності застосування альтернативних МДМ в процесах розробки ЛПП можна представити за допомогою метафори багатовимірного інформаційного простору (БІП), графічна інтерпретація представлено на рисунку 2.

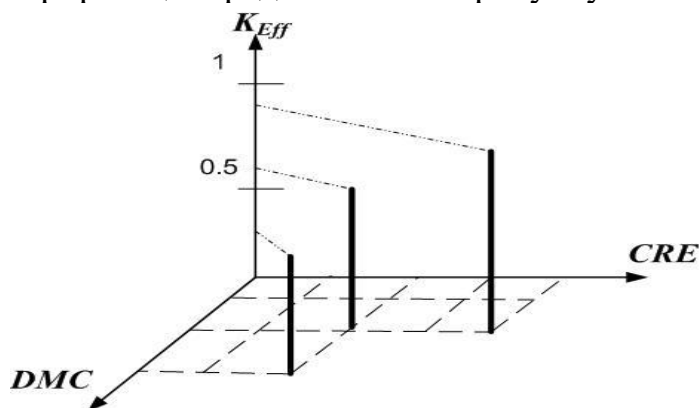


Рис. 2. - Графічна інтерпретація БІП для визначення ефективності застосування МДМ у процесах розробки ЛПП

Кожна вісь БІП представляє собою одну з трьох комплексних інформаційних характеристик, які є необхідними для кінцевої оцінки ефективності застосування, а саме:

- вісь абсцис містить показники структурно-функціональної складності доменних моделей DMC з їх множини D , яка визначена формулою (4);

- вісь ординат містить показники ступеня повторного використання CRE для згенерованих каркасів коду із множини GCF , яка подається за формулою (6);
- вісь абсцис репрезентує значення коефіцієнту ефективності використання відповідного МДМі - це є коефіцієнт K_{Eff} , (див. вираз (7)).

Наступним важливим питанням для розробки запропонованого методологічного підходу є дослідження структурно-логічних взаємозв'язків між показниками якості ПС, метриками її структурної складності та ступенем ПВ вихідного коду. Для структурування артефактів процесу ПВ, з можливістю подальшого якісного аналізу певних взаємозв'язків між ними, в роботі пропонується застосувати мапи пам'яті (mind map), які на відміну від більш формалізованих нотацій (таких, як UML, IDEF0 та ін.) дозволяють для будь-якої ПрО розробити їх семантичні моделі, тобто представити певні концептуальні сутності та їх зв'язки довільної природи. Така мапа пам'яті для загальної класифікації та аналізу основних чинників впливу на процес повторного використання ПЗ наведена на рисунку 3. Вона містить концепти та їх взаємозв'язки, що якісно описують будь-який процес повторного використання (Reuse), а саме:

- концепт *Область розробки* (Development scope) визначає, звідки отримані компоненти повторно використання (КПВ): з того самого проекту або з іншого;
- концепт *Підхід* (Approach) визначає, які саме технічні методи будуть застосовані для реалізації КПВ;
- концепт *Область домену* (Domain scope) визначає, де саме відбувається ПВ: у межах КПВ однієї ЛПП або між декількома ЛПП;
- концепт *Управління* (Management) визначає наскільки систематично проводиться процес ПВ;
- концепт *Повторно використана сутність* (Reused entity) визначає рівень та тип КПВ, серед яких для подальшого дослідження найбільш важливим є КПВ на рівні вихідного коду (Source Code).

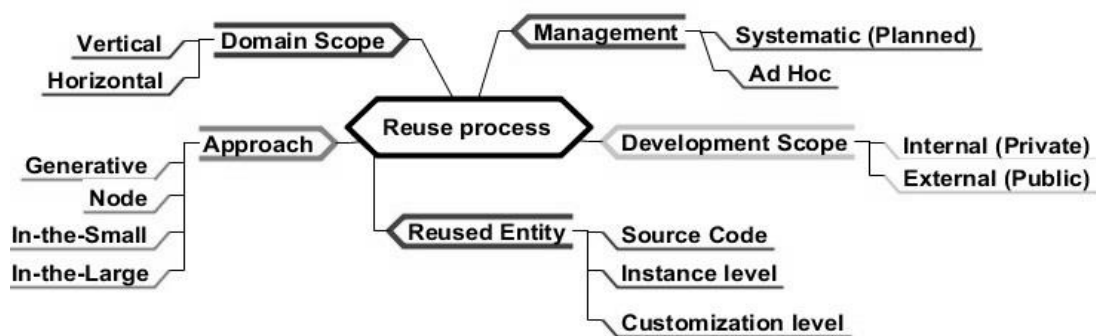


Рис. 3 - Структурна схема концептів процесу повторного використання ПЗ

Наступним етапом для кількісного визначення рівня ПВ коду CRE є визначення відповідної колекції метрик, і в роботі показано, що для цього є доцільним використання метрик структурної складності об'єктно-орієнтованого програмного коду, або ООП-метрик, до яких, зокрема, належать такі зважена насиченість класу (WMC), зчеплення між об'єктами (CBO), глибина дерева успадкування (DIT) та деякі інші. Перевага саме такого підходу полягає у тому,

що ці метрики можливо застосовувати вже на ранній стадії проектування ЛПП.

Узагальнюючи вищенаведені методологічні положення, для концептуалізації процесу розробки ЛПП на основі методів та засобів доменного моделювання в роботі запропоновано схему, яка представлена на рис. 4. Згідно неї процес розробки ЛПП пропонується розглядати як функціонування системи автоматизованого управління з контуром зворотного зв'язку, в якому як критерій оцінки якості управління використовується коефіцієнт ефективності застосування технологій доменного моделювання K_{Eff} . Основні її функціональні блоки взаємодіють у наступний спосіб:

- первинний опис певної ПрО як бізнес-вимоги користувачів (User stories) до функціональності майбутньої ЛПП слугує інформаційним базисом для побудови доменної моделі (DM) на концептуальному рівні;
- за допомогою МДМ (напр.: JODA, ODM, FODA та ін.) та відповідних CASE-засобів їх інструментальної підтримки (EMF, FeatureIDE, Actifsource), створюється реалізація ДМ (domain model realization – DMR) та генерується відповідний каркас програмного коду (CF);
- на основі опису DMR визначається кількісна оцінка структурно-функціональної складності доменної моделі DMC, а за каркасом програмного коду GCF визначається ступень ПВ коду CRE, які дозволяють кількісно оцінити коефіцієнт ефективності K_{eff} за виразом (7);

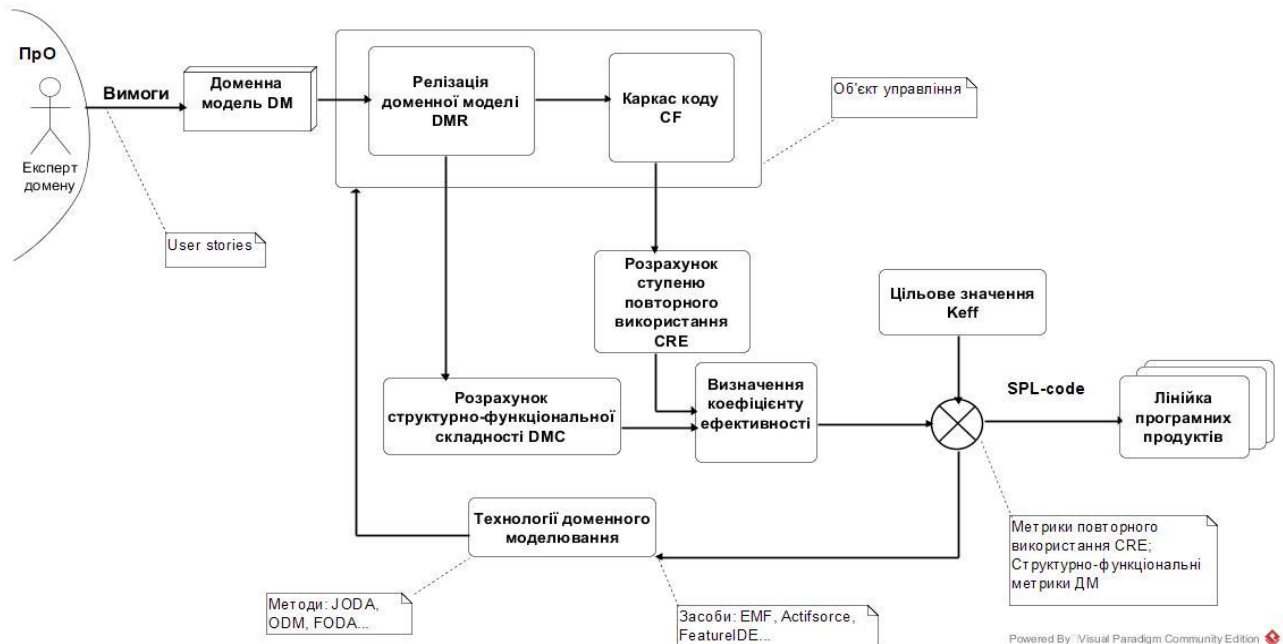


Рис. 4. – Концептуальна схема процесу розробки ЛПП на основі МДМ

Таким чином, механізм зворотного зв'язку у цій схемі представлено застосуванням альтернативної технології доменного моделювання, і за умови, коли критерій K_{eff} досягає свого цільового значення, відповідна технологія доменного моделювання обирається як найбільш ефективна для розробки ЛПП у даній ПрО.

Також слід зазначити, що окрім розробки ЛПП «з нуля», іншою важливою технічною задачею є створення ЛПП на основі успадкованої програмної системи (УПС), і тому в роботі запропоновано керований процес трансформації вже

існуючої УПС в відповідну ЛПП шляхом застосування МДМ для подальшого генерування програмних компонентів ЛПП із певним рівнем ПВ коду CRE.

В **третьому розділі**, на підставі методологічних засад, визначених у попередньому розділі, розроблені алгоритмічна модель, методи та загальна схема інформаційної технології, які забезпечують можливість отримання кількісних оцінок ефективності застосування відповідних МДМ у процесах розробки ЛПП.

У *першому підрозділі* запропонована АМ процесу експертного оцінювання ефективності застосування МДМ, яка має такий вигляд:

$$AM = \langle InfoBase.WorkFlow(Methods), Metrics \rangle, \quad (8)$$

де *InfoSpace* (Information Space) – це БІП моделі, *WorkFlow(Methods)* – алгоритми (workflow) реалізації експертних методів (Methods) оцінювання відповідних характеристик МДМ, *Metrics* – сукупність метрик визначення ступеню ПВ коду та структурно-функціональної складності ДМ (це, відповідно, величини *CRE* та *DMC* на схемі рис. 4).

Структура багатовимірного інформаційного простору *InfoSpace* визначається як кортеж:

$$InfoBase = \langle DMM, DMT, DM \rangle, \quad (9)$$

де *DMM* це множина методів побудови ДМ за виразом (1); *DMT* - множина технологій їх реалізації за виразом (2); *DM* – множина ДМ за виразом (3).

До методів оцінки ефективності *Methods* з виразу (8) належать:

- метод визначення ступеня повторного використання програмного коду CRE;
- метод визначення показника складності ДМ, який подано за виразом *DMC*;

В свою чергу, колекція метрик *Metrics* з виразу (8) складається з:

- групи ООП-метрик оцінки структурної складності програмного коду, які застосовуються для аналізу каркасів, отриманих шляхом генерації на основі відповідної ДМ за виразом (5);
- множини метрик оцінки ступеня повторного використання коду *CRE*, який потім має бути використаним для побудови відповідних ЛПП;
- сукупності метрик оцінки складності моделей з множини *DM* за виразом (4)
- метрики визначення коефіцієнту ефективності застосування певної ДМ при розробці або супроводі ЛПП, яка подана за виразом (7).

У *другому підрозділі* розроблено метод визначення структурно-функціональної складності ДМ, який реалізує відображення ρ (див. вираз (4)) і в роботі введено визначення для таких понять як класи (class) та зв'язки (relationship) певної ДМ, серед яких: асоціація (Association - As), агрегація (Aggregation - Ag), композиція (Composition - Cm) та успадкування (Inheritance - In). Цей метод передбачає послідовне виконання наступних кроків:

Крок 1. Розрахунок складності окремого класу ДМ. Враховуючи те, що вплив функціональних властивостей класу є більш вагомим на загальну складність ДМ, складність кожного класу ДМ можна отримати за допомогою наступного виразу:

$$CC = K_{PC} * PC + K_{FPC} * FPC \quad (10)$$

де *CC* (ClassComplexity) – це параметр, що кількісно визначає загальну структурно-функціональну складність відповідного класу ДМ; *PC* (PropertyComplexity) – це параметр, що визначає складність властивостей класу (складність його структури);

FPC (FuncPropertyComplexity) – це параметр, що визначає складність функціональних властивостей класу.

Аналогічно, кількісно вплив на складність класу його «простих» (тобто атомарних) атрибутів та їх колекцій може бути представлена наступним виразом

$$PC = K_{STP} * (\#STP) + K_{CTP} * (\#CTP) \quad (11)$$

де #STP (SimpleTypeProp) – це кількість властивостей будь-яких «простих» типів (не колекцій); #CTP (CollectionTypeProperty) – кількість властивостей будь-яких типів колекцій.

Відповідні вагові конфіденти для кожної із формул визначаються експертним шляхом (наприклад за допомогою методу попарних порівнянь):

$$K_{PC} = 0.3 \quad K_{FPC} = 0.7 \quad K_{STP} = 0.4 \quad K_{CTP} = 0.6.$$

Згідно з тим, що визначення ДМ передбачає лише сигнатуру її функцій, то для визначення їх впливу на загальну складність окремого класу пропонується такий вираз:

$$FPC = \#FP \quad (12)$$

де #FP (FunctionalProperty) – це кількість функціональних властивостей (операцій) відповідного класу.

Крок 2. Розрахунок складності зв'язків ДМ. Відповідно до визначеної множини зв'язків ДМ (As, Ag, Cm, In) на цьому кроці застосовуються наступні вагові коефіцієнти для кожного типу зв'язків між класами ДМ:

$$W_{As} = 0.1, W_{Ag} = 0.2, W_{Cm} = 0.3, W_{In} = 0.4 \quad (13)$$

з урахуванням яких загальну складність зв'язків у певній ДМ пропонується отримати за допомогою такого виразу:

$$RC = W_{As} * (\#As) + W_{Ag} * (\#Ag) + W_{Cm} * (\#Cm) + W_{In} * (\#In) \quad (14)$$

де RC (RelationalComplexity) - це параметр, який визначає загальну складність зв'язків у ДМ; #As - це кількість зв'язків типу асоціації; #Ag - це кількість зв'язків типу агрегації; #Cm кількість зв'язків типу композиції; #IR - це кількість зв'язків типу наслідування.

Крок 3. Розрахунок загальної структурно-функціональної складності ДМ. Для фінальної оцінки структурно-функціональної складності ДМ пропонується наступний вираз:

$$DMC = K_C \times (\#Class) \times CC + K_{RC} \times RC, \quad (15)$$

де DMC – це параметр, що визначає загальну структурно-функціональну складність ДМ, #Class – кількість класів у цій ДМ, а вагові коефіцієнти $K_{RC} = 0.3$ $K_C = 0.7$ для кожного типу компонентів ДМ визначаються експертним шляхом, наприклад, із застосуванням методу аналізу ієрархій

Сукупність аналітичних виразів (10) – (15) визначає алгоритм реалізації методу визначення структурно - функціональної складності відповідної ДМ, який є складовою частиною АМ, що подана за виразом (8).

У *третьому підрозділі* розроблено метод визначення ступеня ПВ програмного коду, який реалізує відображення σ (див. вираз (6)). Для цього було визначено множину ООП-метрик структурної складності, які застосовуються потім для визначення ступеня ПВ коду, а саме: зважена насиченість класу (WMC), зчеплення між об'єктами (CVO), глибина дерева успадкування (DIT), відгук для методів

класу (RFC), кількість нащадків класу (NOC). За наявними статистичними даними з реальних проектів було визначено ступінь впливу значень кожної конкретної метрики на загальне ПВ. Запропонований метод визначення CRE передбачає виконання наступних кроків:

Крок 1. Визначення множини метрик для визначення рівня ПВ коду :

$$CRM = [WMC, RFC, DIT, NOC, CBO]. \quad (16)$$

Крок 2. Розрахунок кількісних значень обраних метрик CRM. На основі отриманих значень метрик формується множина значень

$$E = [E_1 \dots E_i] \quad (17)$$

Крок 3. Визначення вагового коефіцієнту для кожної метрики методом парних порівнянь (pairwise comparison method – PCM):

$$K=[K_1 \dots K_i] \quad (18)$$

Крок 4. Застосування методу комплексної оцінки (Integrated assessment method - IAS) для отримання коефіцієнтів:

$$W=[W_1 \dots W_i] \quad (19)$$

Крок 4.1. Подання оцінок альтернатив у безрозмірному вигляді за наступними правилами: для критеріїв, які підлягають максимізації, всі оцінки об'єктів за даним критерієм діляться на максимальну оцінку; для критеріїв, які підлягають мінімізації, з оцінок за даним критерієм вибирається мінімальна, і вона ділиться на всі оцінки об'єктів за даним критерієм; для якісних, тобто не кількісних, а вербальних критеріїв, відбувається перехід до їх еквівалентних числових оцінок в діапазоні [0,1]. Отримані значення формують матрицю

$$P = [P_{ij}], \quad i = 1..n, j = 1..m \quad (20)$$

де, n – кількість критеріїв, m – кількість альтернатив.

Крок 4.2. Визначення ваг критеріїв, які відображають розкид критеріїв.

Крок 4.2.1. Визначення середньої оцінки за кожним критерієм

$$P_i = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N p_{ij}, \quad i = 1..M, \quad (21)$$

де, M – кількість критеріїв, N – кількість альтернатив, p_{ij} – безрозмірні оцінки.

Крок 4.2.2. Визначення величини розкиду за кожним критерієм

$$R_i = \frac{1}{N \cdot P_i} \cdot \sum_{j=1}^N |P_{ij} - P_i|, \quad i = 1..M \quad (22)$$

Крок 4.2.3. Визначення суми величини розкиду оцінок

$$R = \sum_{i=1}^M R_i \quad (23)$$

Крок 4.2.4. Визначення ваг критеріїв, які відображають розкид оцінок

$$Z_i = \frac{R_i}{R}, \quad i = 1..M \quad (24)$$

Крок 5. Визначення узагальнених ваг критеріїв

$$W_i = \frac{K_i + Z_i}{2}, \quad i = 1..M \quad (25)$$

Крок 6. Формування комплексних метрики для визначення рівня повторного використання

- у разі, якщо достатня кількість експертів: $CRE_{PCM} = \sum_{i=1}^m K_i \times E_i \quad (26)$

- у разі, якщо кількість експертів мінімальна, але є можливість отримати тестові розрахунки за критеріями: $CRE_{IAS} = \sum_{i=1}^m W_i \times E_i \quad (27)$

- у разі, якщо немає можливості застосувати експертні оцінки і доступ лише до тестових розрахунків критеріїв: $CRE_{MATH} = \sum_{i=1}^m Z_i \times E_i \quad (28)$

У четвертому підрозділі представлено загальну схему прикладної інформаційної технології, що поєднує розроблені в роботі моделі, методи та інструментальні засоби, і яка у вигляді спрощеної структурної діаграми в нотації IDEF0 наведена на рисунку 5. Вона складається з 7 функціональних блоків (ФБ), відповідно до правил нотації IDEF0 кожний такий ФБ $A1, A2 \dots A7$, основними з яких є наступні: $A1$: «Конструювання ДМ» - для цього функціональні вимоги Про мають бути описані та подані у формі Історій Користувача (UserStories), а результатом роботи є сама ДМ; $A2$: «Генерація вихідного коду» - на основі побудованої ДМ виконується генерація каркасу вихідного коду; $A3$: «Аналіз структурної складності вихідного коду» - результатом виконання цього ФБ є кількісні показники відповідних ООП - метрик; $A4$: «Визначення складності класів та зв'язків ДМ» - результатом виконання цього ФБ є кількісні показники СС та RC; $A5$: «Оцінка структурно-функціональної складності ДМ» - результатом виконання цього ФБ є кількісне значення DMC; $A6$: «Визначення ступеня повторного використання коду CRE» - результатом виконання цього ФБ є кількісний показник CRE; $A7$: «Оцінка ефективності застосування технологій доменного моделювання» - результатом виконання цього ФБ метод та засіб доменного моделювання з найвищим значенням коефіцієнту ефективності.

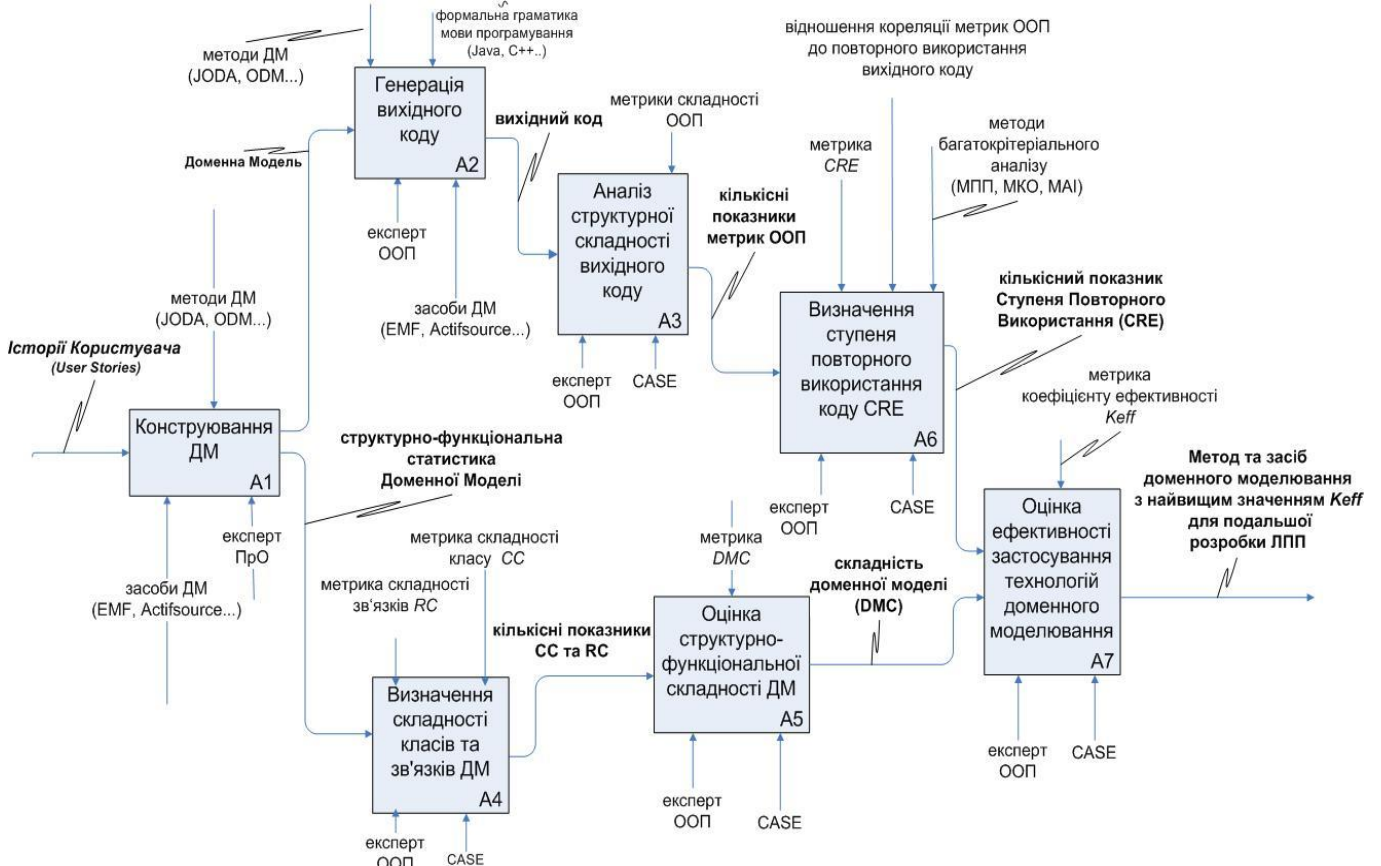


Рис. 5 – Прикладна інформаційна технологія для реалізації запропонованого підходу

Запропонована інформаційна технологія дає можливість отримати комплексну кількісну оцінку ефективності застосування різних методів за засобів доменного моделювання та забезпечити обрання таких, що будуть найбільш ефективні для розробки ЛПП в конкретній предметній області.

Четвертий розділ дисертації містить опис інструментальних програмних засобів, які реалізують основні функціональні блоки розробленої інформаційної технології, а також методика та результати аналізу обчислювальних експериментів, які проведені з метою дослідження працездатності та ефективності запропонованого підходу. Для реалізації цієї технології розроблено програмний CASE-засіб, який поєднує в собі основні функціональні можливості для підтримки всіх етапів процедури оцінки МДМ та додаткові можливості: збереження даних у БД системи та графічні 2-D інтерфейси для візуалізації отриманих результатів. Із використанням цього CASE-засобу були здійснені обчислювальні експерименти, методика проведення яких передбачала порівняльний аналіз застосування 2-х альтернативних МДМ та засобів їх реалізації: ODM (Organizational Domain Modeling) і JODA (Joint integrated avionics Object oriented Domain Analysis, та інструментальних CASE-засобів EMF (Eclipse Modeling Framework) та Actifsource.

На першому етапі експерименту з використанням цих засобів були побудовані тестові ДМ, для кожної з них були згенеровані каркasi вихідного програмного коду, для яких потім обчислені відповідні значення метрик їх структурної складності WMC, CBO, DIT, RFC, і NOC. На підставі значень цих метрик методика експерименту передбачала обчислення значення рівня ПВ коду CRE за такою формулою:

$$CRE_{IAS} = 0,2552 * WMC + 0,1389 * RFC + 0,3032 * DIT + +0,1899 * NOC + 0,1128 * CBO,$$

де відповідні коефіцієнти були визначені з застосуванням методу аналізу ієрархій.

На наступному етапі експерименту для тестових ДМ були обчислені показники їх структурно-функціональної складності, а потім відповідні значення коефіцієнтів ефективності застосування засобів ODM / EMF і JODA / Actifsource. Результати цих обчислень у відносних одиницях представлені на рисунку 6.

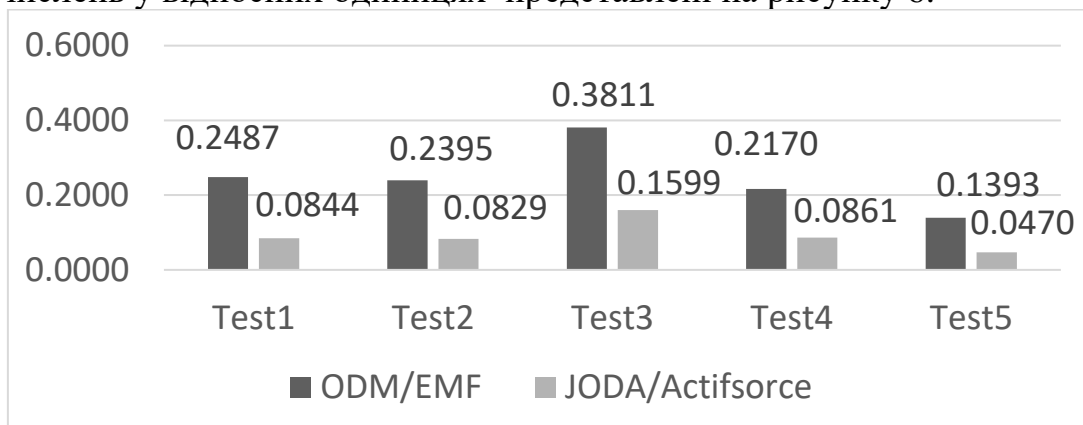


Рис. 6 – Результати обчислення коефіцієнту ефективності застосування МДМ

Аналіз отриманих експериментальних результатів показав, що для всіх експериментів з 2-ма обраними технологіями доменного моделювання ODM/EMF та JODA/Actifsource зберігається стала тенденція переваги застосування саме технології ODM / EMF, що свідчить про достатню валідність запропонованого підходу до визначення коефіцієнту ефективності альтернативних методів доменного моделювання за критерієм ступеня ПВ отриманого програмного коду. Зазначено, що шляхом застосування цього підходу можливо забезпечити обрання такої технології доменного моделювання, яка забезпечує зростання значення коефіцієнту ефективності її використання в 1.4 - 1.9 рази, в залежності від

структурно-функціональної складності ДМ, яка була побудована для обраної предметної області.

У **додатках** до дисертації наведені документи про використання результатів дисертаційної роботи, список опублікованих праць та документація щодо розробленого програмного засобу.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі поставлена та вирішена актуальна науково-практична задача розробки інформаційної технології, яка складається з моделей, методів та інструментальних засобів для підвищення ефективності використання МДМ у процесах розробки ЛПП. Внаслідок виконаних досліджень отримано такі наукові та практичні результати:

1. Розглянуто методологічні принципи та технологічні особливості процесів розробки ЛПП, у тому числі і тих, які створюються на основі УПС, з урахуванням можливостей застосування в цих процесах методів та засобів побудови доменних моделей (ДМ).

2. Побудована класифікація та виконано порівняльний аналіз існуючих методів розробки ДМ та відповідних інструментальних засобів для їх реалізації.

3. Досліджено методологічний взаємозв'язок таких чинників як показник супроводжуваності програмних компонентів ЛПП, рівень їх структурної складності та ступінь повторного використання вихідного коду.

4. Запропоновано формалізований підхід до визначення ефективності застосування методів та засобів побудови ДМ в процесах розробки ЛПП і розроблені метрики та процедура для кількісної оцінки структурно-функціональної складності різних ДМ.

5. Вперше запропоновано АМ процесу вибору методів доменного моделювання (МДМ) та інструментальних засобів при розробці ЛПП. АМ на відміну від існуючих, використовує оригінальний критерій ефективності, який визначається як відношення ступеню ПВ згенерованого програмного коду до рівня структурно-функціональної складності відповідної ДМ. Це дозволяє кількісно оцінити ефективність застосування альтернативних технологій доменного моделювання як у разі розробки нових ЛПП, так і в процесі реінжинірингу УПС.

6. Отримали подальший розвиток методи дослідження технологічних особливостей використання методів доменного моделювання в процесах розробки ЛПП за рахунок використання запропонованого методу визначення структурно-функціональної складності доменних моделей, який на відміну від існуючих дозволяє врахувати не лише структурні елементи ДМ, але й її функціональність, а також різні типів зав'язків між елементами ДМ.

7. Отримали подальший розвиток методи аналізу та визначення ступеня ПВ вихідного коду шляхом застосування сукупності метрик і обчислювальних алгоритмів, що дозволяє враховувати структурну складність програмних компонентів ЛПП;

8. Удосконалено інформаційну технологію розробки ЛПП за рахунок розробки підходу до визначення ефективності застосування окремих методів та засобів

доменного моделювання в процесах розробки ЛПП, який забезпечує можливість автоматизації процесів попереднього аналізу та оцінки ефективності альтернативних варіантів розробки нових компонентів ЛПП шляхом використання експертних методів у поєднанні із кількісними метриками обчислення рівня повторного використання вихідного коду та метриками структурно-функціональної складності ДМ.

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

10. Проведено експериментальне дослідження розробленого підходу та на основі аналізу отриманих результатів зроблено мотивований висновок, що шляхом застосування запропонованого підходу є можливим забезпечити обрання альтернативних технологій доменного моделювання при розробці ЛПП, що в кінцевому рахунку забезпечує зростання коефіцієнту ефективності використання доменних моделей в 1.4 – 1.9 рази.

11. 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 «Інтерпак – Інформаційні системи», ТОВ (м. Харків) та Bitmedia e-Learning Solution GmbH & Co KG (м. Зальцбург, Австрія).

12. Отримані в дисертаційній роботі результати також були запроваджені в навчальному процесі кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХПІ» в дисциплінах «Аналіз вимог до ПЗ», «Основи проектування ПЗ», «Моделювання та аналіз проблемно-орієнтованих програмних систем».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ткачук Н.В., Нагорный К.А., Мартинкус И.О. Методика оценки динамической сложности требований в процессах сопровождения унаследованных программных систем. Вісник Національного технічного університету "ХПІ" Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. Харків: НТУ "ХПІ". 2010. № 67. с.116-125.

2. Tkachuk M., Martinkus I. Models and Tools for Multi-dimensional Approach to Requirements Behavior Analysis / ed. H.C. Mayr et al. UNISCON 2012, LNBIP 137: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. pp. 191-198. (Входить до міжнародної наукометричної бази SCOPUS)

3. Гамзаев Р. О., Ткачук Н. В., Мартинкус И. О. Мета-модель процесса трассировки требований при разработке программного обеспечения. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Х: НТУ «ХПІ» 2014. № 26 (1069). с.121-128

4. Tkachuk M.V., Gamzaev R.A., Martinkus I.O., Ianushkevych S.D. Methods and Tools for Dynamic Requirements Catalog Management in Agile Software Development. Вісник Національного технічного університету "ХПІ" Серія: Системний аналіз,

управління та інформаційні технології. Харків: НТУ "ХПІ". 2015. № 52(1058). с.11-18

5. Tkachuk, M., Martinkus, I., Gamzayev, R., Tkachuk A. An Integrated Approach to Evaluation of Domain Modeling Methods and Tools for Improvement of Code Reusability in Software Development / ed. Heinrich C. Mayr, Martin Pinzger. INFORMATIK 2016. Lecture Notes in Informatics (LNI). Vol. P-259: Kollen Druck+Verlag GmbH, Bonn, 2016. pp. 143-156. (Входить до міжнародної наукометричної бази SCOPUS)

6. Мартінкус І.О., Ткачук М.В., Гамзаєв Р.О. Конструювання лінійок програмних продуктів із застосуванням доменного моделювання та метрик повторного використання коду. Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. пр. ЦНДІ НУ. К., 2017. Вип. 3(43). с. 93-97.

7. Ткачук М.В., Мартінкус І.О., Нагорний К.А., Гамзаєв Р. О. Про один підхід до оцінки ефективності застосування методів доменного моделювання при розробці сімейств програмних систем. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2017. №5(54), с. 45-54

8. Мартінкус І.О., Гамзаєв Р.А., Ткачук Н.В. Модели и технологии разработки линейок программных продуктов. 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.13.

9. Martinkus I.O., Gamzayev R.A, Tkachuk, M. V. Towards Effectiveness Assessment of Domain Modeling Approaches to Software Development. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції, (21-22 травня 2016р., Харків) / за ред. проф. Сокола Є.І. Харків, НТУ «ХПІ». С.25.

10. Ткачук М.В., Гамзаєв Р.О., Мартінкус І.О. Підхід до розробки лінійок програмних продуктів на основі успадкованих програмних систем із використанням методів доменного моделювання. Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем: матеріали міжнародної наукової конференції, м. Київ, 5-9 грудня 2016р. / редкол. М.С. Нікітченко, Л.Б. Буй та ін. Кіровоград, «Центр оперативної поліграфії «Авангард». 2016. с. 236-241.

11. Мартінкус І.О. Інформаційна технологія розробки та супроводу лінійок програмних продуктів на основі методів та засобів доменного моделювання. Сучасні інформаційні технології. Матеріали засідань школи-семінару за 2016-2017 н. р. Харків: ХНУ імені Каразіна, 2017. с.24-28.

АНОТАЦІЯ

Мартінкус І.О. Інформаційна технологія розробки лінійок програмних продуктів на основі методів та засобів доменного моделювання. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Міністерство освіти і науки

України, Харків, 2017.

У дисертаційній роботі вирішується актуальна науково-практична задача створення інформаційної технології для підвищення ефективності застосування методів та засобів доменного моделювання (ДМ) в процесах розробки лінійок програмних продуктів (ЛПП). Формалізовано задачу визначення коефіцієнту ефективності застосування технологій ДМ і запропоновані концептуальні схеми розробки ЛПП з використанням альтернативних технологій ДМ як з «нуля» та на основі успадкованих програмних систем. Розроблені АМ процесу оцінки ефективності використання технологій ДМ, метод визначення ступеня ПВ вихідного коду та метод аналізу структурно-функціональної складності ДМ, а також прикладна інформаційна технологія для реалізації підходу до оцінки ефективності застосування ДМ. Створена методика та реалізовано програмний CASE-засіб для проведення експериментального дослідження запропонованого підходу, проаналізовані отримані результати, які підтвердили його працездатність, а також надані практичні рекомендації щодо використання альтернативних методів та засобів ДМ при розробці ЛПП.

Ключові слова: програмне забезпечення, проблемно-орієнтована розробка, доменна модель, лінійка програмних продуктів, повторне використання, алгоритмічна модель, структурна складність, ефективність, метрика, CASE-засіб.

АННОТАЦІЯ

Мартинкус И.О. Информационная технология разработки линеек программных продуктов на основе методов и средств доменного моделирования. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2017.

В диссертационной работе решается актуальная научно-практическая задача создания информационной технологии для повышения эффективности применения методов и средств доменного моделирования (ДМ) в процессах разработки линеек программных продуктов (ЛПП). Формализовано задачу определения коэффициента эффективности применения технологий ДМ и предложены концептуальные схемы разработки ЛПП с использованием альтернативных технологий ДМ как с «нуля» и на основе унаследованных программных систем. Разработана АМ процесса оценки эффективности использования технологий ДМ, метод определения степени повторного использования исходного кода и метод анализа структурно-функциональной сложности ДМ, а также прикладная информационная технология для реализации подхода к оценке эффективности применения ДМ. Создана методика и реализовано программное CASE-средство для проведения экспериментального исследования предложенного подхода, проанализированы полученные результаты, которые подтвердили его работоспособность, а также даны практические рекомендации по использованию альтернативных методов и средств

ДМ при разработке ЛПП.

Ключевые слова: программное обеспечение, проблемно-ориентированная разработка, доменная модель, линейка программных продуктов, повторное использование, алгоритмическая модель, структурная сложность, эффективность, метрика, CASE-средство.

ABSTRACT

Martinkus IO Information technology for the development of software product lines based on methods and tools of domain modeling. - Manuscript.

Candidate of technical science thesis on the specialty 05.13.06 - Information Technologies. – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Ministry of Education Science of Ukraine, Kharkiv, 2017.

An actual scientific-applied problem of models and information technology design to increase effectiveness usage of domain modeling methods (DMM) and tools (DMT) in Software Product Lines (SPL) development process. A key artefact in this process is the Domain Model (DM). Modern methods and technologies of SPL-development and features and features of their usage were examined, and revealed some of their disadvantages. A special attention is paid to the reuse problem as a way to development effectiveness increase in such SPL-projects. Structural and logical interrelations between the software quality, structural complexity metrics and code reusability extent (CRE), were analyzed and generalized. An interrelation between CRE and degree of DM complexity has been analyzed as well and appropriate formal definitions and heuristic rules concerning this issue were introduced. To solve this problem it is proposed an approach based on the multidimensional information space model which consist of four coherent issues, namely: Issue 1 - to elaborate an algorithmic model for efficiency usage coefficient of DMM and DMT assessment; Issue 2 – to elaborate a method for Domain Model Complexity (DMC) estimation; Issue 3 – to construct corresponding algorithm and appropriate metric for CRE-estimation; Issue 4 – to propose an approach for quantitative estimation of the final effectiveness usage of DMM and DMT. Novel conceptual schemes for SPL-design based on DMM and DMT were proposed: for new SPL-development and for SPL established on Legacy Software System (LSS). This schemes are applied to produce certain CRE level.

To perform Issue 1, it is introduced an algorithmic model to assess effectiveness usage coefficient of various methods and tools for DM, which consists of an information basis, set of DM methods (algorithms) and collection of several numerical metrics. This model enables to take into account both, structure-functional complexity of any DM and CRE of a code framework, which can be generated based on this DM. In order to solve Issue 2, method of DMC definition is proposed, which considers such elements as: main structural elements of domain model with their characteristics, functional properties, interconnection between DM-objects and types of such interconnections. To fulfill Issue 3, the algorithm and appropriate metric for CRE-estimation were designed. Finally, to accomplish Issue 4, an approach for quantitative estimation of the final effectiveness usage of DMM and DMT was elaborated.

Based on the designed algorithmic model and the effectiveness estimation procedure,

the corresponding information technology was elaborated. It includes an experimental technique and the integrated CASE-tool, designed for complex effectiveness estimation of DMM and DMT usage in SPL-development process. Obtained results were analyzed and practical advices were given concerning alternative DMM and DMT usage in LSS-design.

Keywords: software, problem-oriented development, domain model, software product line, reuse, algorithmic model, structural complexity, efficiency, metric, CASE-tool.