

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу **Мартінкус Ірини Олегівни** «ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ЛІНІЙОК ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДОМЕННОГО МОДЕЛЮВАННЯ», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми досліджень. Розвиток інженерії програмного забезпечення (ПЗ) на протязі останніх десятиріч характеризується постійним зростанням питомої ваги інтелектуальних підходів до створення нових типів складних програмних систем (ПС), оскільки саме вони, як очікується, можуть забезпечити зменшені витрати на розробку та супровід програмного забезпечення. При цьому треба також враховувати сталу тенденцію розширення множини предметних областей (ПрО) таких ПС, і ця обставина передбачає необхідність побудови та подальшого ефективного використання вже не окремих ПС, а цілих сукупностей взаємопов'язаних складних програмних комплексів, до яких, в першу чергу, відносяться лінійки програмних продуктів (software product lines).

Одним з загальновизнаних підходів до ефективної побудови лінійки програмних продуктів (ЛПП) є повторне використання різних проектних активів (project assets), таких як специфікації вимог до ПЗ, еталонних програмних архітектур, патернів, та, в кінцевому рахунку, і вихідного коду. Для досягнення цієї мети в сучасній інженерії ПЗ широко застосовується концепція предметно-орієнтованого проектування (domain-driven design), в якій центральне місце займає поняття доменної моделі (domain model) як засобу для концептуалізації та повторного використання знань щодо 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.

Вочевидь, що практичне застосування методів та засобів доменного моделювання в процесах розробки ЛПП пов'язано з додатковими витратами



часу, обчислювальних та інших проектних ресурсів. Враховуючи це, а також беручи до уваги існування наразі значної кількості різноманітних альтернативних методів та інструментальних засобів для побудови ДМ, виникає проблема оцінки ефективності їх застосування в процесах створення ЛПП.

Таким чином, актуальною науково-технічною задачею є розробка методів, моделей та програмного інструментарію, які поєднуються у вигляді сучасної інформаційної технології оцінки ефективності застосування методів та засобів доменного моделювання в процесах створення лінійок програмних продуктів. Це, в свою чергу, підтверджує актуальність та практичну значимість наукового дослідження, проведеного Мартінкус І. О., основні положення якого викладені у цій дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості та достовірності нових наукових положень, отриманих в дисертаційній роботі. Сформульовані в роботі наукові положення та висновки базуються на ретельному вивченні та аналізі новітніх інформаційних джерел, зокрема, значного обсягу матеріалів закордонних і вітчизняних міжнародних конференцій за темою дисертації. Обґрунтованість та достовірність сформульованих наукових положень, результатів та висновків базуються на використанні концепцій прикладного системного аналізу, методів об'єктно-орієнтованого аналізу та синтезу ПЗ з використанням уніфікованої мови моделювання UML (Unified Modeling Language), нотації мап пам'яті (mind mapping), а також на використанні: математичного апарату загальної теорії множин, експертних методів для розробки моделей та процедур оцінки ефективності окремих методів доменного моделювання.

Оцінка змісту дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У *вступі* обґрунтовано актуальність обраної теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження, визначені об'єкт, предмет і методи досліджень, а також наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведені дані щодо апробації результатів дисертації на міжнародних науково-практичних конференціях та кількості публікацій за темою дисертаційної

роботи. Наведено відомості щодо впровадження отриманих результатів.

У *першому розділі* на основі огляду сучасних інформаційних джерел розглянуто особливості процесів розробки ЛПП, показано, що в структурі типової ЛПП існують 3 групи її програмних компонентів, а саме: постійні компоненти, варіабельні компоненти, 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 з цих груп компонентів одним з найбільш важливих на практиці чинників є можливість повторного використання (ПВ) вихідного коду. Проаналізовано основні напрямки сучасних досліджень в області побудови ЛПП, і показано, що до сих пір недостатньо опрацьованими залишаються такі 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. Ці висновки визначили актуальність і важливість розв'язання задач визначення ефективності застосування альтернативних методів побудови ДМ при розробці ЛПП та дозволили здобувачеві сформулювати постановку задачі дисертаційного дослідження.

У *другому розділі* запропоновано методологічний підхід до побудови модельно-технологічного інструментарію оцінки ефективності застосування існуючих та перспективних методів та засобів побудови ДМ. Для цього представлена одна з можливих класифікацій існуючих МДМ, 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 наведено результати порівняльного аналізу декількох найбільш поширених інструментальних CASE-засобів, які застосовуються для реалізації зазначених МДМ.

Формалізація задачі оцінки ефективності застосування альтернативних методів та засобів побудови ДМ проводиться здобувачем шляхом введення 5

евристичних припущень, на основі яких визначається поняття коефіцієнту ефективності застосування певної ДМ як відношення ступеню ПВ програмного коду, який отримано із застосуванням цієї ДМ, до рівня її структурно-функціональної складності. Зважаючи на складність отримання аналітичних виразів для визначення цього коефіцієнту запропоновано підхід, який передбачає розробку сукупності експертних методів для структурування та обробки гетерогенних інформаційних ресурсів та пропонується метафора багатовимірного інформаційного простору. Досліджено структурно-логічні взаємозв'язки між показниками якості ПЗ, метриками його структурної складності та ступенем повторного використання вихідного коду. Розроблено концептуальні схеми розробки ЛПП з використанням методів доменного моделювання як з «нуля», так і на основі успадкованих ПС (УПС).

У третьому розділі на підставі запропонованих методологічних засад розроблені конкретні моделі, методи та загальна схема інформаційної технології, які забезпечують можливість отримання кількісних оцінок ефективності застосування відповідних МДМ у процесах розробки ЛПП. Для цього запропонована алгоритмічна модель процесу експертного оцінювання ефективності застосування МДМ, до складу якої належать модель БП, алгоритми реалізації експертних методів та сукупність метрик визначення ступеню ПВ коду та структурно-функціональної складності ДМ

Розроблені метод визначення структурно-функціональної складності ДМ та метод визначення ступеня ПВ програмного коду, які поєднуються у загальну схему прикладної інформаційної технології, представлена у вигляді структурної діаграми в нотації IDEF0 і складається з 7 функціональних блоків, що в кінцевому рахунку дає можливість отримати комплексну кількісну оцінку ефективності застосування МДМ при створенні ЛПП.

У четвертому розділі дисертаційної роботи представлено опис інструментальних програмних засобів, які реалізують основні функціональні блоки розробленої інформаційної технології, а також методику та результати аналізу обчислювальних експериментів, які проведені з метою дослідження працездатності та ефективності запропонованого підходу. Для реалізації цієї

технології здобувачем розроблено оригінальний програмний CASE-засіб, з використанням якого були здійснені обчислювальні експерименти для порівняльного аналізу ефективності 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. Наведені результати аналізу отриманих експериментальних результатів, які показали стали тенденцію переваги застосування саме технології ODM / EMF. Крім того, визначено, 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, що була побудована для обраної предметної області.

У додатках до дисертації наведено акти впровадження результатів дослідження, список публікацій здобувача та приклади документації з розробки інструментального програмного засобу для оцінки ефективності застосування технологій доменного проектування.

Дисертація викладена якісною технічною мовою з додержанням стилю, притаманного науковому тексту.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій. Вивчення та аналіз змісту і результатів дисертаційної роботи дає змогу зробити висновок, що автором отримані такі нові наукові результати:

1. Вперше запропоновано алгоритмічну модель процесу вибору методів доменного моделювання та інструментальних засобів при розробці лінійок програмних продуктів. Алгоритмічна модель, на відміну від існуючих, використовує оригінальний критерій ефективності, який визначається як відношення ступеню повторного використання згенерованого програмного коду до рівня структурно-функціональної складності відповідної доменної моделі. Це дозволяє кількісно оцінити ефективність застосування альтернативних технологій доменного моделювання як у разі розробки нових лінійок програмних продуктів, так і в процесі реінжинірингу успадкованих

програмних систем;

2. Отримали подальший розвиток методи дослідження технологічних особливостей використання методів доменного моделювання в процесах розробки лінійок програмних продуктів за рахунок використання запропонованого методу визначення структурно-функціональної складності доменних моделей, який на відміну від існуючих дозволяє врахувати не лише структурні елементи доменної моделі, але й її функціональність, а також різні типів зв'язків між структурними елементами доменної моделі;

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

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

Практичне значення отриманих результатів. В результаті проведених досліджень у дисертаційній роботі реалізовано інструментальний CASE – засіб для автоматизації 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, і а кінцевому результаті - мотивовано обирати відповідний метод доменного моделювання для його застосування при розробці відповідної ЛПП. Цей інструментарій може застосовуватися в

ІТ-компаніях, що розробляють як нові такі програмні продукти, так і ті, що створюються на основі успадкованих програмних систем

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях. За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, серед них 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 2 статті у наукових періодичних закордонних виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, та 4 публікації в матеріалах міжнародних конференцій та семінарів.

Всі наведені в дисертації положення та результати повністю викладені в опублікованих наукових працях. Зміст автореферату відповідає змісту дисертації.

Відповідність дисертації паспорту спеціальності. Тема і зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології за пунктами:

- п. 8 «Побудова інформаційних технологій для ефективного розроблення програмного забезпечення комп'ютерних мереж і систем розподіленої обробки даних»;
- п.10 «Моделювання предметних галузей інформаційних систем (аналітичне, імітаційне, інфологічне, об'єктно-орієнтоване тощо) на підґрунті створення та застосування відповідних інформаційних технологій.»

Зауваження щодо змісту дисертації. Відзначаючи новизну, важливість, якість та повноту одержаних наукових та практичних результатів, слід навести і недоліки щодо змісту дисертації, до яких відносяться наступні:

1. У першому розділі тексту роботи (підрозділи 1.1 – 1.3) здобувачкою розглянуто деякі характерні властивості побудови та функціонування лінійок програмних продуктів (ЛПП), які є одним з основних об'єктів дослідження цієї дисертації. Однак при цьому не вказано на те, що наразі вже існує і досить стрімко розвивається такий новий клас цих систем як динамічні ЛПП (dynamic software product line), і з тексту роботи не є зрозумілим, чи може бути застосовано запропонований підхід в процесах розробки саме таких програмних продуктів.

2. У другому розділі дисертації (підрозділ 2.1, стор. 50) запропонована одна з можливих класифікацій методів доменного моделювання і для подальшого дослідження обрані такі з них як JODA (Joint Integrated Avionics Object-Oriented Domain Analysis) та ODM (Organizational Data Modeling). Але при цьому здобувачем враховуються лише наявність для цих методів більш-менш розвинутого технічного інструментарію і не звертається увага на деякі інші їх суттєві характеристики як, наприклад, базова нотація для побудови ДМ, кількість етапів, які необхідні для побудови та реалізації ДМ, ступінь деталізації ДМ у відповідності до ПрО та інш.

3. Також у другому розділі роботи (підрозділ 2.2, стор. 62-64) розроблено формалізований підхід до визначення ефективності альтернативних методів доменного моделювання, який уможливує отримання кількісного значення відповідного коефіцієнту (формула (2.7), стор. 64). Але при цьому здобувачем не визначені такі важливі питання цього підходу як визначення розмірності цього коефіцієнту та міркування щодо шкали його виміру.

4. У третьому розділі дисертації (підрозділ 3.1) запропонована алгоритмічна модель процесу визначення ефективності методів доменного моделювання, у складі якої розроблено експертний метод визначення ступеня повторного використання програмного коду (підрозділ 3.3). На його заключному етапі виконується конструювання кількісної метрики за трьома варіантами в залежності від проектної ситуації (стор. 95, вирази (3.32) – (3.34)): коли є достатня кількість експертів; коли кількість експертів мінімальна, але є можливість отримати результати тестових розрахунків; і коли немає можливості застосувати експертні оцінки і лише є доступ до тестових розрахунків. Але при цьому в роботі відсутні рекомендації, яка саме кількість експертів є достатньою для прийняття рішення у цьому випадку.

5. У четвертому розділі дисертації представлено розроблений програмний комплекс для реалізації обчислювальних експериментів, і зокрема, наведена UML - діаграма його компонентів (рис. 4.4 на стор. 114). Але здобувачем при цьому не розглянуто технологічні питання інтеграції цього інструментарію з іншими програмними засобами, які також мають бути використані для

автоматизації всіх етапів запропонованої інформаційної технології (рис. 3.5, стор. 100), таких, як наприклад CASE-засоби для підтримки обраних методів доменного моделювання: методів JODA та ODM відповідно.

Загальні висновки. Враховуючи якість одержаних нових наукових результатів, їх значення для теорії та практики, вважаю: представлена дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, що розв'язує актуальну науково-технічну задачу розробки інформаційної технології, яка поєднує в собі моделі, методи та програмні інструментальні засоби для оцінки ефективності застосування методів доменного моделювання в процесах розробки лінійок програмних продуктів. Робота виконана на високому теоретичному рівні і містить нові науково обґрунтовані та апробовані на практиці результати.

Наведені вище недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Вважаю, що за обсягом проведених досліджень, науковим рівнем та практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота повністю відповідає вимогам пунктів 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567 щодо кандидатських дисертацій, а її авторка, Мартінкус Ірина Олегівна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент:

декан факультету математики і інформатики
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна,
доктор технічних наук, професор



Г. М. Жолткевич

" 15 " 02 2018 року

Підпис професора Жолткевича Г. М. засвідчую:

Начальник відділу кадрів Харківського
національного університету імені В. Н. Каразіна,
доктор педагогічних наук, професор




С. М. Куліш

2018 року