

## ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук **Левикіна Віктора Макаровича**

на дисертаційну роботу

**Мартінкус Ірини Олегівни**

### «ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ЛІНІЙОК ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДОМЕННОГО МОДЕЛЮВАННЯ»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

#### 1. Актуальність теми дослідження

Сучасна інженерія програмного забезпечення (ПЗ) потребує нових підходів для зменшення витрат на розробку та супровід програмних систем (ПС). Це зумовлено ускладненням функціональних задач, які вирішують ці ПС та зростанням кількості предметних областей (ПрО) в яких ці ПС застосовуються. Одним із можливих шляхів вирішення цих задач є підвищення рівня повторного використання (ПВ) програмних компонентів. В свою чергу це передбачає можливість побудови вже не тільки окремих ПС, а цілих сукупностей взаємопов'язаних складних програмних компонентів, які отримали назву лінійок програмних продуктів (ЛПП).

Для ефективної реалізації ПВ в сучасній розробці застосовується концепція предметно-орієнтованого проектування (domain-driven design – DDD), ключовим артефактом якої є доменна модель (ДМ) як засобу для концептуалізації та повторного використання знань щодо ПрО. Для проектування ЛПП необхідно розробити відповідну ДМ для заданої ПрО, на основі якої, із застосуванням відповідних інструментальних засобів, можливо згенерувати каркас програмного коду, який потім стає основою для створення програмних компонентів повторного використання. Наразі існує певна множина методів та засобів, які реалізують концепцію DDD для впровадження ПВ. Тому перед розробниками ЛПП постає важлива проблема вибору методу проектування ДМ та відповідного програмного засобу для її реалізації та генерації каркасу коду. Одним із ключових критеріїв вибору є очікуваний рівень ПВ. Але цей вибір суттєво залежить від ПрО для якої ця ЛПП розробляється, тому при виборі необхідно враховувати також специфіку ПрО, яку відображає доменна модель.

Тому можна обґрунтовано стверджувати, що науково-технічна задача, яка вирішується в дисертаційній роботі Мартінкус І.О., а саме: розробка моделей





та інструментальних засобів вибору методів та засобів доменного проектування у процесі розробки ЛПП, є актуальною та практично значущою.

## **2. Мета і задачі дослідження**

Метою досліджень дисертаційної роботи Мартінкус І.О. є підвищення ефективності використання методів та інструментальних засобів побудови доменних моделей (ДМ) у процесі розробки лінійок програмних продуктів (ЛПП) шляхом застосування розробленої 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.

## **3. Структура дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань на інформаційні джерела та трьох додатків.

У вступі автором обґрунтовано актуальність проблеми, визначені мета та задачі, об'єкт та предмет дисертаційного дослідження, наукова новизна та практична цінність отриманих результатів.

В *першому розділі* розглянуто сучасні проблеми та особливості створення ЛПП, а також оглянуто причини виникнення сучасних технологій їх проектування. Проаналізовано типову структуру ЛПП та її основні компоненти (серед яких відокремлюють 3 основні типи) - постійні, варіабельні та нові компоненти. На основі огляду літературних джерел наведено характеристику



кожної із груп компонентів типової структури ЛПП. Спираючись на результати сучасних досліджень провідних фахівців та міжнародних організацій в сфері ІТ-технологій та програмної інженерії показана необхідність створення ДМ для ефективного та якісного проектування ЛПП. Також на основі цього аналізу визначена актуальність задачі підвищення повторного використання проектних активів для зростання ефективності проектування ЛПП та вплив структурно-функціональної складності ДМ за загальну ефективність застосування методів та засобів доменного проектування. Всі ці висновки дозволили здобувачеві мотивовано сформулювати актуальність дослідження, його головну мету та задачі які необхідні вирішити в рамках дисертаційної роботи.

*Другий розділ* присвячено розробці методологічних основ побудови моделей та інструментальних технологічних засобів для оцінки ефективності використання технологій доменного моделювання в процесах розробки ЛПП. В цьому розділі наведено аналіз та класифікацію сучасних методів доменного моделювання (МДМ) та інструментальних засобів їх реалізації.

Для формалізації задачі визначення ефективності застосування методів та засобів доменного проектування були введено відповідні 5 евристичних припущень, головним серед яких є припущення щодо головних артефактів розробки ЛПП. На основі цих припущень запропоновано поняття коефіцієнту ефективності, який визначається як відношення рівня ПВ згенерованого коду до структурно-функціональної складності ДМ. Для моделювання ефективності застосування технологій доменного моделювання запропоновано 3-х вимірний інформаційний простір. Проаналізовано та узагальнено структурно-логічні зв'язки між показниками якості ПЗ, метриками структурної складності та показниками ПВ коду, які було показано на запропонованих здобувачем «mind-mapping» схемах. Завдяки цьому було обрано відповідну множину метрик для подальшого визначення рівня ПВ коду. Також в другому розділі було запропоновано 2 концептуальні схеми розробки ЛПП із використанням методів та засобів доменного моделювання: «з нуля» (ця схема розглядається як система автоматизованого управління з контуром зворотного зв'язку) та на основі успадкованих програмних систем.

*У третьому розділі*, на основі запропонованих у попередньому розділі методологічних принципів побудови модельно-технологічного інструментарію для оцінки ефективності застосування методів та засобів доменного моделювання в процесах розробки ЛПП та на основі запропонованого підходу, розроблена відповідна алгоритмічна модель процесу експертної оцінки ефективності. Ключовими складовими цієї АМ є запропоновані здобувачем методи та метрики для визначення рівня ПВ коду та структурно-функціональної складності ДМ, які в свою чергу дозволяють визначити загальну ефективність відповідного методу та засобу доменного моделювання, із якими було побудовано відповідну ДМ та згенеровано каркас коду. Розроблена процедура



комплексної оцінки ефективності використання методів та засобів доменного моделювання, а також представлена загальна схема прикладної інформаційної технології для автоматизації виконання всіх основних етапів запропонованого підходу.

В *четвертому розділі* розглянуто питання програмної реалізації інструментальних засобів для експериментальної перевірки працездатності запропонованих моделей та процедур для визначення ефективності використання методів та засобів доменного моделювання в процесах розробки ЛПП. Наведено опис предметної області, яку застосовано для експериментального дослідження, висвітлені питання розробки архітектури, бази даних та основних програмних компонентів CASE-засобу для реалізації запропонованої інформаційної технології. Представлено методiku проведення обчислювальних експериментів, вхідні дані, приклади виконання розрахунків окремих етапів, результати аналізу отриманих результатів та практичні рекомендації щодо ефективного застосування існуючих методів та засобів доменного моделювання при розробці ЛПП. На основі результатів експериментального дослідження визначено, що шляхом застосування запропонованого підходу оцінки ефективності та відповідного вибору технологій доменного моделювання можливо забезпечити обрання такої технології доменного моделювання, яка забезпечує зростання значення коефіцієнту ефективності її використання в 1.4 - 1.9 рази.

У *додатках* до дисертації наведено акти використання результатів дослідження, список публікацій здобувача та приклади документації по розробці інструментального програмного засобу для оцінки ефективності застосування технологій доменного проектування.

#### **4. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Сформульовані в роботі наукові положення, висновки та рекомендації базуються на детальному вивченні та критичному аналізі новітніх інформаційних джерел, зокрема, значного обсягу матеріалів закордонних та вітчизняних міжнародних конференцій за темою дисертації. Обґрунтованість та достовірність сформульованих наукових положень, результатів, висновків і рекомендацій базуються на використанні сучасного модельно-технологічного інструментарію, зокрема, на використанні принципів прикладного системного аналізу та теорій множин – для формалізації задачі визначення ефективності застосування технологій доменного моделювання та розробки алгоритмічної моделі; методів доменного моделювання та принципів генеруючого програмування - для дослідження та розробки підходів до розробки ЛПП на основі методів доменного моделювання; принципів об'єктно - орієнтованого аналізу – для розробки методу визначення структурно-функціональної



складності доменних моделей; методів багатокритеріального аналізу, кількісних метрик оцінки структурних та функціональних характеристик програмних систем – для розробки методу визначення ступеня повторного використання програмного коду.

### **5. Наукова новизна отриманих результатів**

Наукова новизна дисертації визначається наступними отриманими здобувачем і наведеними в роботі теоретичними та практичними положеннями:

- *Вперше* запропоновано алгоритмічну модель процесу вибору методів доменного моделювання та інструментальних засобів при розробці ЛПП, яка використовує оригінальний критерій ефективності, що 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 ЛПП, так і в процесі реінжинірингу успадкованих програмних систем;

- *Отримали* подальший розвиток методи дослідження технологічних особливостей використання МДМ 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 доменної моделі, але й її функціональність, а також різні типів зв'язків між її структурними елементами;

- *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 ЛПП ще на етапі їх проектування;

- *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 доменної моделі.

### **6. Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях та апробація дисертації**

Результати досліджень викладені в 11 наукових працях, у тому числі в 5 статтях у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 2 статтях у наукових періодичних іноземних виданнях (наукометрична база «Scopus»), і 4 публікаціях в матеріалах міжнародних конференцій та семінарів.

Основні положення та результати досліджень пройшли апробацію та одержали позитивну оцінку на 4<sup>th</sup> 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 Національного технічного університету «ХПІ», Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Харківського національного університету радіоелектроніки.

В опублікованих працях достатньо повно викладені основні результати роботи. В роботі чітко визначено особистий внесок здобувача, належність йому основних результатів дисертаційного дослідження.

### **7. Практична цінність роботи**

Отримані в роботі теоретичні результати доведені до працюючих алгоритмів, процедур та відповідного програмного забезпечення, які використані при виконанні держбюджетної НДР МОН України, проектів в ІТ-компанії Bit media e-learning solution GmbH & Co KG (м. Грац, Австрія) та в компанії ТОВ «Інтерпак – Інформаційні системи» (м. Харків) та в навчальному процесі кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХПІ», що підтверджено відповідними актами та довідками про використання цих результатів.

### **8. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації і автореферату**

Робота та автореферат написані грамотно, з використанням сучасної наукової термінології. Стиль викладення результатів теоретичних та практичних досліджень, наукових положень і висновків забезпечує доступність їх сприйняття і використання. Автореферат здобувача повністю відповідає змісту дисертації. Оформлення дисертаційної роботи і автореферату, в цілому, відповідає вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

### **9. Зауваження до дисертації**

Відзначаючи наукову новизну, практичну значимість високу якість та повноту одержаних теоретичних та практичних результатів, слід навести і недоліки дисертації, до яких, на мій погляд, належать наступні:

1. У першому розділі тексту роботи (підрозділ 1.3) здобувачем розглянуто проблеми повторного використання проектних активів в процесах розробки лінійок програмних продуктів, і у якості одного з ключових позитивних показників визначається ступінь повторного використання вихідного коду. Але при цьому ні в цьому підрозділі, а також і потім, у другому розділі роботи, при поданні формальних виразів для визначення цього показника (це формули (2.5)



- (2.6) на стор. 63) не обговорюється проблема того, наскільки цей код є коректним і не пропонуються будь-які заходи щодо забезпечення його тестування та ін.

2. У другому розділі роботи (підрозділ 2.4) наведена концептуальна схема розробки ЛПП із використанням методів доменного моделювання на основі існуючої успадкованої програмної системи (рис. 2.12 на стор. 73). Відповідно до неї на початку цього процесу має бути прийняте проектне рішення стосовно того, чи є достатньо повний перелік функціональних вимог до цільової ЛПП, на підставі чого потім виконуються 2 альтернативних процеси її побудови. Але при цьому здобувач не пропонує конкретної процедури визначення ступеня повноти множини цих вимог, для чого було б доцільно задіяти відповідні методи та метрики їх валідації.

3. У третьому розділі дисертації (підрозділ 3.2) при розробці методу визначення структурно-функціональної складності доменних моделей враховуються різні типи структурних зв'язків та властивостей (або атрибутів) доменного класу (вирази (3.10) – (3.11) на стор. 83). Але при цьому при оцінці складності функціональних складових відповідного класу (це (3.12) на стор. 84) не враховується різний рівень складності функцій, що можуть бути представлені у цьому класі.

4. Слід також зазначити, що у третьому розділі роботи, у більшості методів, які розроблені у складі запропонованої здобувачем алгоритмічної моделі (вираз (3.1) на стор. 77), для визначення вагових коефіцієнтів використовуються виключно експертні методи, що, в цілому, робить цей підхід суттєво залежним від досвіду експертів та процедур узгодження їх оцінок.

5. Здобувачем отримані експериментальні результати оцінки ефективності застосування різних методів доменного моделювання (що наведені у таблиці 4.15 на сторінці 134) за критерієм рівня повторного використання отриманого програмного коду. Але в роботі не представлено оцінок щодо зниження тривалості та вартості розробки лінійки програмних продуктів.

Вказані вище зауваження не мають принципового значення, скоріше носять методичний та технічний характер, і не зменшують наукову та практичну цінність результатів цієї роботи.

### **ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК**

Дисертація Мартінкус І.О. є завершеною науково-дослідною роботою, в якій отримані нові обґрунтовані оригінальні теоретичні і експериментальні результати, що у сукупності є досить суттєвими для галузі сучасної програмної інженерії, і, зокрема, в питаннях розробки лінійок програмних продуктів із застосуванням методів та засобів доменного моделювання. Робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології, а саме напрямку: п.8 – побудова інформаційних технологій для ефективного розроблення програмного забезпечення комп'ютерних мереж і систем розподіленої обробки

даних, та п.10 – моделювання предметних галузей інформаційних систем (аналітичне, імітаційне, інфологічне, об'єктно-орієнтоване тощо) на підґрунті створення та застосування відповідних інформаційних технологій.

Наведені вище зауваження не впливають суттєвим чином на позитивний висновок відносно достатньо високого наукового рівня дисертації. За актуальністю розглянутих задач, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота «Інформаційна технологія розробки лінійок програмних продуктів на основі методів та засобів доменного моделювання» Мартінкус І.О. повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013р. № 567, а її автор, Мартінкус Ірина Олегівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

**Офіційний опонент:**

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

Левикін В.М

**Підпис Левикіна В.М завіряю:**  
Вчений секретар Вченої ради  
Харківського національного університету  
радіоелектроніки  
кандидат технічних наук, доцент



Магдаліна І.В.