

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету «Львівська політехніка»  
доктору технічних наук, професору  
Литвину Василю Володимировичу

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, професора Пукаса Андрія Васильовича  
на дисертаційну роботу **Луцка Іллі Ігоровича**  
«Методи та засоби створення адаптивних програмних систем на основі  
онтологій»  
подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення»  
(галузь знань 12 «Інформаційні технології»)

### **1. Актуальність теми**

Сучасні тенденції до використання програмних систем, які здатні динамічно налаштовуватись в процесі їх використання, актуалізують проблему розробки відповідних методів та алгоритмів, що забезпечують механізми адаптації функціональності без необхідності повторної конфігурації та інтеграційного тестування всієї системи. Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання онтологічних моделей у формуванні архітектури програмної системи та динамічного завантаження програмних модулів.

У порівнянні з традиційними методами, проектування програмних систем на основі використання онтологічного моделювання забезпечує можливість зміни функціональності із врахуванням накопичених знань про методи та варіанти адаптації програмної системи до зміни вимог. Проте, попри доведену загальну ефективність використання онтологічного підходу для проектування адаптивних систем, актуальним є завдання розробки методів побудови моделей програмних систем та визначення їх налаштувань на основі онтологічних правил та зв'язків. У цьому контексті важливою є розробка механізмів, які дозволять

уніфікувати процес динамічної адаптації програмних систем для різних предметних областей.

Зазначена проблематика зумовлює актуальність теми дисертаційного дослідження Луцка Іллі Ігоровича, присвяченого розв'язанню науково-практичної задачі вдосконалення процесів проєктування та розроблення програмних систем, що забезпечують можливість динамічної адаптації її компонент до нових вимог користувача.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота відповідає науковому напряму кафедри програмного забезпечення Національного університету “Львівська політехніка” – програмне та математичне забезпечення автоматизованих систем. Дисертаційні дослідження виконувалися в межах кафедральної науково-дослідної роботи «Розробка адаптивних програмних систем з використанням онтологічного підходу» (державний реєстраційний номер 0124U004349).

## **3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка розв'язує актуальне науково-прикладне завдання розробки методів створення адаптивних програмних систем на основі онтологій. Основними науковими здобутками дисертанта слід відзначити наступні:

*вперше:*

– розроблено метод побудови моделі адаптивної програмної системи на основі онтологічного підходу, що дозволяє враховувати особливості понять та зв'язків предметних областей під час проєктування програмного засобу та забезпечує можливість динамічного формування його системних характеристик;

– розроблено метод визначення налаштувань програмної системи на основі онтологічних правил та зв'язків, використовуючи інформацію про вимоги та потреби користувача, що дає змогу опрацювати семантичні правила для окремих понять онтологічної моделі, а також забезпечує зменшення тривалості опрацювання інформації та скорочує процес адаптації програмної системи;

*удосконалено:*

– метод динамічної адаптації функціональності програмної системи та інтерфейсу користувача, який на відміну від наявних методів, дає змогу враховувати інформацію про поточний активний пристрій та проводити модифікацію компонент відповідно до нових вимог чи потреб користувача без необхідності повторної конфігурації та розгортання програмних систем;

– метод використання брокерів повідомлень у процесі адаптації програмного забезпечення, що, у поєднанні з горизонтальним масштабуванням онтологічної моделі, дозволяє зменшити навантаження на сервіс адаптації за рахунок розподілу запитів до бази знань;

*отримала подальший розвиток:*

– технологія створення адаптивних програмних систем на основі онтологічного підходу, яка, на відміну від уже наявних, усуває статичність структури онтологічної моделі та дає змогу уніфікувати процес адаптації програмних систем для різних предметних областей.

#### **4. Короткий аналіз основного змісту дисертації**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, які розкривають процес дослідження, отриманих висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено об'єкт та предмет дослідження, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, представлено дані про апробацію та публікацію результатів дисертаційної роботи.

У **першому розділі** «Сучасний стан та технології створення адаптивних програмних систем» розкрито проблему, принципи та технології створення адаптивних програмних систем. Розглянуто підходи до створення адаптивних інтерфейсів користувача на основі використання онтологічних моделей предметної області. Визначено проблеми використання існуючих методів динамічної адаптації функціональності програмної системи та можливості застосування онтологічного підходу для покращення цього процесу.

Проаналізовано та наведено групу метрик для оцінки якості онтології, що дають змогу оцінити онтологічну модель з точки зору ергономіки, структури моделі, залежностей між компонентами а також наповнення бази знань.

У **другому розділі** «Методи адаптації програмних систем на основі онтологічних моделей» запропоновано методи побудови моделі програмної системи та визначення налаштувань на основі потреб користувача. Отримані результати вказують на те, що для забезпечення адаптивності програмної системи, об'єкти предметної області необхідно виділяти в абстракції. Встановлено, що така структура моделі дає змогу динамічно розширювати модель у процесі роботи програмної системи без необхідності статичної реконфігурації. Запропоновано удосконалений метод динамічної адаптації функціональності програмної системи та інтерфейсу користувача, що використовує онтологічну модель та семантичні правила для автоматизованого створення налаштувань.

У **третьому розділі** «Архітектура програмної системи та алгоритмічна модель процесу динамічної адаптації» запропоновано структуру адаптивної програмної системи та механізми комунікації між її компонентами. Спроектвана архітектура використовує принципи трирівневої клієнт серверної та компонентно-орієнтованої архітектури для забезпечення мінімального рівня зв'язності, а також для можливості швидкої модифікації та заміни компонент. Спроектовано механізм комунікації між компонентами програмної системи на основі використання брокерів повідомлень. Запропоновано алгоритм динамічної адаптації програмної системи з використанням онтологічної моделі, принципів рефлексії та механізму кешування.

У **четвертому розділі** «Реалізація адаптивної програмної системи на основі онтологічного підходу та дослідження її ефективності» здійснено опис реалізації прототипу адаптивної програмної системи та використаних в процесі його розробки технологій. Наведено структуру та функціональність бібліотеки адаптації, а також модулів взаємодії з онтологічною моделлю. Проведено дослідження ефективності використання абстракцій у процесі проектування

адаптивних програмних системи на основі онтологій з використанням визначених метрик якості, а також здійснено аналіз тривалості та швидкодії процесу адаптації.

**Висновки** дисертаційної роботи в повному обсязі представляють результати проведених досліджень та розкривають відповіді на усі поставлені у роботі завдання, відображаючи їх наукову новизну та практичну цінність. Формулювання висновків за своїм рівнем відповідають вимогам до представлення наукових результатів дисертаційної роботи.

## **5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність**

Аналіз представлених у роботі наукових положень, зокрема змісту дисертації, використаних методів та підходів до їх реалізації дає змогу стверджувати про належний рівень обґрунтованості отриманих наукових результатів. Наукові положення, що представлені у дисертації, повністю обґрунтовані теоретичним аналізом та підтверджуються результатами практичного застосування. Використання розроблених автором методів дозволить оптимізувати проектування адаптивних програмних систем. Крім того, удосконалена технологія створення адаптивних програмних систем на основі онтологічного підходу, а також методи динамічної адаптації функціональності та інтерфейсу користувача та використання в даному процесі брокерів повідомлень дасть змогу використовувати ці підходи для розв'язання наукових та прикладних завдань проектування архітектури програмного забезпечення, сприяючи подальшому розвитку адаптивних технологій та їх використанні в різних науково-виробничих сферах.

Достовірність представлених положень підтверджена результатами експериментальних досліджень та практичною апробацією у процесі розробки програмного забезпечення для вирішення прикладних виробничих завдань на ІТ-підприємстві.

## **6. Практичне значення одержаних результатів**

Практична значимість дисертаційного дослідження полягає у розробці онтологічної моделі адаптивних програмних систем, яка дає змогу уніфіковано здійснювати представлення предметної області та забезпечує високий рівень її абстрактності. Також розроблено бібліотеку для створення адаптивних програмних систем, де визначено основні компоненти та сервіси, які необхідні для реалізації динамічного процесу адаптації програмних систем. Створено сервіс бази даних та знань, що реалізує метод визначення налаштувань програмної системи з використанням технології брокера повідомлень, який дозволяє зменшити навантаження на ресурси системи і забезпечує можливість автоматизованої повторної адаптації у разі виникнення помилок.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальному процесі кафедри програмного забезпечення в лекційному курсі та практичних заняттях дисципліни «Наукові дослідження та семінари за їх тематикою». Розроблені моделі і методи пройшли дослідне випробування на підприємстві «ЛІНК АП СТУДІО» (м.Львів).

## **7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох основних розділів, в яких міститься 31 рисунок та 7 таблиць, висновків, списку використаних джерел із 123 найменувань та 4 додатків. Загальний обсяг роботи – 158 сторінок. У роботі не міститься елементів академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації даних. У тексті наявні належні посилання на відповідні джерела інших авторів. Усі представлені в роботі положення є результатом самостійних досліджень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності.

Оформлення роботи відповідає встановленим вимогам з дотриманням сучасної наукової термінології. Структура дисертації є послідовною та логічною, вирішення поставлених в роботі завдань ґрунтовно описані та чітко резюмовані

у представлених висновках, науковій новизні та практичному значенні дослідження.

Результати дисертаційної роботи викладені у 9 наукових працях, а саме: 3 статті у фахових періодичних виданнях України, одне з яких включено до наукометричної бази даних Scopus; 3 публікації у збірниках наукових праць конференцій, що проіндексовані у наукометричній базі даних Scopus та 3 публікації в матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій.

## **8. Зауваження до дисертації**

1. Формулювання науково-прикладної задачі в анотації та у вступі роботи подано по різному, а саме: «удосконалення процесу проектування та розроблення адаптивних програмних систем на основі уніфікованої онтологічної моделі з використанням розроблених методів...» та «створення методів та засобів розробки адаптивних програмних систем на основі онтологій...».

2. У темі роботи автор декларує методи та засоби створення адаптивних програмних систем на основі онтологій, проте серед задач дисертаційного дослідження немає жодної по розробці самих засобів, хоча у результатах роботи вони є.

3. Для максимальної об'єктивності оцінки якості проектування онтологічної моделі та її порівняння з класичними моделями доцільно було б використати не тільки набір базових структурно-ієрархічних метрик, метрик схеми, метрик наповнення бази знань та базових характеристик онтологічної моделі, а також і інші, наприклад семантична узгодженість, складність логіки, інформаційна насиченість і ін.

4. Незрозумілим є вибір автором інструменту для відображення логіки та побудови методу динамічної адаптації функціональності програмної системи та інтерфейсу користувача у п. 2.4, а саме діаграм потоків даних, які використовуються у структурному чи функціональному підходах, замість, наприклад, UML-діаграм послідовності чи діяльності, які застосовуються в об'єктно-орієнтованому підході.

5. Автор без переконливого обґрунтування використовує для налаштування обміну повідомлень між прикладним програмним інтерфейсом та сервісом бази даних та знань механізм брокера повідомлень RabbitMQ, зазначаючи, що він, на відміну від інших, забезпечує доступ до налаштувань обміну повідомлень низького рівня. Проте, відомо, що інші механізми брокерів, такі як Apache Kafka та ActiveMQ мають такі ж можливості.

6. У роботі присутні деякі граматичні помилки та описки, зокрема у формулюванні науково-прикладної задачі: «створення методів та засобів розробки адаптивних програмних систем на основі онтологій, які передбачають можливість динамічної зміни їх функціональності програмної системи та інтерфейсу користувача залежно від середовища виконання та потреб користувача» (с.17); науковий напрямок кафедри, замість напрям (с.17); «...розробленої архітектура програмного забезпечення...» (с.25), «...для уникнення цієї проблеми під час проектування онтологічних доцільно застосовувати ...» (с.65) та інші.

Водночас, вказані зауваження мають дискусійний характер, не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової і практичної цінності.

## **9. Висновки щодо дисертаційної роботи в цілому**

Дисертаційна робота Луцика Іллі Ігоровича «Методи та засоби створення адаптивних програмних систем на основі онтологій» є завершеною науковою працею, що містить нові науково обґрунтовані результати, які є вагомими для розвитку наукових досліджень з інженерії програмного забезпечення та галузі інформаційних технологій в цілому.

Актуальність даного дисертаційного дослідження, його новизна, практична цінність, повнота обґрунтованості наукових положень, їх висвітлення у наукових публікаціях та відсутність порушень академічної доброчесності дозволяє стверджувати, що дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової



спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», що затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. Автор дисертаційної роботи – Луцик Ілля Ігорович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

**Офіційний опонент:**

доктор технічних наук,  
професор, завідувач кафедри  
комп'ютерних наук,  
Західноукраїнський  
національний університет

Андрій ПУКАС

Підпис	<i>Андрій Пукас</i>
Завіряю:	<i>Анна Семик</i>
НАЧАЛЬНИК ЗАГАЛЬНОГО ЗАДАВАННЯ	<i>Анна Семик</i>

