

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Державного університету
«Житомирська політехніка»
доктору технічних наук, професору
ПОДЧАШИНСЬКОМУ Юрію Олександровичу

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, старшого наукового співробітника,
заступника директора з науково-організаційної роботи
Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України

АРТЕМЧУКА Володимира Олександровича

на дисертаційну роботу

МОСКАЛИКА Дмитра Олександровича

на тему «**Моделювання ефективності розробки програмного забезпечення в залежності від типу архітектури серверних програмних систем**»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 – Інформаційні технології
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертаційного дослідження.

Сучасна індустрія розробки програмного забезпечення перебуває в ситуації, коли вибір між сервісно-орієнтованим та модульним монолітним архітектурними підходами до розробки серверної програмної системи здійснюється переважно на основі суб'єктивних міркувань, галузевих трендів або досвіду окремих фахівців, а не на підставі об'єктивного кількісного аналізу. Наявні методи оцінки архітектурних рішень, зосереджені на аналізі атрибутів якості або вартості впровадження окремих технічних рішень, проте жоден із них не пропонує інструментарію для порівняльної оцінки ефективності саме процесу розробки в контексті різних архітектурних підходів. При цьому вартість подальшої розробки та супроводу системи нерідко значно перевищує початкові витрати на її створення, а отже, нехтування цим аспектом при виборі архітектури може призводити до суттєвих економічних втрат. Крім того, соціотехнічна природа процесу розробки програмного забезпечення, в якому людський фактор вносить нелінійність та стохастичність, робить аналітичне

моделювання вкрай обмеженим у своїх можливостях, що обґрунтовує доцільність застосування саме агентно-орієнтованого симуляційного підходу, обраного дисертантом. Таким чином, розробка симуляційної моделі ефективності розробки програмного забезпечення залежно від типу архітектури є актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору. Дисертаційне дослідження спрямоване на підвищення ефективності розробки програмного забезпечення шляхом вибору найбільш доцільного архітектурного підходу в контексті заданих вимог до програмної системи та накладених обмежень. Враховуючи вищевикладене, вважаю дисертаційне дослідження Москалика Дмитра Олександровича актуальним та своєчасним.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукові результати дисертаційного дослідження та висновки є логічними та відповідають чинним вимогам. Сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно обґрунтовані та викладені в доказовій формі.

Наукова новизна одержаних особисто здобувачем результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

вперше:

- розроблено агентно-орієнтовану симуляційну модель процесу розробки програмного забезпечення для різних типів архітектури серверних програмних систем, що охоплює повний життєвий цикл задач від програмування до розгортання та дозволяє кількісно оцінити вплив архітектурного стилю на ефективність процесу розробки програмного забезпечення;

- побудовано параметричні та ансамблеві регресійні моделі оцінки ефективності розробки програмного забезпечення для кожного з досліджених архітектурних підходів;

- виявлено та кількісно описано вплив географічного розподілу, розміру та складу команд розробки, виду практики власності програмного коду, обсягу коду та кількості модулів на ефективність процесу розробки програмного забезпечення для монолітної, модульної монолітної та мікросервісної програмних архітектур.

уточнено:

- закономірності впливу географічного розподілу команд між часовими поясами на продуктивність розробки для різних архітектурних моделей;

- характеристики масштабування команд розробки для різних архітектурних підходів.

подальшого розвитку набули:

- алгоритми генерації потоку вхідних задач та моделювання зв'язності між модулями програмної системи для симуляції процесів розробки програмного забезпечення.

Теоретичні результати доведені до практичної реалізації. Практична значимість отриманих результатів полягає у тому, що:

- побудовані регресійні математичні моделі оцінки ефективності розробки програмного забезпечення можуть бути використані як інструмент додаткової аргументації при первинному виборі між сервісно-орієнтованим та модульним монолітним архітектурними підходами для майбутніх серверних програмних систем, а також при оцінці доцільності переходу з поточного архітектурного рішення на альтернативне;

- розроблений програмний комплекс на основі фреймворку MARS LIFE дозволяє проводити детальне симуляційне моделювання процесів розробки програмного забезпечення для різних типів програмної архітектури з метою ідентифікації факторів, що сповільнюють процес розробки, для подальшої оптимізації організаційного процесу такої розробки;

- надані рекомендації по максимізації ефективності процесу розробки для кожного архітектурного підходу можуть бути безпосередньо використані керівниками програмних проєктів при плануванні складу команд, розподілі ресурсів та прийнятті рішень щодо географічного розташування розподілених команд розробки.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується коректною постановкою задачі дисертаційного дослідження, обґрунтованим вибором методів дослідження, таких як агентно-орієнтоване симуляційне моделювання, регресійний та кореляційний аналіз, апроксимація розподілів імовірностей, використанням історичних даних реальних проєктів з відкритим вихідним кодом для калібрування параметрів моделі — зокрема для імовірнісної генерації потоку вхідних задач різної складності та моделювання зв'язності між програмними модулями, а також відповідністю розробленої

симуляційної моделі соціотехнічній природі процесу розробки програмного забезпечення.

Характер постановки задачі, вибір методів дослідження, побудова симуляційної моделі, проведення експериментів, інтерпретація результатів та їх валідація свідчать про належне оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності у сфері інженерії програмного забезпечення.

Результати дослідження пройшли апробацію в компаніях ТОВ «Візеვენ Європа» та «Sana Commerce», що підтверджується відповідними довідками про впровадження. Отримані наукові результати були представлені на 6 масових науково-практичних заходах, зокрема 3 міжнародного рівня та 3 всеукраїнського рівня. Вважаю, що така апробація результатів дисертації є достатньою.

Вважаю, що всі вищезазначені положення є підставою для висновку, що дисертаційне дослідження виконане на високому науково-теоретичному рівні, має практичне значення та наукову цінність.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Москалика Д.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення». Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Москалика Дмитра Олександровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і матеріали інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал дисертації викладений в чіткій логічній послідовності. Робота характеризується доступністю викладення матеріалу дисертаційного дослідження з дотриманням

науково-технічного стилю мовлення. Використовується загальноприйнята термінологія відповідно до наукового напрямку.

Дисертація складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел та 9 додатків. Загальний обсяг дисертації 243 сторінки, у тому числі 151 сторінка основного тексту, містить 31 рисунок та 38 таблиць.

У вступі висвітлено актуальність теми дисертації, вказано мету роботи, завдання, об'єкт та предмет дослідження, наведено наукову новизну одержаних результатів та їх практичне значення, зазначено особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячений огляду наукового доробку в галузі моделювання процесів створення програмних продуктів. Дисертант систематизує існуючі підходи до симуляції та аргументує перевагу агентного моделювання для відтворення реальної поведінки учасників розробки. Окремо проаналізовано усталені моделі оцінки трудомісткості та обґрунтовано необхідність їх оновлення з огляду на поширення гнучких методологій розробки, географічно розподілених команд і сучасних архітектурних рішень. Розділ формує достатню теоретичну базу для подальшого дослідження.

Другий розділ зосереджений на формуванні математичного апарату дослідження. На основі емпіричних даних реальних відкритих проєктів здобувач пропонує алгоритм генерації завдань із імовірнісним розподілом складності, а також досліджує закономірності зв'язності програмних модулів, виявляючи характерні статистичні залежності між їх розміром, частотою змін та взаємозв'язками. Заслуговує на увагу запропонований підхід до спрощення обчислень через використання незалежних частот модифікації модулів. Розділ завершується описом архітектури програмного комплексу на базі фреймворку MARS LIFE, що враховує організаційні, географічні та людські чинники процесу розробки.

У третьому розділі реалізовано симуляційну модель процесу розробки і проведено масштабний обчислювальний експеримент у понад вісім тисяч симуляційних запусків. Результати експерименту демонструють суттєвий вплив обраної архітектури на продуктивність команди, зокрема, мікросервісний підхід виявляється найефективнішим, тоді як монолітні системи з жорстким розмежуванням відповідальності за код значно програють при масштабуванні. Практичну цінність мають побудовані регресійні моделі прогнозування ефективності, найточніші з яких базуються на ансамблевих методах машинного

навчання. Достовірність отриманих результатів підтверджено як експертним оцінюванням, так і перехресною валідацією.

Дисертаційна робота оформлена згідно вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 9 наукових працях, зокрема 3 статтях у наукових фахових виданнях України категорії «Б» та 6 – у матеріалах наукових конференцій, одна з яких – у матеріалах міжнародної наукової конференції, проіндексованої у базі даних Scopus.

У наукових роботах, опублікованих у співавторстві, в дисертаційній роботі використані лише ті результати, які становлять індивідуальний внесок здобувача. Наукові публікації здобувача відповідають темі дисертації, відображають основні етапи та результати проведеного дослідження, зокрема питання генерації потоку задач, моделювання зв'язності програмних модулів, рецензування коду та симуляційного аналізу процесів розробки програмного забезпечення.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи:

1. Для розробки алгоритмів моделювання модульної зв'язності та розподілу складності задач були використані емпіричні дані лише проєктів з відкритим вихідним кодом, тоді як процеси розробки в корпоративному середовищі можуть суттєво відрізнятись та мати інші закони розподілу статистичних даних.

2. Так як процеси обслуговування програмних систем з різними типами архітектури також відрізняються між собою, варто було б детальніше дослідити даний аспект та включити його також в симуляційну модель.

3. Оцінка симуляційної моделі (п. 3.4) проведена на основі опитування 17 респондентів. Хоча групи респондентів (розробники, архітектори, менеджери) є репрезентативними, збільшення кількості учасників та введення показників вагомості експертів могло б підвищити статистичну значущість та об'єктивність отриманих результатів оцінки.

4. Було б доцільно більше уваги приділити інтерпретації практичних обмежень застосування отриманих моделей у реальних корпоративних середовищах, де на ефективність розробки можуть впливати додаткові фактори:

зрілість DevOps-процесів, рівень автоматизації тестування, технічний борг, доменна складність та організаційна культура.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Москалика Дмитра Олександровича «Моделювання ефективності розробки програмного забезпечення в залежності від типу архітектури серверних програмних систем» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. Сукупність представлених теоретичних та практичних результатів розв'язує поставлену наукову задачу моделювання ефективності розробки програмного забезпечення в залежності від типу програмної архітектури, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології та спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення, зокрема для підвищення ефективності розробки та процесів вибору архітектурних моделей.

За актуальністю, глибиною наукових досліджень, рівнем наукової новизни та практичного значення дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Москалик Дмитро Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент:

Заступник директора

з науково-організаційної роботи

Інституту проблем моделювання

в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України

д.т.н., с.н.с.

«05» червня 2026 року



Володимир АРТЕМЧУК