

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

## **РЕЦЕНЗІЯ**

кандидата філологічних наук, доцента,  
доцента кафедри інженерії програмного забезпечення  
Державного університету «Житомирська політехніка»

**ФАНТА Миколи Олександровича**

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

### ***Актуальність теми дисертації***

Сучасний ринок програмних продуктів характеризується стрімким зростанням складності серверних систем та різноманітності архітектурних підходів до їх побудови, що конкурують між собою, і вибір конкретного підходу суттєво впливає на вартість розробки, швидкість виведення продукту на ринок, масштабованість рішення та витрати на його подальшу підтримку. Водночас у практиці проектування відсутні обґрунтовані кількісні моделі, які б дозволяли системно оцінювати ефективність розробки залежно від обраного архітектурного типу, що призводить до прийняття рішень на основі суб'єктивного досвіду або ситуативних міркувань. Перехід значної частини підприємств до хмарної інфраструктури та контейнеризації створив нові можливості й водночас нові виклики для архітектурного проектування, що потребують формалізованого інструментарію порівняння альтернатив, а зростання масштабів розподілених команд розробників загострює питання впливу архітектурних рішень на організацію процесу розробки, зокрема на паралелізацію робіт, незалежність розгортання компонентів та

когнітивне навантаження на інженерів. Проведення натурних експериментів у цій галузі супроводжується надзвичайно високою вартістю, тривалістю та неможливістю забезпечення ідентичних умов для паралельної розробки одного й того самого продукту трьома різними командами в різному архітектурному виконанні. Симуляційний підхід дозволяє подолати дані обмеження, забезпечуючи контрольоване середовище для порівняння архітектурних альтернатив за єдиною системою метрик при фіксованих вхідних параметрах. Побудова моделей, здатних кількісно пов'язати архітектурні характеристики серверних систем з показниками ефективності процесу розробки, може стати вагомим внеском у розвиток методологічного апарату програмної інженерії та слугувати основою для прийняття обґрунтованих проектних рішень у реальних виробничих умовах. Таким чином, тема дисертаційного дослідження є актуальною, має чітку практичну спрямованість та достатній науковий потенціал для отримання результатів, що становлять інтерес як для академічної спільноти, так і для фахівців-практиків у галузі розробки програмного забезпечення.

### ***Ступінь обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни***

Наукові результати дисертаційного дослідження є обґрунтованими, логічно послідовними та відповідають сучасним вимогам до кваліфікаційних наукових робіт. Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації викладені в доказовій формі, підкріплені результатами теоретичного аналізу, експериментальних досліджень та апробації на практиці.

*Наукова новизна дисертаційного дослідження* полягає в тому, що:

**вперше:**

1. 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.

2. Побудовано параметричні та ансамблеві регресійні моделі оцінки ефективності розробки програмного забезпечення для кожного з досліджених архітектурних підходів.

3. 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:**

1. Закономірності впливу географічного розподілу команд між часовими поясами на продуктивність розробки для різних архітектурних моделей.

2. Характеристики масштабування команд розробки для різних архітектурних підходів.

**подальшого розвитку набули:**

1. Алгоритм генерації потоку вхідних задач різної складності для симуляції процесів розробки програмного забезпечення.

2. Алгоритм моделювання зв'язності між модулями програмної системи для застосування в симуляції процесу розробки.

*Практичне значення отриманих результатів* полягає в наступному:

1. 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;

2. 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;

3. 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.

Елементи наукової новизни чітко сформульовані, відповідають змісту роботи та мають належне обґрунтування в основному тексті дисертації. Результати дисертаційного дослідження пройшли належну апробацію на 6 науково-практичних заходах міжнародного та всеукраїнського рівнів, що свідчить про

достатній обсяг та рівень їх наукового обговорення. Практична цінність роботи підтверджується наявними актами впровадження результатів дослідження, що вказує на їх затребуваність та реальну можливість застосування для вирішення конкретних завдань у досліджуваній сфері.

Загалом ступінь обґрунтованості наукових результатів, їх достовірність та новизна відповідають вимогам, що висуваються до дисертаційних досліджень, а отримані практичні результати є конкретними та придатними для безпосереднього використання у професійній практиці. Зазначене вище дає підстави стверджувати, що дисертаційна робота відзначається високим науково-теоретичним рівнем, містить вагомі наукові результати та має безперечну практичну цінність.

### ***Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності***

Зміст дисертаційної роботи здобувача Москалика Д.О. цілком узгоджується зі Стандартом вищої освіти зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та відповідає тематичним напрямам досліджень, передбаченим освітньою програмою «Інженерія програмного забезпечення». Робота являє собою завершене наукове дослідження, що демонструє самостійний внесок здобувача у розвиток відповідного наукового напрямку. Аналіз звіту подібності, отриманого за результатами перевірки дисертації на текстові збіги, дає підстави констатувати, що робота Москалика Дмитра Олександровича є результатом самостійної наукової діяльності здобувача та не містить ознак плагіату, фальсифікації, фабрикації чи некоректних запозичень. Усі використані ідеї, результати та матеріали інших дослідників супроводжуються відповідними бібліографічними посиланнями.

### ***Мова та стиль викладення результатів***

Дисертаційну роботу виконано українською мовою із дотриманням науково-технічного стилю викладу. Матеріал дослідження структуровано логічно та послідовно, подано у доступній формі із застосуванням усталеної фахової термінології, що відповідає предметній галузі дослідження.

Текст дисертації складається зі вступу, 3 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 9 додатків. Основний зміст викладено на 151 сторінці друкованого тексту, загальний обсяг дисертації налічує 243 сторінки, а список використаних джерел нараховує 102 найменування.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено його об'єкт і предмет, розкрито наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, а також окреслено персональний внесок автора.

Перший розділ присвячено огляду літератури та формуванню теоретичного підґрунтя дослідження. Автор аналізує існуючі парадигми симуляційного моделювання процесів розробки ПЗ, класичні моделі оцінки трудовитрат та обґрунтовує їхню недостатність для сучасних умов, в тому числі нездатність враховувати вплив архітектурного стилю системи. Детально розглядається структура життєвого циклу розробки в контексті трьох архітектурних підходів: монолітного, мікросервісного та модульного монолітного. Окремо систематизовано фактори впливу на продуктивність, включаючи різні види практики власності програмного коду. Розділ завершується формулюванням прогалин у наявних дослідженнях і визначенням напрямків подальшої роботи.

Другий розділ зосереджений на розробці математичного та алгоритмічного апарату, необхідного для побудови симуляційної моделі, та містить три ключові блоки. По-перше, на основі історичних даних проєктів з відкритим вихідним кодом досліджено розподіл складності задач та запропоновано алгоритм імовірнісної генерації потоку задач різної складності на основі зворотного розподілу Гауса з додатковими обчислювальними адаптаціями. По-друге, проаналізовано історію внесення змін до модульних кодових баз 8 існуючих проєктів, на основі чого запропоновано алгоритм імовірнісного розподілу розміру модулів та алгоритм моделювання зв'язності модулів абстрактної програмної системи через незалежні імовірності внесення в них змін, в залежності від їх розміру. По-третє, обґрунтовано вибір агентно-орієнтованого підходу, описано архітектуру програмного комплексу на основі фреймворку MARS LIFE, а також моделювання процесу рецензування коду, втоми розробників і географічного розподілу команд.

Третій розділ містить опис реалізованої симуляційної моделі та детальний аналіз результатів широкомасштабного симуляційного експерименту, що включає більш ніж вісім тисяч запусків. Отримані результати демонструють, що архітектурна модель є ключовим фактором продуктивності розробки, при цьому географічний розподіл команд між часовими поясами універсально знижує продуктивність, а вплив розміру команди суттєво варіюється залежно від обраної архітектури. Прикладне значення мають створені математичні моделі оцінки

продуктивності, серед яких найвищу точність показали алгоритми, засновані на комбінованих підходах машинного навчання.

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

### ***Оприлюднення результатів дисертаційної роботи***

Основні положення дисертації висвітлено у 9 публікаціях, серед яких 3 статті у фахових виданнях України категорії «Б» та 6 тез доповідей на наукових конференціях, у тому числі одна – у збірнику матеріалів міжнародної конференції, що індексується наукометричною базою Scopus. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, до дисертації залучено виключно ті результати, які є особистим здобутком автора.

### ***Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи***

1. Модель географічно розподілених команд враховує вплив різних часових поясів, проте не бере до уваги культурні та національні особливості учасників, які суттєво впливають на комунікаційні патерни, стилі прийняття рішень та загальну ефективність взаємодії, що може знижувати валідність результатів моделювання для реальних сценаріїв розподіленої розробки.

2. Симуляційна модель не враховує етап архітектурного проектування нової функціональності, який передбачає координацію та узгодження змін між командами, відповідальними за різні частини системи, що також може мати різний вплив на ефективність процесу розробки в залежності від обраного типу архітектури.

3. Як у назвах підрозділів, так і загалом по тексту, чергуються повна форма «програмного забезпечення» та скорочення «ПЗ». Краще було б ввести скорочення один раз і далі використовувати його послідовно.

4. В межах дисертації зустрічаються незначні стилістичні та редакційні неточності.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер і не применшують наукової новизни та практичної цінності отриманих результатів, а отже, не змінюють загальної позитивної оцінки дисертаційного дослідження.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Дисертаційна робота Москалика Дмитра Олександровича «Моделювання ефективності розробки програмного забезпечення в залежності від типу архітектури серверних програмних систем» є завершеним науковим дослідженням, виконаним на належному науковому рівні з дотриманням засад академічної доброчесності. Отримані теоретичні та практичні результати у сукупності забезпечують розв'язання наукової задачі щодо моделювання ефективності розробки програмного забезпечення в залежності від типу програмної архітектури, що є важливою для галузі знань 12 «Інформаційні технології» та спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», передусім у контексті підвищення ефективності інженерії ПЗ та покращення процесів вибору архітектурних стилей.

З огляду на актуальність обраної тематики, ґрунтовність проведених досліджень, ступінь наукової новизни та практичну цінність одержаних результатів, дисертаційна робота задовольняє вимоги, визначені «Порядком 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 Москалик Д.О. заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

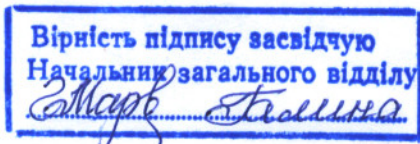
#### **Рецензент:**

Доцент кафедри інженерії  
програмного забезпечення  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»

кандидат філологічних наук, доцент

Микола ФАНТ

« 4 » червне 2026 року



*Маркова*