

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Данілова Сергія Юрійовича**  
**«МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ МУЛЬТИАГЕНТНОГО РОЗПОДІЛУ**  
**ТРУДОВИХ РЕСУРСІВ В СЕРЕДОВИЩІ БУДІВЕЛЬНИХ**  
**ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ ПРОЄКТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ»,**

подану на здобуття наукового ступеня «доктор філософії»  
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
в галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»

**1. Оцінка актуальності теми.** Актуальність теми дисертаційного дослідження зумовлена стрімкою цифровізацією будівельної галузі та зростанням складності управління трудовими ресурсами у девелоперських проєктах. В умовах невизначеності традиційні підходи до організації будівництва в межах спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» вже не забезпечують достатнього рівня ефективності. Особливої ваги набуває необхідність застосування інтелектуальних та мультиагентних моделей для оптимізації розподілу персоналу. Актуальність підсилюється потребою інтеграції цифрових технологій у підсистему «Організація будівництва» як ключовий елемент управління проєктами. У цьому контексті дослідження є своєчасним і відповідає сучасним науковим і практичним викликам галузі.

В умовах переходу будівельної галузі до інтелектуалізованої моделі девелопменту суттєво зростає значення мультиагентних підходів до організації праці та управління проєктами. Сучасні девелоперські системи набувають рис складних цифрових середовищ, у яких учасники проєкту взаємодіють у режимі постійного обміну даними та ресурсами. Це обумовлює необхідність впровадження адаптивних моделей координації, що знижують рівень невизначеності та підвищують ефективність розподілу трудових ресурсів. Особливого значення набуває інтеграція BIM-, ERP- та інших цифрових платформ як основи єдиного інформаційного простору. У таких умовах формуються нові підходи до цифрової організації праці та управління персоналом. Операційна система будівельного девелоперського проєкту дедалі частіше розглядається як мультиагентна система з розподіленими функціями управління. У ній підрядні організації, проєктувальники, постачальники та управлінські центри діють як взаємопов'язані елементи єдиного процесу. Це потребує використання інтелектуальних механізмів координації та алгоритмізації управлінських рішень у реальному часі. Важливу роль відіграє концепція цифрового працівника як активного учасника інформаційної взаємодії. Такий підхід забезпечує підвищення когерентності процесів і адаптивності організаційних структур.

Актуальним є формування нових методів моделювання будівельних девелоперських систем із урахуванням їх динамічної складності та часової мінливості. Застосування графових моделей дозволяє формалізувати взаємодію між функціональними підрозділами та інформаційними потоками. Водночас використання показників структурної когерентності забезпечує можливість оцінювання збалансованості внутрішніх зв'язків. Це дає змогу виявляти диспропорції в управлінні ресурсами та підвищувати ефективність координації. Таким чином формується аналітична основа для оптимізації організаційних структур. Умови проектної діяльності девелоперських компаній характеризуються високим рівнем ринкової та технологічної невизначеності. Це зумовлює потребу у створенні гнучких моделей мультиагентного розподілу трудових ресурсів, здатних до адаптації в реальному часі. Особливої ваги набуває синхронізація управлінських і виробничих процесів у цифровому середовищі. Поєднання мультиагентних технологій із концепцією цифрового працівника створює нові можливості для децентралізованого управління. У результаті підвищується стійкість і конкурентоспроможність будівельних девелоперських систем.

**2. Оцінка зв'язку змісту дослідження з науковими програмами, планами та науково-дослідними роботами.** Тематика, зміст і результати дисертаційного дослідження виконані у відповідності до планів науково-дослідних робіт Київського національного університету будівництва і архітектури та Академії будівництва України. Здобувач є виконавцем НДР з державною реєстрацією №0124U005196 «Розробка науково-технічного інструментарію для формування та реалізації внутрішньовиробничих планів діяльності будівельної організації», а також учасником науково-дослідної роботи Академії будівництва України №7АБ/МОБ-11.23 (секція «Менеджмент інновацій та організація будівництва»). Результати дисертації, зокрема положення щодо мультиагентного розподілу трудових ресурсів у девелоперських проектах, застосовано при розробленні моделей адаптивного планування та координації діяльності учасників будівельного процесу. У межах зазначених досліджень впроваджено сценарний підхід до моделювання девелоперських проектів як мультиагентних систем, що дає змогу враховувати невизначеність, ризики та поведінкові характеристики агентів, забезпечуючи підвищення адаптивності управління, стійкості організаційних структур і ефективності стратегічних рішень. Таким чином, дисертаційна робота органічно інтегрована у виконання державних і галузевих наукових програм та відповідає сучасним завданням інноваційного розвитку будівельного девелопменту.

**3. Оцінка структури та змісту дисертаційної роботи** засвідчує їх чітку узгодженість із поставленими науковими завданнями та логікою дослідження. Композиція праці є послідовною і обґрунтованою: від теоретичного осмислення проблематики до розроблення методичного інструментарію та практичної апробації отриманих результатів. Робота складається з анотацій, переліку наукових публікацій автора за темою, змісту, вступної частини, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 197 сторінок друкованого тексту, при цьому основна частина викладена на 156 сторінках і містить 14 таблиць та 37 ілюстрацій. У першому розділі сформовано концептуальні засади дослідження, окреслено сучасні підходи до управління трудовими ресурсами в умовах цифровізації та невизначеності. Другий розділ вирізняється глибиною методологічного опрацювання, зокрема використанням міждисциплінарних методів моделювання та аналізу, що забезпечують системність отриманих висновків. Третій розділ демонструє практичну значущість запропонованих рішень, підтверджуючи їх ефективність у середовищі будівельних девелоперських проєктів. Отримані результати мають виразний інноваційний характер, оскільки поєднують мультиагентний підхід із інтелектуальними цифровими технологіями. У цілому структура роботи є цілісною, логічно завершеною та відповідає вимогам до дисертаційних досліджень.

**4. Думка рецензента щодо достовірності та обґрунтованості** результатів дослідження базується на цілісності наукового підходу, продемонстрованого в дисертаційній роботі. Автором сформульовано аргументовану наукову гіпотезу, яка послідовно перевіряється в межах теоретичних і прикладних досліджень. Використаний методичний апарат є достатньо репрезентативним і поєднує загальнонаукові та спеціалізовані методи, зокрема економіко-математичне моделювання, мультиагентний підхід, інструменти цифрового моделювання та аналітичні процедури. Застосування сучасних інформаційних технологій і цифрових платформ забезпечило належний рівень формалізації досліджуваних процесів та підвищило точність отриманих результатів. Важливим підтвердженням достовірності є узгодженість теоретичних положень із результатами їх практичного використання у середовищі будівельних девелоперських проєктів. Отримані висновки характеризуються внутрішньою логічною несуперечливістю, а також відтворюваністю при застосуванні запропонованих моделей. Це дає підстави вважати результати дослідження науково обґрунтованими, достовірними та придатними для подальшого використання у професійній діяльності та наукових розробках у галузі

19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**5. Позиція рецензента щодо новизни окремих результатів дослідження та загальної наукової новизни дисертаційної роботи** ґрунтується на аналізі інноваційного змісту розробленого здобувачем науково-методичного підґрунтя та інструментарію мультиагентного управління трудовими ресурсами у будівельних девелоперських проєктах в умовах невизначеності.

В дисертаційній роботі вперше:

- сформульовано узагальнену концептуальну дефініцію дослідження – «мультиагентне управління трудовими ресурсами у будівельних девелоперських проєктах в умовах невизначеності», що відповідає сучасним викликам цифровізації галузі. Запропоноване трактування розкриває зміст процесів координації, розподілу та адаптивного використання трудового потенціалу із залученням цифрових агентів. Такі агенти функціонують як автономні інтелектуальні одиниці, здатні до самоорганізації, взаємодії та навчання в динамічному середовищі проєкту. Концепція забезпечує узгодження індивідуальної автономності виконавців із системною цілісністю управління. При цьому враховуються ймовірнісні, сценарні та нечіткі фактори впливу. Запропонована дефініція формалізує мультиагентну взаємодію в середовищі девелоперських проєктів. Вона слугує теоретико-методологічною основою для підвищення ефективності управління трудовими ресурсами та розвитку цифрових моделей організації будівництва.

До вагомих складових наукової новизни дослідження, що характеризуються як «удосконалено», доцільно віднести такі:

- архітектуру агентної взаємодії трудових ресурсів, яка базується на врахуванні невизначеності, ймовірнісного характеру та сценарної варіативності їх поведінки. Удосконалено підходи до стратегічно зумовленої реконфігурації операційної діяльності та забезпечення цифрової узгодженості організаційних структур з метою прогнозування змін у ресурсному балансі. Розвинено методико-прикладні положення щодо оцінювання інноваційного потенціалу підприємств-учасників проєктів через формування інтегрованої моделі його нарощування. Така модель поєднує технологічні, кадрові та організаційні складові, сприяючи підвищенню адаптивності підприємств і результативності управлінських рішень;

- науково-методичні та аналітичні засади формування моделі управління трудовими ресурсами в умовах невизначеності у будівельній організації, що виступає виконавцем девелоперського проєкту. Запропонована модель передбачає поетапний алгоритм дій: від визначення потреб у персоналі та

прогнозування їх змін з урахуванням факторів невизначеності до створення цифрових профілів «працівників-агентів» із характеристиками їх компетентності, продуктивності та адаптивності. Вона також охоплює процес розподілу завдань із застосуванням мультиагентного підходу, що враховує взаємодію виконавців та обмеження ресурсів. У процесі реалізації робіт забезпечується постійний моніторинг і гнучке коригування використання ресурсів. Важливим елементом є оцінювання ефективності управління та ризиків із подальшим накопиченням досвіду для підвищення стійкості організації.

До наукових інновацій дисертанта, які класифікуються як «набули подальшого розвитку», рецензент відносить наступні результати А-Д.

- підхід до застосування концепції «цифрового працівника девелоперського проєкту» як активного елемента мультиагентної взаємодії в середовищах BIM- та ERP-систем у процесі адміністрування будівельних проєктів. Такий підхід розглядає працівника не лише як виконавця, а як інтелектуального агента, здатного до взаємодії, адаптації та прийняття рішень у цифровому середовищі. Це сприяє узгодженості процесів планування, координації та контролю. Водночас забезпечується інтеграція інформаційних потоків між учасниками проєкту. У результаті підвищується ефективність управління складними девелоперськими системам;

- методико-аналітичний підхід до ідентифікації та нейтралізації відхилень в інтегрованому стані трудових ресурсів підприємства-виконавця девелоперського проєкту. Запропонований підхід дозволяє комплексно оцінювати стан як управлінського, так і виробничого персоналу в умовах їх динамічної взаємодії. Передбачено прогнозування впливу відхилень на результати реалізації будівельного проєкту. Він охоплює систему заходів із моніторингу завантаженості працівників, оптимізації розподілу робіт та адаптації стратегій взаємодії агентів. Упровадження механізмів раннього виявлення ризиків і забезпечення узгодженості дій підвищує стійкість системи адміністрування персоналом в девелоперському проєкті;

- науково-методичний підхід до мінімізації ризиків у процесі мультиагентного розподілу трудових ресурсів у девелоперських будівельних проєктах. Основою підходу є комплексна оцінка ефективності управління ресурсами з урахуванням потенційних загроз. Застосування інтегрованої функції ефективності забезпечує узгодження автономності окремих агентів із цілісністю системи управління. Передбачено прогнозування ризиків, пов'язаних із дефіцитом або надлишком трудових ресурсів. Це дозволяє своєчасно коригувати розподіл завдань і підвищувати стабільність функціонування проєкту;

- комбінований підхід до моделювання процесів організації будівництва та адміністрування життєвим циклом девелоперського проєкту, що поєднує мультиагентне моделювання, інструменти нечіткої логіки, ймовірнісні та сценарні методи аналізу. У межах підходу сформовано інтегровану функцію ефективності управління, яка забезпечує оптимальний баланс між автономністю окремих елементів і цілісністю системи. Це дозволяє підвищити адаптивність управлінських рішень у змінному середовищі. Застосування такого підходу сприяє зміцненню стійкості девелоперських проєктів. У результаті досягається більш високий рівень узгодженості та ефективності управління в цифровому середовищі.

В цілому наукова новизна дисертаційної роботи Данілова С.Ю. полягає у формуванні цілісного науково-методичного базису та створенні аналітичного інструментарію мультиагентного розподілу трудових ресурсів у будівельних девелоперських проєктах за умов невизначеності. У дослідженні поглиблено теоретико-методичні засади інтелектуалізованого адміністрування ресурсами девелоперського проєкту, здатного до адаптації, самоорганізації та самонавчання в цифровому середовищі. Розширено та концептуально уточнено підхід до трактування «цифрового працівника» як активного елемента мультиагентної взаємодії, інтегрованого з BIM- та ERP-системами. Модифіковано архітектуру агентної взаємодії, що забезпечує збалансування автономності агентів і цілісності функціонування системи. Розвинуто методичні підходи до оцінювання інноваційної спроможності учасників девелоперських проєктів. Запропоновано інтеграційну модель нарощування інноваційного потенціалу, яка враховує технологічні, організаційні та кадрові чинники. Обґрунтовано підходи до підвищення результативності управлінських рішень у динамічних умовах реалізації проєктів. Отримані результати сприяють посиленню адаптивності, стійкості та ефективності будівельних проєктів. Сукупність сформульованих положень і розробок забезпечує новий рівень наукового забезпечення управління трудовими ресурсами в галузі будівництва.

**6. Оцінка практичної цінності результатів дисертації.** Практична цінність дисертації Данілова С.Ю. полягає у створенні та впровадженні дієвого інструментарію мультиагентного управління трудовими ресурсами у середовищі будівельних девелоперських проєктів. Отримані результати доведені до рівня прикладних рішень, що забезпечують цифрову інтеграцію, адаптивність і підвищення ефективності організаційно-виробничих процесів в умовах невизначеності. Важливим є те, що розроблені моделі та алгоритми апробовані у діяльності реальних підприємств, зокрема компаній ТОВ «Фомальгаут-Полімін» та ТОВ «Архітектурно-будівельні інновації», що

підтверджує їхню практичну результативність. Запропоновані підходи дозволяють оптимізувати розподіл трудових ресурсів, підвищити продуктивність праці та забезпечити прогнозування змін у виробничому середовищі. Значущою перевагою є інтеграція технологічних, кадрових і організаційних чинників у єдину систему управління. Практична реалізація напрацювань забезпечує розвиток навичок роботи з інтелектуальними системами та мультиагентними платформами. У цілому це підвищує рівень цифрового HR-менеджменту у будівництві. Таким чином, результати дисертації мають вагомим прикладне значення та сприяють підвищенню стійкості й керованості будівельних організацій.

**7. Оцінка особистого внеску здобувача, його автентичності та рівня висвітлення змісту досліджень у друкованих працях.** Подана дисертаційна робота є результатом самостійного наукового дослідження, у якому здобувачем сформовано та реалізовано власні наукові ідеї, методичні підходи й прикладні розробки, спрямовані на розв'язання актуальних завдань у галузі будівництва. У роботі узагальнено теоретичні та прикладні положення, що становлять вагомий внесок у розвиток організаційно-технологічного забезпечення будівництва в межах спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Основні результати дослідження отримано автором особисто, що підтверджується наявністю наукових публікацій, серед яких 3 одноосібні та 6 у співавторстві; у колективних працях чітко визначено особистий внесок здобувача. З урахуванням чинних вимог, відповідно до підпункту 1 пункту 8 Постанови Кабінету Міністрів України №507 від 03.05.2024 р., здобувачеві зараховується 6 публікацій у фахових виданнях категорії «Б». Перевірка роботи із застосуванням спеціалізованої системи Strike-Plagiarism засвідчила її самостійний характер і відсутність некоректних запозичень, при цьому рівень текстових збігів становить близько 1%. У дисертації забезпечено коректне цитування використаних джерел із належним посиланням на авторів. Загалом робота характеризується логічною цілісністю, завершеністю та належним рівнем оприлюднення основних результатів, що повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

**8. Зауваження змістовного та редакційного характеру, дискусійні положення по дисертації.**

*8.1) Дискусійне питання щодо вжиття в тексті дисертації терміну «цифровий трудовий ресурс», починаючи з стор. 39.* Термін «цифровий трудовий ресурс у будівельному IT-середовищі» не є усталеним у науковій традиції спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», однак має чітке концептуальне підґрунтя в межах цифрової трансформації управління

будівельними девелоперськими проєктами. Його застосування є методологічно виправданим за умови чіткого розмежування між класичним розумінням трудових ресурсів як людського персоналу та їхньою формалізованою агентною репрезентацією в BIM/ERP-середовищі. У представленій дисертації даний термін набуває змісту інтегрованої моделі взаємодії людей, цифрових агентів та управлінських алгоритмів у мультиагентній системі. Такий підхід узгоджується з сучасними концепціями digital workforce та cyber-physical systems, що розвиваються в межах Industry 4.0. Водночас важливим є усунення терміно-онтологічної неоднозначності шляхом авторського визначення категорії. Встановлено, що запропонована інтерпретація дозволяє перейти від описового до формалізованого рівня моделювання управлінських процесів. Отже, термін має інноваційний характер, але є науково коректним у межах обраної дослідницької парадигми за умови його чіткої дефініції та науково-методичного закріплення.

8.2) Зауваження щодо рис. 2.6. в п. 2.3. другого розділу. Рисунок 2.6 загалом має логічно вибудовану багаторівневу структуру оцінювання інноваційної спроможності підприємства, однак зв'язок між діагностичними блоками та подальшим використанням результатів у контексті мультиагентного розподілу трудових ресурсів у будівельних девелоперських проєктах простежується недостатньо чітко. Позитивним є системне охоплення факторів інноваційності, проте відсутня явна інтерпретація переходу від діагностики до управлінських рішень у ресурсному моделюванні. Доцільним є посилення концептуальної ув'язки між оцінкою інноваційної спроможності та її прикладним використанням у мультиагентних алгоритмах розподілу ресурсів у подальших розділах дослідження.

8.3) Зауваження щодо структурної схеми «Методична багаторівнева система компонентів дослідження» на стор. 114 в другому розділі. Поданий рисунок і супровідний опис загалом демонструють логічну ієрархію методичної системи, однак у представленому вигляді не забезпечують повного відображення механізмів взаємодії між рівнями методичної бази та цифровими інструментами, що використовуються в роботі. З одного боку, структура є наочною і концептуально узгодженою, з іншого - потребує більшої деталізації зв'язків між аналітичним, технологічним та інфраструктурним рівнями. Рекомендовано в подальшому уточнити прикладні сценарії застосування кожного блоку для підвищення інтерпретаційної цінності моделі

8.4) Зауваження стосовно формул (3.8)-(3.11) на стор. 137-138 в третьому розділі. Запропоновані формалізації інтегрованої оцінки

ефективності та сценарні моделі загалом демонструють логічну узгодженість із завданнями розділу щодо багатокритеріального аналізу та поведінкового моделювання в умовах невизначеності, однак мають переважно узагальнений характер і потребують чіткішого обґрунтування вибору функцій належності, вагових коефіцієнтів та калібрування параметрів для реальних будівельних даних. Водночас їх перевагою є можливість сценарної декомпозиції ризиків і адаптивної оцінки рішень агентів, що підсилює прикладну цінність моделі. Недоліком є недостатня формалізація процедур валідації та відсутність експериментального підтвердження стійкості результатів у різних умовах проєктної невизначеності.

8.5) Зауваження редакційного характеру щодо п. 3.3. В розглянутому підрозділі алгоритмічно-прикладна складова дослідження загалом подана достатньо розгорнуто і структуровано, з акцентом на інтеграцію мультиагентних моделей та механізмів самонавчання в контекст управління будівельними девелоперськими проєктами. Водночас, опис носить переважно концептуально-описовий характер і потребує більш чіткої формалізації процедур реалізації та верифікації запропонованих інструментів у практичних умовах, зокрема щодо їх алгоритмічної відтворюваності та прикладної імплементації в реальних проєктних середовищах.

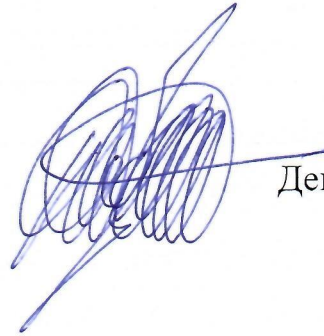
**9. Загальний висновок.** У результаті всебічного аналізу змісту дисертаційної роботи Данілова Сергія Юрійовича встановлено, що дослідження відповідає ключовим вимогам, які висувуються до наукових праць такого рівня, зокрема за критеріями актуальності обраної тематики, наукової новизни, теоретичної обґрунтованості та практичної значущості отриманих результатів, логічної послідовності викладу матеріалу та належного рівня оформлення. Автором запропоновано науково обґрунтовані моделі та методи мультиагентного розподілу трудових ресурсів у середовищі будівельних девелоперських проєктів в умовах невизначеності, які поєднують сучасні підходи до організації будівництва, елементи інтелектуального управління та інструменти адаптивного планування. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення ефективності використання трудових ресурсів, оптимізацію управлінських процесів, зниження витрат та мінімізацію ризиків у складних умовах реалізації проєктів. Отримані результати мають вагоме теоретичне та прикладне значення, а здобувач продемонстрував здатність до самостійного виконання наукових досліджень, що дає достатні підстави для присудження Данілову Сергію Юрійовичу ступеня доктора філософії за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія».

Дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від

6 березня 2019 р. № 167, а також вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». З огляду на зазначене, вважаю за доцільне рекомендувати подану роботу до розгляду у спеціалізованій вченій раді з метою присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**РЕЦЕНЗЕНТ**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри економіки будівництва  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури



Денис ДУБІНІН