

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., професора Менеїлюка О.І. по дисертаційній роботі Данілова Сергя Юрійовича на тему **«Моделі та методи мультиагентного розподілу трудових ресурсів в середовищі будівельних девелоперських проєктів в умовах невизначеності»**. Дисертацію подано до разової спеціалізованої вченої ради PhD55.192 в КНУБА на здобуття наукововго ступеня «доктор філософії» з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

1. *Актуальність теми дослідження, оцінка відповідності теми сучасним науковим і практичним потребам, її значущості для галузі цивільна інженерія*. Актуальність теми дисертаційного дослідження зумовлена зростаючою складністю управління трудовими ресурсами у будівельних девелоперських проєктах, що функціонують в умовах високої невизначеності зовнішнього середовища. Сучасні виклики, пов'язані з динамікою ринку, дефіцитом кваліфікованих кадрів та необхідністю гнучкого реагування на зміни, потребують нових підходів до організації праці. У цьому контексті застосування мультиагентних моделей відкриває можливості для децентралізованого прийняття рішень та підвищення ефективності розподілу трудових ресурсів. Особливої ваги набуває інтеграція таких моделей у цифрове середовище управління девелоперськими проєктами. Запропонована тематика відповідає сучасним тенденціям цифровізації будівельної галузі та розвитку інтелектуальних систем управління. Вона також узгоджується з потребами підвищення продуктивності, зниження ризиків та оптимізації витрат у проєктному менеджменті. Важливим є й те, що дослідження враховує стохастичний характер процесів у будівництві, що часто недооцінюється у традиційних підходах. Таким чином, обрана тема має як теоретичну значущість, так і вагоме практичне спрямування.

Додатково слід відзначити, що системний аналіз управління трудовими ресурсами в цифровізованому ІТ-середовищі засвідчує суттєву трансформацію як ролі працівника, так і принципів організації праці. У сучасній цифровій економіці пріоритет зміщується від стабільності до адаптивності, від жорсткої ієрархії - до самоорганізації та творчої участі персоналу. У будівельній галузі це проявляється через переорієнтацію з традиційного розуміння трудових ресурсів як виконавчого потенціалу на їх інтелектуально-цифрову складову. Особливої ваги набувають цифрові компетентності, здатність до роботи в розподілених середовищах та

інтеграція у сучасні інформаційні системи управління проектами. Концептуальні засади управління персоналом еволюціонують у напрямі використання алгоритмічних і платформних рішень, що забезпечують динамічний розподіл завдань і навантаження. Водночас формується нова управлінська парадигма, де працівник розглядається як активний елемент цифрової екосистеми підприємства. Такий підхід спирається на еволюцію управлінської думки - від ресурсного трактування праці до визнання її як носія знань і стратегічної цінності. У результаті цифрова трансформація зумовлює необхідність розроблення нових моделей управління трудовими ресурсами, що враховують їх адаптивність, інтегрованість і здатність до безперервного розвитку. Отже, зазначені тенденції додатково підсилюють актуальність обраної теми дослідження та її відповідність сучасним викликам будівельної галузі.

З огляду на викладене, дисертаційне дослідження є своєчасним і актуальним для розвитку та оновлення організації будівництва в межах девелоперських проєктів як важливої підсистеми спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Відображення інтеграції дослідження у межах НДР установи (ЗВО). Зміст і спрямованість дисертаційного дослідження узгоджуються з положеннями законодавчих і стратегічних документів України у сфері інновацій та цифровізації. Зокрема, результати роботи відповідають вимогам Закону України «Про інноваційну діяльність» щодо впровадження інтелектуалізованих і адаптивних підходів до управління ресурсами у будівельному девелопменті. Також дослідження корелює із пріоритетами розвитку цифрової економіки, зокрема у частині застосування мультиагентних систем і цифрових платформ управління. Враховано положення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України щодо впровадження ВІМ-орієнтованих та аналітичних інструментів управління трудовими ресурсами. Тематика і результати дисертації виконані в межах НДР КНУБА №0124U005196 «Розробка науково-технічного інструментарію для формування та реалізації внутрішньовиробничих планів діяльності будівельної організації». Автор також брав участь у НДР Академії будівництва України №7АБ/МОБ-11.23 (секція «Менеджмент інновацій та організація будівництва»). У межах цих досліджень розроблено підходи до мультиагентного розподілу трудових ресурсів і адаптивного планування будівельних процесів. Запропоновано сценарні моделі функціонування

девелоперських проєктів як мультиагентних систем з урахуванням невизначеності та ризиків. Отримані результати сприяють підвищенню ефективності управління, адаптивності та обґрунтованості управлінських рішень.

Таким чином, дисертація органічно інтегрована у виконання галузевих НДР і відповідає сучасним завданням розвитку будівельного девелопменту.

3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій. Наукові положення роботи базуються на чітко сформульованій гіпотезі щодо ефективності мультиагентного підходу. Логіка дослідження є послідовною та методологічно вивірною. Достовірність результатів забезпечується застосуванням математичного моделювання, імітаційних методів і сценарного аналізу. Використання цифрових платформ (BIM, ERP-систем) додатково підтверджує практичну відтворюваність результатів. Отримані висновки є узгодженими та логічно впливають із поставлених завдань. Додатково слід відзначити, що методична база дослідження має комплексний і міждисциплінарний характер, що істотно підсилює обґрунтованість отриманих результатів. Застосування загальнонаукових методів (аналіз і синтез, індукція і дедукція, системний та структурно-функціональний підходи, порівняльний аналіз) забезпечило всебічне опрацювання теоретичних засад управління трудовими ресурсами в девелоперських проєктах. Водночас використання спеціальних методів — економіко-математичного та імітаційного моделювання, апарату нечіткої логіки й імовірнісного аналізу - дозволило формалізувати складні процеси мультиагентного розподілу ресурсів в умовах невизначеності. Особливої ваги набуває застосування мережевого та мультиагентного моделювання і програмування, що забезпечило побудову адекватної архітектури взаємодії агентів у цифровому середовищі. Сценарний аналіз дав можливість оцінити альтернативні траєкторії розвитку системи управління, а метод експертних оцінок — здійснити додаткову верифікацію отриманих результатів і підвищити їх практичну надійність.

У сукупності це свідчить про належний рівень методологічної обґрунтованості дослідження та високу достовірність його результатів, що повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

4. Наукова новизна отриманих результатів. На думку опонента автором дисертації вперше обґрунтовано концептуальне визначення поняття «*мультиагентне управління трудовими ресурсами в будівельній*

організації в умовах неповної визначеності». Запропоноване трактування охоплює процеси координації, розподілу та адаптивного використання трудового потенціалу із залученням цифрових агентів. Підкреслено здатність таких агентів до самоорганізації, самонавчання та автономного прийняття рішень. Дефініція відображає баланс між автономністю учасників і цілісністю організаційної системи з урахуванням імовірнісних, сценарних і нечітких чинників. Запропонований підхід формалізує мультиагентну взаємодію в девелоперських проєктах і слугує науковою основою розвитку цифрових моделей управління трудовими ресурсами

Опонент вважає, що у роботі «удосконалено»:

А) Цілісний аналітико-прикладний інструментарій реалізації мультиагентних моделей розподілу трудових ресурсів у девелоперських проєктах.

В) Алгоритми самонавчання, які забезпечили якісне оновлення функціонування системи управління трудовими ресурсами.

С) Застосування гібридних методів в організації будівництва, що поєднують мультиагентне моделювання, ймовірнісний аналіз та сценарний підхід.

У дисертації Данілова С.Ю., на думку опонента, набули подальшого розвитку:

- розгляд девелоперського проєкту як складної мультиагентної системи, що функціонує в умовах безперервної взаємодії учасників. У такій системі підрядники, постачальники, проєктанти та менеджери інтегровані через цифрові платформи. Запропоновано підхід, за яким працівник виступає активним агентом інформаційної взаємодії. Це змінює традиційні уявлення про організацію праці в будівництві. Доведено необхідність переходу до моделей децентралізованого управління. Такий підхід підвищує гнучкість і ефективність функціонування девелоперських структур:

- концептуально-теоретичне підґрунтя мультиагентного розподілу трудових ресурсів в умовах невизначеності. Обґрунтовано необхідність переходу до гнучких мережевих структур управління. Показано роль цифрових технологій у трансформації HR-процесів у будівництві. Введено принципи цифрового лідерства та адаптивності систем. Це створює основу для розроблення ефективних прикладних рішень.

- науково-методичний підхід до формування інтелектуалізованої системи управління трудовими ресурсами на основі мультиагентного підходу. Така система забезпечує узгодженість дій учасників та знижує

ймовірність порушень координації. Вона передбачає адаптивне коригування рішень залежно від змін зовнішнього середовища. Розроблений інструментарій сприяє цифровій інтеграції організаційно-трудова процесів. Це дозволяє підвищити ефективність використання кадрового потенціалу. У результаті формується основа для сталого розвитку девелоперських проєктів;

- *методична платформа оцінювання та коригування циклу організації будівництва та середовища девелоперського проєкту*, що поєднує математичне моделювання, мережевий аналіз і цифрову симуляцію. Така інтеграція дозволяє формалізувати процеси управління у девелоперських проєктах. Запропонована аналітична система забезпечує узгодженість рішень та їх адаптацію до змін середовища. Особливу роль відіграє використання цифрових платформ і моделей взаємодії агентів. Це підвищує прозорість і керованість процесів. У результаті досягається ефективна координація діяльності учасників проєкту.

5. *Практичне значення результатів дослідження*
Оцінка можливостей прикладного використання та впровадження результатів. Практична цінність дисертаційної роботи полягає у розробленні та апробації прикладного інструментарію управління трудовими ресурсами на основі мультиагентного підходу. Архітектура мультиагентної взаємодії та алгоритми реконфігурації операційної діяльності знайшли практичне впровадження у діяльності підприємств ТОВ «Фомальгаут-Полімін» та ТОВ «Архітектурно-будівельні інновації». Це свідчить про прикладну релевантність отриманих результатів і їх придатність до використання у реальних умовах будівельного девелопменту. Впровадження розробок сприяло підвищенню ефективності координації учасників проєктів, зниженню операційних ризиків і покращенню використання трудового потенціалу. Практикою підтверджено доцільність застосування мультиагентних моделей в умовах динамічності та неповної визначеності.

На думку опонента, результати дослідження мають значний потенціал прикладного використання у практиці управління будівельними проєктами. Їх впровадження сприятиме підвищенню ефективності, гнучкості та цифрової узгодженості організаційних процесів. Запропонований інструментарій може бути рекомендований для використання у діяльності девелоперських компаній та проєктно-орієнтованих організацій.

6. *Повнота викладення результатів у наукових публікаціях.*
Апробація результатів дослідження, їх обговорення у фаховому середовищі. Результати дисертаційного дослідження викладено у

достатньому обсязі та належним чином відображено у наукових публікаціях здобувача. Основні положення та висновки роботи оприлюднено у 14 наукових працях, з яких 9 статей надруковано у фахових виданнях категорії «Б». Це свідчить про належний рівень наукової апробації та визнання результатів дослідження у професійному середовищі. Окремі положення дисертації пройшли апробацію під час виступів на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях та семінарах. Отримані результати були предметом фахового обговорення та отримали позитивну оцінку наукової спільноти.

Таким чином, повнота викладення матеріалів дисертації та рівень їх апробації є достатніми і відповідають вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

7. Структура та зміст дисертації, оцінка логіки побудови та завершеності дослідження, оцінка наукової коректності та чіткості формулювань. Структура дисертаційної роботи є логічно виваженою та повністю підпорядкованою досягненню поставленої мети і вирішенню визначених завдань. Матеріал викладено послідовно у взаємопов'язаних розділах, що забезпечує цілісність і внутрішню узгодженість дослідження.

Перший розділ формує концептуально-теоретичне підґрунтя та визначає базові категорії дослідження, а також здійснює систематизацію сучасних підходів до управління трудовими ресурсами в умовах цифрової трансформації. У ньому поглиблено розкрито теоретичні засади мультиагентної взаємодії та обґрунтовано роль цифрового працівника в сучасних девелоперських системах.

Другий розділ розвиває дослідження через обґрунтування методичного інструментарію та моделювання процесів, приділяючи увагу формалізації мультиагентних систем і методам оцінювання інноваційної спроможності. Додатково у цьому розділі деталізовано механізми адаптивного управління та сценарного моделювання в умовах невизначеності.

Третій розділ завершує роботу, інтегруючи розроблені моделі в прикладний контекст управління трудовими ресурсами та демонструючи можливість їх практичного застосування у цифрових середовищах. Також у ньому узагальнено результати впровадження інтелектуальних алгоритмів у процеси прийняття управлінських рішень.

Загалом така побудова забезпечує послідовний перехід від теоретичних положень до методичних розробок і їх практичної реалізації.

Зміст дисертації характеризується науковою повнотою, системністю та достатнім рівнем деталізації, при цьому всі положення взаємопов'язані та узгоджені між собою. Формулювання наукових результатів є коректними, чіткими та логічно обґрунтованими, що свідчить про належний рівень наукової культури здобувача.

Робота демонструє цілісність концепції та завершеність дослідження, а її структура повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, що дозволяє позитивно оцінити якість побудови, змістове наповнення та рівень наукового викладу.

8. Дотримання вимог академічної доброчесності
Аналіз відсутності плагіату, коректності цитування та використання джерел. Аналіз поданих матеріалів свідчить про належне дотримання вимог академічної доброчесності у дисертаційній роботі здобувача. Результати перевірки у системі StrikePlagiarism засвідчили високий рівень унікальності тексту. Представлені у роботі наукові положення мають самостійний характер і є результатом власних досліджень автора. Цитування джерел здійснено коректно, з дотриманням встановлених вимог до оформлення наукових посилань. Використані літературні джерела належним чином інтегровані у зміст дослідження та слугують підґрунтям для обґрунтування висновків. Порушень академічної етики або некоректного запозичення матеріалів не виявлено. Таким чином, рівень дотримання принципів академічної доброчесності оцінюється як високий і такий, що відповідає вимогам до дисертаційних робіт.

9. Дискусійні положення та зауваження до роботи.

9.1. У цілому висновки першого розділу відображають ключові результати дослідження та логічно узагальнюють отримані положення. Однак, Незважаючи на широке охоплення (Друкер, Ульріх, Берсін, Зубофф, Канеман та ін), в аналізі інформаційних джерел можна виділити певні прогалини.

Упущені або слабо проаналізовані напрямки:

- Специфіка вітчизняного девелопменту за умов кризи: Хоча автор посилається на загальні роботи з невизначеності, практично відсутні посилання на сучасні дослідження (2024–2025 рр.) щодо адаптації будівельних компаній саме до умов воєнного часу та повоєнного відновлення України, що є вкрай актуальним для теми дисертації.

- Глибокі технічні публікації з інтеграції BIM та AI: Автор згадує BIM-системи (Procore, Navisworks), але не наводить детального аналізу робіт, присвячених алгоритмам автоматичного розпізнавання образів на будмайданчику для потреб HR-аналітики.

Робота значно покращилася б, якби в ній був аналіз сучасних (за 2024-25 роки) джерел, наприклад:

- Stepanov V., Ferson S. "Agent-based models under uncertainty" (2024). Оpubліковано в *F1000Research*. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://f1000research.com/articles/12-834>.

- Syvytskyi Y., Shevchenko V. "Computer Simulation Model of the Organization at the Stage of Transformation" (2024). *CEUR Workshop Proceedings*. — Режим доступу: https://ceur-ws.org/Vol-3806/S_61_Shevchenko_Syvytskyi.pdf.

- Хмельницький А. В. «Цифрова модернізація публічного управління: роль ШІ» (2025). Дисертація PhD. — Режим доступу: <https://karazin.ua/storage/static-content/source/documents/aspirantura/zakhysty/Khmelnyskyi/15-07/dysertatsia-15-07.pdf>.

9.2. Поданий у п.2.1 матеріал загалом є змістовно насиченим і логічно структурованим, проте потребує певного редакційного уточнення щодо узгодженості окремих теоретичних положень із прикладними механізмами формування агентних взаємодій у трудовому середовищі ІТ-проектів. Зокрема, доцільно було б більш чітко підкреслити зв'язок між формалізованими моделями (зокрема матрицями та функціями оновлення станів агентів) і їх впливом на практичну результативність розподілу трудових ресурсів.

9.3. У поданому фрагменті з формулами (2.15) та (2.16) логічно окреслено взаємозв'язок між людським капіталом, організаційною культурою та потенціалом управлінських змін, однак цей опис потребує більш чіткого редакційного узгодження з контекстом мультиагентного розподілу трудових ресурсів. Доцільно було б додатково розкрити, яким чином наведені індекси НС та УС впливають на результативність мотивації агентів у процесах адміністрування девелоперських будівельних проектів. Також бажано конкретизувати механізм переходу від теоретичних залежностей до їх використання в алгоритмах розподілу та прийняття рішень у мультиагентному середовищі. Це дозволило б посилити прикладну інтерпретацію моделі та її безпосередній зв'язок із ефективністю управління ресурсами.

9.4. Розглянутий в п.3.1. на стор.130-131, рис. 3.6 та супровідним формалізованим описом задачі оптимізації загалом логічно відображає концепцію мультиагентного управління та демонструє її теоретичну цілісність. Водночас доцільно було б посилити його розрахунково-ілюстративну складову шляхом наведення конкретного числового прикладу застосування запропонованих співвідношень для окремих агентів. Зокрема, бажано було б продемонструвати покроковий розрахунок зміни стану агента за функцією переходу та результат оптимізаційної задачі для типового кейсу. Це дозволило б більш наочно простежити практичну реалізацію моделі та підвищило б рівень її прикладної інтерпретованості. Таке доповнення не

змінює загальної концепції, але суттєво підсилює її демонстраційну та верифікаційну складову.

9.5. Використання формули (3.12) та даних таблиці 3.1 у контексті сценарного підходу до мультиагентного розподілу ресурсів загалом є методично обґрунтованим і логічно узгодженим. Водночас потребує більш чіткого пояснення змістовне наповнення часткових показників E_{delay} , E_{budget} та E_{innov} , а також їх зв'язок із параметрами агентної взаємодії.

9.6. У цілому представлений прикладний інструментарій дисертаційного дослідження характеризується високим рівнем концептуальної опрацьованості та системністю побудови, однак у межах опису окремих підсистем і модулів програмного комплексу на стор. 157-160 спостерігається певна узагальненість викладу. Зокрема, недостатньо детально розкрито внутрішню структуру окремих компонентів, а також механізми їхньої взаємодії та інформаційного обміну між модулями. Доцільним було б більш предметно конкретизувати реалізаційні аспекти функціонування запропонованих модулів у прикладному середовищі. Така деталізація сприяла б кращому розумінню практичної реалізації інструментарію та підвищила б наочність запропонованих рішень.

9.7. Автор справедливо вказує на перспективи досліджень, проте дуже важливим, на наш погляд, перспективним напрямом є перехід від імітаційних моделей до систем автономного оперативного управління, де мультиагентна система зможе самостійно перерозподіляти наряди-допуски в режимі реального часу на основі даних з пристроїв (wearables), що носять робочі, мінімізуючи людський фактор при прийнятті рутинних рішень.

9.8. На наш погляд, суттєво покращити роботу могли б наступні доповнення:

9.8.1. Інтеграція з технологіями цифрових двійників (Digital Twins) будівель: Більш детальний опис того, як розподіл персоналу змінюється не просто у BIM-моделі, а у живій моделі, синхронізованій з датчиками на об'єкті.

9.8.2. Розширення вибірки для апробації: Незважаючи на наявність 3 актів впровадження, результати були б переконливішими при проведенні порівняльного експерименту на великому інфраструктурному проекті державного значення.

Водночас зазначені зауваження не знижує загальної позитивної оцінки наукового рівня та прикладної спрямованості розробки.

10. Загальний висновок опонента. Дисертаційне дослідження Данілова Сергія Юрійовича «Моделі та методи мультиагентного розподілу

трудових ресурсів у середовищі будівельних девелоперських проєктів в умовах невизначеності» виконано в межах галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та відповідає сучасним вимогам, що висуваються до наукових робіт рівня доктора філософії. Отримані результати характеризуються системністю, логічною узгодженістю та спрямованістю на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності управління трудовими ресурсами в умовах невизначеності будівельних девелоперських проєктів, а наукові положення, висновки та рекомендації є достатньо обґрунтованими й достовірними завдяки використанню сучасного аналітичного інструментарію та моделювальню. Робота виконана з дотриманням вимог чинного «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України, а також нормативних актів у сфері атестації здобувачів вищої освіти, зокрема «Наказу МОН України № 40 від 12.01.2017» (зі змінами). Науковий головний результат полягає у формуванні цілісного методико-аналітичного підґрунтя мультиагентного розподілу трудових ресурсів, розвитку концепції «цифрового працівника» та вдосконаленні архітектури агентної взаємодії й інтелектуалізованих механізмів управління. Це підвищує адаптивність і ефективність проєктів у цифровому середовищі. Основне практичне значення досліджень полягає у можливості застосування результатів для підвищення ефективності управління трудовими ресурсами в умовах цифрової трансформації будівельної галузі та розвитку мультиагентних систем підтримки прийняття рішень.

З урахуванням викладеного, дисертаційна робота відповідає встановленим вимогам, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

д.т.н., професор,
в.о. завідувача кафедри
будівельних технологій
Одеської державної академії
будівництва і архітектури.

Олександр МЕНЕЙЛЮК