

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Савченка Іллі Олександровича

«Інструментарій освоєння підземного простору мегаполісів на основі
модифікованого методу морфологічного аналізу»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 01.05.04 – Системний аналіз і теорія оптимальних рішень.

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження

Проблема неконтрольованої урбанізації для сучасного суспільства є однією з найбільш актуальних і складних для розв'язання, оскільки міста як центри тяжіння соціально активного населення пропонують унікальні можливості з самовдосконалення, розвитку, ведення бізнесу, отримання послуг, що веде до невідворотного росту мегаполісів і агломерацій по всьому світу, але при цьому потенціал розширення і збільшення щільності міст є зазвичай обмеженим, тому тенденція подальшої технологізації, експансивного розвитку веде до критичного підвищення рівня так званих «хвороб урбанізації» – стресу, шуму, забруднення, які негативно впливають на рівень якості життя людей, і можливості сталого розвитку. Тому освоєння міського підземного простору і розвитку підземного будівництва є актуальною задачею в усьому світі – все більше країн стикаються з неможливістю подальшого розвитку міст «вшир» і «вгору», і намагаються експлуатувати підземний простір.

Підземна урбаністика як невід'ємна складова сучасного мегаполісу вже вийшла за межі окремих локальних об'єктів, і стає системним фактором розвитку міст. Для ефективності сучасного планування мегаполісів особливу увагу слід звернути на забезпечення сталого розвитку міста – забезпечення поточних потреб суспільства без завдання шкоди і невідворотних втрат ресурсів для майбутніх поколінь. Це вимагає розвитку відповідного надійного науково-методологічного фундаменту, який дозволить передбачувати майбутні зміни, і формувати політику розвитку міста, будувати плани розвитку міста з урахуванням синергії наземної і підземної забудови.

Станом на поточний час існують концепції розвитку підземних доповнень міст, і є велика кількість як запланованих, так і вдалих реалізованих проєктів. Однак найбільш раціональні рішення мають враховувати особливості конкретного міста, інженерно-геологічні характеристики території, структурно-функціональні, екологічні, економічні, соціальні аспекти функціонування міста. Відтворити такі проєкти у інших містах, практично неможливо, або недоцільно через суттєву відмінність умов і обставин функціонування різних міст. Використання концепцій розвитку і планування наземного міста недоцільне для підземного будівництва через принципово відмінну його природу.

Це призводить до необхідності створення системного підходу, і реалізації відповідного інструментарію, який забезпечить формування концепції освоєння підземного простору з урахуванням інженерно-геологічних, структурно-функціональних, екологічних, соціальних, безпекових факторів, що і обумовлює актуальність поставлених в дисертаційній роботі завдань.

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

Дослідження за темою дисертаційної роботи були виконані в рамках ряду науково-дослідних тем МОНУ та НАНУ, грантів українських і міжнародних організацій:

- “Розробка інформаційної системи супроводження процесу передбачення” (МОНУ, 2012–2013 рр.);
- “Розробка теоретичних засад прийняття рішень на основі методології передбачення” (НАНУ, 2012–2016 рр.);
- “Розробка інформаційно-експертної системи передбачення з урахуванням поглибленої аналітики неструктурованих даних” (МОНУ, 2014–2015 рр.);
- “Modeling and Mitigation of Social Disasters Caused by Catastrophes and Terrorism” (грант НАТО Science for Peace and Security, 2015–2017 рр.);
- “Побудова інформаційно-аналітичної системи передбачення соціальних лих, викликаних катастрофами і тероризмом” (МОНУ, 2016–2017 рр.);

- “Розвиток підземної урбаністики як системи освоєння георесурсів великих міст” (МОНУ, 2017–2019 рр.);
- “Розроблення теоретичних засад сценарного аналізу на основі великих обсягів слабкоструктурованої інформації” (НАНУ, 2017–2021 рр.)
- “Побудова інформаційно-аналітичної платформи сценарного аналізу на основі великих обсягів слабкоструктурованої інформації” (МОНУ, 2018–2020 рр.);
- “Інструментарій планування підземної інфраструктури великих міст для забезпечення мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору на основі системної методології” грант НФДУ, 2020–2021 рр.);
- “Інструментарій моделювання і сценарного аналізу планування розвитку інфраструктури мегаполісу в умовах екологічних, техногенних і терористичних загроз” (НАНУ, 2021–2022 рр.);
- “Розробка моделей та методів розв’язання задач передбачення на основі великих обсягів слабкоструктурованої інформації в умовах невизначеності” (НАНУ, 2022–2024 рр.);
- “Моделювання ризиків та захист від критичних впливів споруд міської підземної інфраструктури та цивільного захисту” (МОНУ, 2024–2026 рр.).

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації

У роботі використано методологічний апарат системного аналізу, теорії прийняття рішень, модифікованого методу морфологічного аналізу (МММА), теорії нечітких чисел. Моделі для розглянутих в дисертаційному дослідженні задач порівняння об’єктів підземного будівництва побудовані і оцінені з використанням принципів системного аналізу, за допомогою фахівців з геоінженерії, і отримані результати в цілому узгоджуються з їх уявленнями і рекомендаціями. Для підвищення достовірності результатів також застосовані процедури оцінювання протирічності, аналізу чутливості, оцінювання упередженості моделей. Для задачі оцінювання пріоритетності тунелів порівняні результати, отримані за допомогою МММА і гібридного методу на

основі МММА і методу аналізу ієрархій, що дозволяє співставити результати, отримані різними підходами.

Все вищезазначене дає змогу говорити про значну обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

4. Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, переліку умовних позначень, семи основних розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота викладена на 332 сторінках і містить 320 сторінок основної частини, 67 рисунків, 89 таблиць, і список використаних джерел із 176 найменувань.

У *вступі* обґрунтовується актуальність роботи, ставиться наукова проблема і мета, відповідно до яких формулюються завдання дослідження. Наведено наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів, інформацію щодо опублікованих за темою дисертації робіт, і апробацію на конференціях.

У *першому розділі* проаналізовано сучасні наукові джерела стосовно проблематики підземної урбаністики, існуючих підходів до розв'язання пов'язаних із нею задач, в тому числі з використанням підходів системного аналізу, і методу морфологічного аналізу зокрема. Розглядається підхід до побудови інструментарію освоєння підземного простору на основі МММА.

У *другому розділі* наведено низку прийомів, модифікацій, алгоритмів, процедур МММА, які покликані полегшити роботу з недосконалими вхідними даними, що характеризуються невизначеністю, неточністю, неповнотою, нечіткістю, протиріччю тощо. Важливою особливістю дисертації є розгляд кожного типу недосконалості окремо, з відповідними доповненнями до МММА, які здатні нівелювати невизначеності, спричинені такими рисами вхідних даних.

У *третьому розділі* запропоновано прийоми інтеграції МММА з процедурою передбачення за рахунок використання напівавтоматизованих процедур отримання структур морфологічних таблиць із фрагментів баз знань,

а також отримання вхідної інформації для задач МММА шляхом використання результатів текстової аналітики великого корпусу документів. Важливість цих підходів визначається тим, що задача освоєння підземного простору мегаполісів супроводжується швидкою генерацією надвеликих масивів даних і знань, обробка яких виходить за межі можливостей людини.

У *четвертому розділі* пропонується апарат використання мереж морфологічних таблиць для складних задач з великою кількістю об'єктів, що взаємодіють. Такий апарат суттєво розширює можливості раніше розробленого двоетапного МММА, і придатний для розв'язання більш широкого класу задач, до якого відносяться також і задачі підземної урбаністики.

У *п'ятому розділі* наводиться короткий опис розробленого програмного забезпечення МММА для задач різного роду. Створення такого програмного забезпечення є важливим з точки зору полегшення доступу до розробленого інструментарію для осіб, що приймають рішення.

У *шостому розділі* наводяться розроблені на основі МММА моделі для задач освоєння підземного простору. Розглядаються задачі оцінювання ділянок будівництва підземних об'єктів з точки зору інженерно-геологічних факторів; оцінювання ділянок для конкретних типів підземних об'єктів (паркінги, тунелі), що вимагають врахування додатково і структурно-функціональних факторів; оцінювання ризиків від впливу небажаних подій на об'єкти підземної забудови; задача структурно-функціонального планування підземного простору мегаполісів з використанням мережі морфологічних таблиць як узагальнення попередніх моделей.

У *сьомому розділі* розроблені в попередньому розділі моделі випробовуються на реальних практичних задачах порівняння ділянок м. Києва для підземного будівництва; оцінювання пріоритетності побудови автомобільних тунелів, передбачених Генпланом м. Київ; оцінювання альтернативних проєктних ділянок будівництва Одеського метрополітену; порівняння підземного і трубного каналізаційних дюкерів під р. Дніпро з точки зору протистояння різним типам загроз. Також демонструється робота

розроблених у другому розділі процедур, що підвищують довіру до результатів методу в умовах невизначеності і недосконалості вхідних даних.

У висновках робиться підсумок виконаних досліджень, в чіткій і зрозумілій формі наводиться перелік результатів і досягнень, що містяться в дисертаційній роботі.

Додатки містять список публікацій здобувача за темою дисертації, допоміжні цифрові дані, акти впровадження результатів роботи.

Структура дисертаційної роботи є логічною, послідовною, і добре відображає зміст виконаних досліджень.

5. Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. Вперше створено системний підхід до застосування модифікованого методу морфологічного аналізу в проблемах освоєння підземного простору мегаполісів, що відрізняється розглядом запланованих об'єктів у комплексі наземної та підземної урбаністичних систем, врахуванням невизначеностей та багатofакторних ризиків.

2. Вперше запропоновано підходи, методи, прийоми, процедури, алгоритми роботи з різними типами невизначеностей вхідної інформації у методі морфологічного аналізу з урахуванням характеру цієї невизначеності: неточності, неповноти, нечіткості, протирічності, недостовірності вхідної інформації.

3. Вперше запропоновано шляхи узгодження МММА з етапом збору даних у процесі передбачення у вигляді прийомів видобування морфологічних таблиць з семантичних мереж, а також оцінювання вхідних даних у МММА на основі результатів текстової аналітики, що відрізняються більшим ступенем автоматизації і зменшенням суб'єктивності отриманої інформації.

4. Вперше розроблено методологічний і математичний апарат побудови і оброблення мереж морфологічних таблиць для складних системних задач, що відрізняється можливістю включати в процес морфологічного дослідження

множину об'єктів, що взаємодіють між собою, і надавати підтримку прийняття рішень щодо всієї системи.

5. Вперше побудовано ряд моделей на основі МММА для підтримки прийняття рішень в практичних задачах освоєння підземного простору з урахуванням взаємодії з іншими урбаністичними об'єктами і системами, невизначеностей та багатофакторні ризиків:

- модель для оцінювання ділянок будівництва підземних об'єктів;
- модель для оцінювання пріоритетності побудови паркінгів і тунелів з урахуванням інженерно-геологічних, структурно-функціональних, безпекових факторів;
- модель для оцінювання пріоритетності розвитку альтернативних ділянок метрополітену;
- моделі для оцінювання небажаних подій для урбаністичних об'єктів.

6. Вперше розроблено узагальнену модель на основі мережі морфологічних таблиць для забезпечення структурно-функціонального планування підземного простору і оцінювання потенціалу території підземного будівництва, що характеризується синтезом функціонально-планувальної організації міського простору та інженерно-геологічних факторів геологічного середовища для територій, що розглядаються.

6. Практичне значення результатів дисертаційного дослідження

В дисертаційному дослідженні наводиться ряд практичних інструментів розв'язання задач освоєння підземного простору, які були успішно випробувані на реальних задачах м. Києва, і можуть бути застосовані для інших подібних досліджень як для українських, так і зарубіжних мегаполісів. Отриманий практичний інструментарій може представляти інтерес для інвесторів, міських адміністрацій, громадських організацій, оскільки він надає можливість порівняння будь-яких інших об'єктів інфраструктури і формування основ системної стратегії розвитку міського підземного простору з метою мінімізації військових, техногенних і природних загроз.

В результаті виконання досліджень були сформовані «Рекомендації з мінімізації екологічних і техногенних ризиків при плануванні урбаністичного простору м. Києва», впроваджені в ТОВ «Геоінжинірінг компанії».

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі Навчально-наукового інституту прикладного системного аналізу КПІ ім. Ігоря Сікорського при викладанні дисциплін «Системний аналіз», «Моделювання складних систем» тощо, про що також є відповідний акт впровадження.

7. Повнота викладу основних результатів дисертації

Результати дисертаційного дослідження викладені у 35 публікаціях:

- 2 монографії (1 українською мовою, 1 англійською мовою, що індексується в б.д. Scopus);
- 1 розділ у колективній монографії, проіндексований в б.д. Scopus;
- 16 статей у фахових виданнях:
 - 8 статей у виданнях, що індексуються в б.д. Scopus та/або WoS, в т.ч. 2 у виданнях другого квартилю, 2 у виданнях третього квартилю відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank;
 - 7 статей у періодичних фахових виданнях України, віднесених до категорії «Б» або з переліку МОНУ наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії (до 2019 року);
 - 1 стаття у періодичному фаховому закордонному виданні;
- 16 опублікованих доповідей на всеукраїнських і міжнародних конференціях (в т.ч. 5 у виданнях, що індексуються в б.д. Scopus та/або WoS).

Кількість і зміст опублікованих робіт дають змогу зробити висновок про достатню повноту викладення основних результатів дисертаційного дослідження.

Присутні також матеріали, що додатково відображають результати дисертації, зокрема навчальний посібник з грифом МОНУ, авторське свідоцтво на комп'ютерну програму тощо.

8. Мова та стиль дисертації

Дисертація написана державною мовою, загалом грамотно і зрозуміло. Матеріал викладено в чіткій логічній послідовності, наукова термінологія є загальновизнаною, розділи взаємопов'язані і в достатній мірі розкривають зміст проведених досліджень і їх результатів, нових наукових положень, висновків та рекомендацій, що забезпечує доступність сприйняття роботи.

Наведені моделі, і їх використання для розв'язання задач супроводжуються якісними ілюстраціями, таблицями і аналізом отриманих результатів.

В роботі не виявлено елементів фальсифікації, фабрикації, компіляції, плагіату та запозичень, а використані ідеї і результати інших авторів мають відповідне посилання на джерело.

9. Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційної роботи

1) В роботі розглядаються тільки нечіткі експертні оцінки з трикутною функцією належності. Доцільно було б обґрунтувати цей вибір, і розглянути також задачу із іншими типами функцій належності.

2) В підрозд. 2.7 на стор. 122 зазначається, що в дослідженні використовуються тільки симетричні матриці взаємозв'язків, оскільки використання асиметричних матриць взаємозв'язків несе в собі різке ускладнення методу для експертів і аналітика, однак при цьому не пояснюються причини і зміст такого ускладнення. Розроблення підходу з використанням асиметричних матриць взаємозв'язків дало б змогу іншим дослідникам самостійно робити висновки і вирішувати питання вибору того чи іншого підходу.

3) З підрозд. 3.2 незрозуміло, якого розміру має бути корпус текстів відносно об'єкту дослідження для забезпечення прийнятної точності отриманих оцінок.

4) В розд. 4 на стор. 152 згадується можливість використання мереж морфологічних таблиць в режимі моніторингу із залученням розроблених у розд. 3 процедур оцінювання на основі текстової аналітики. Доцільно було б детально описати математичний апарат, який при цьому використовується, і продемонструвати його на деякому прикладі.

5) В підрозд. 6.1 інформація щодо способів роботи з морфологічними моделями фактично повторює інформацію, наведену в підрозд. 4.2, з певним узагальненням. Логічніше було б одразу викласти ці рекомендації в розділі 4, вказавши роботу з мережею таблиць для запобігання катастрофам як окремий випадок.

6) З опису гібридної моделі на основі МММА і методу аналізу ієрархій незрозуміло, з яких міркувань в формулі (6.2) використана саме основа «9».

7) В п. 7.1.2 не пояснюється, чи були виправлені виявлені протиріччя в матриці взаємозв'язків.

Наведені зауваження носять дискусійний характер та не знижують наукову і практичну цінність результатів роботи, її загальну позитивну оцінку.

10. Відповідність реферату змісту дисертаційної роботи

У тексті реферату відображено основні положення, зміст, результати та висновки виконаного дослідження. Зміст реферату та основні положення дисертаційної роботи є ідентичними.

11. Загальний висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Вважаю, що дисертаційна робота Савченка Іллі Олександровича на тему «Інструментарій освоєння підземного простору мегаполісів на основі модифікованого методу морфологічного аналізу», відповідає формулі й галузі досліджень паспорту спеціальності 01.05.04 «Системний аналіз і теорія оптимальних рішень», є завершеною науковою працею, виконаною на високому науковому і методичному рівнях, в якій представлені нові наукові результати, спрямовані на вирішення важливої науково-технічної проблеми

створення системної методології, що формує комплексне бачення підземного будівництва з урахуванням невизначеностей і багатофакторних ризиків.

Вважаю, що за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем теоретичних і практичних досліджень, достовірністю та обґрунтованістю висновків, науковою новизною та практичною цінністю, змістом та оформленням, дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п. 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету міністрів України від 17.11.2021 №1197, а її автор, Савченко Ілля Олександрович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.04 – Системний аналіз і теорія оптимальних рішень.

Офіційний опонент:

д.ф.-м.н., професор

професор кафедри системного аналізу

та теорії прийняття рішень

Київський національного університету

імені Тараса Шевченка

Олександр НАКОНЕЧНИЙ

ПІДПИС
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
КАРАУЛ
14

