

РІШЕННЯ
спеціалізованої вченої ради PhD 8247
про присудження ступеня доктора філософії

Спеціалізована вчена рада Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича PhD 8247, Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 11 «Математика та статистика» на підставі прилюдного захисту дисертації «Моделювання прогнозування поширення епідемій методами рухомих клітинних автоматів та навчанням з підкріпленням», за спеціальністю 113 – «Прикладна математика» «10» червня 2025 року.

Косович Ігор Тарасович народився 30 липня 1997 року у місті Коломия Івано-Франківської області, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2020 році Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича за спеціальністю 113 - «Прикладна математика» .

На сьогодні є аспірантом кафедри математичного моделювання Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

1 березня 2021 р. поступив на денну форму навчання аспірантури Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. За період навчання підготував дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика» та виконав освітньо-наукову програму.

Дисертацію виконано у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича, Міністерство освіти і науки України, м. Чернівці.

Науковий керівник – Ігор Михайлович Черевко, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри математичного моделювання Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Здобувач має 9.5 наукових публікацій за темою дисертації, з них 1.5 статті у фахових виданнях України категорії «Б», 2 наукові праці в іноземних періодичних наукових виданнях, проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus, 6 праць, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

1. Косович І. Т., Щур Т. В., Черевко І. М. Математичне та імітаційне моделювання епідеміологічних процесів. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки: Зб. наукових праць. Кам'янець-Подільський, 2022. Вип. 23. С. 49-57. ISSN: 2308-5878.

(Черевку І. М. належить постановка задачі, визначення загальної схеми досліджень, Щур Т. В. – результати п. 2, а результати п. 1, 3 – автору)..

2. Черевко І. М., Косович І. Т. Імітаційне моделювання SIR моделей методом клітинних автоматів. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія "Математика і інформатика". Т. 45, No 2. Ужгород : Видавництво УЖНУ "Говерла", 2024. С. 276-285. ISSN: 2616-7700.

(Черевку І. М. належить постановка задачі та обговорення результатів).

3. Kosovych I., Cherevko I., Vyklyuk Y., Nevinskyi D. Simulation of Various Distribution Restrictions of COVID-19 using Cellular Automata. Proceedings – International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT (26–28 September 2022, Spisska Kapitula, Slovakia). P. 58-61. ISSN: 2770-5226 (Scopus).

(Черевку І. М. та Виклюку Я. І. належить визначення загальної схеми досліджень, Невінському Д. – обговорення результатів).

4. Kosovych I., Cherevko I., Shchur T., Shkilniuk D. Computer Modeling of the Dynamics of Epidemiological Processes. Proceedings – International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT (19-21 September 2024, Ceske Budejovice, Czech Republic). P. 32-35. ISSN: 2770-5226 (Scopus).

(Черевку І. М. належить постановка задачі, визначення загальної схеми досліджень, Щур Т. В. – результати п. 2, Шкільнюку Д. В. – обговорення результатів, а результати п. 1, 3 – автору).

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради.

Малик Ігор Володимирович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри математичних проблем управління і кібернетики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Бомба Андрій Ярославович, доктор технічних наук, професор кафедри інформатики та прикладної математики національного університету водного господарства та природокористування.

Бармак Олександр Володимирович, доктор технічних наук, завідувач кафедри комп'ютерних наук Хмельницького національного університету.

Угрин Дмитро Ілліч, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Газдюк Катерина Петрівна, доктор філософії (PhD), доцент, завідувач кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Бомба Андрій Ярославович, доктор технічних наук, професор кафедри інформатики та прикладної математики національного університету водного господарства та природокористування. Висловлені такі зауваження:

1. Аналізуючи граничні значення розв'язків SIR моделі одержано вираз $I_{\max}$ для максимальної кількості інфікованих осіб (2.18) Даний вираз містить параметри α та β , які потрібно знаходити статистичними методами в кожному конкретному випадку, що не дозволяє ефективно оцінити величину $I_{\max}$ на практиці.

2. У моделі клітинних автоматів, що розглядається у дисертації, взаємодія між агентами ґрунтується на детермінованих, фіксованих правилах, однакових для всіх. Такий підхід спрощує реалізацію, але не враховує реальну соціальну неоднорідність. Введення стохастичності у правила взаємодії або використання персональних профілів поведінки для різних типів агентів зробило б модель значно ближчою до реальності.

3. При моделюванні динамічних систем, особливо таких, як епідемії, початкові умови мають вирішальний вплив на перебіг процесу. Проте в роботі відсутній аналіз чутливості моделі до таких факторів:

- кількість стартових інфікованих осіб,
- випадкове розміщення інфікованих осіб на сітці з різною щільністю населення.

4. У третьому розділі дисертації для реалізації методів машинного навчання використовуються алгоритми A2C (Advantage Actor-Critic) та DQN (Deep Q-Network), але не обґрунтовано, чому саме ці методи були обрані серед багатьох доступних в reinforcement learning (наприклад, PPO, SAC, TRPO, DDPG).

5. У дисертаційній роботі вказується на можливість впровадження розроблених схем та алгоритмів моделювання, однак доцільно було б більше уваги приділити практичному використанню результатів в медичній системі.

Бармак Олександр Володимирович, доктор технічних наук, завідувач кафедри комп'ютерних наук Хмельницького національного університету. Висловлені такі зауваження:

1. У розділі 1 досить детально наведено огляд та аналіз існуючих основних наукових праць та підходів за темою дисертаційного дослідження, проте, у висновку до розділу (чи у окремому підрозділі) не наведені завдання дослідження, які саме і впливають з наведеного аналізу.

2. На думку опонента, у роботі дещо некоректно сформульована мета. Наведене формулювання є скоріше шляхом досягнення мети а не метою. Опонент рекомендував би наступне формулювання (як один із варіантів): *Метою роботи є пошук оптимальних стратегій обмежувальних заходів для боротьби з інфекційними хворобами шляхом поєднання методів математичного моделювання та машинного навчання.*

3. На думку опонента, у роботі, також, дещо некоректно сформульований об'єкт та предмет дослідження. Все ж об'єктом наведеного дослідження є «процес» або «процеси».

4. Зауважу, що мова дисертації є українська, проте, по тексту, є велика кількість рисунків, графіків та таблиць які містять англomовний вміст (наприклад, рис. 2.4, 2.5, 2.6., 3.3, 3.4, табл. 2.2 тощо).

5. При викладені матеріалу у розділі 3 (наприклад, ст.96-97) наведено по тексту безпосередньо фрагменти програмних кодів. Бажано було б, замість безпосередніх програмних кодів, які містять багато надлишкової інформації, викладати матеріал або за допомогою алгоритмів на псевдо-коді, або на математичному псевдо-коді, або за допомогою схематичного подання, у вигляді блок-схем тощо.

6. При викладені матеріалу здобувач використовує термін «додаток». Зауважу, що це є некоректним терміном. Варто було використовувати термін «застосування», «застосунок».

7. У дисертації, у Додатку В, наведена частина програмного коду, яких використовувався у дослідження. На думку опонента, таке подання є не повним та не дуже вдалим. Варто було помістити весь програмний код у одному з публічних веб-сервісів, які саме для цього призначені (наприклад, GitHub). Навести там структуру розміщення коду, пояснення тощо.

8. Обчислювальна складність та масштабованість: моделі РКА та особливо навчання з підкріпленням у складних середовищах можуть бути надзвичайно вимогливими до обчислювальних ресурсів. Цікаво було б уточнити питання масштабованості запропонованого підходу? Наскільки практичним є його застосування для великих популяцій чи складних географічних регіонів?

9. У п.2.2 частина матеріалу відведена аналізу властивостей клітинних автоматів та їх класифікації. Бажано було б цей матеріал винести в розділ присвячений огляду літературних джерел.

10. Для підвищення практичної значущості результатів дисертації варто було б провести моделювання на реальних статистичних даних, наприклад, порівнюючи результати моделювання із даними від МОЗ або ВООЗ.

Угрин Дмитро Ілліч, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

1. В огляді літератури можна було б приділити більше уваги сучасним дослідженням гібридних підходів, що поєднують різні методи моделювання.

2. Бажано було б розроблені в розділах 2 та 3 алгоритми для моделювання епідемій подати у вигляді наглядних блок-схем, або детальніше їх формалізувати.

3. Обґрунтування вибору параметрів навчання (функція винагороди, параметри алгоритму) потребує додаткових пояснень. Аналіз чутливості результатів моделювання до зміни параметрів потребує розширення.

4. Було б варто провести порівняльний аналіз ефективності розробленого прикладного застосунку із існуючими програмними застосунками для моделювання епідеміологічних процесів.

5. Недостатня увага в роботі приділена до вимог обчислювальних ресурсів. Використання методів машинного навчання вимагає значних обчислювальних потужностей.

6. У дисертаційній роботі вказується на можливість впровадження розроблених схем та алгоритмів моделювання, однак доцільно було б більше уваги приділити практичному використанню результатів в медичній системі.

7. Не вистачає порівняння розробленого додатку з існуючими аналогами.

8. Потребує більш детального опису процес розгортання та тестування додатку.

9. Дисертаційна робота добре стилістично і грамотно оформлена, хоча і містить незначну кількість технічних неточностей.

Газдюк Катерина Петрівна, доктор філософії (PhD), доцент, завідувач кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

1. Не вистачає порівняння розробленого додатку з існуючими аналогами.

2. Варто було б додатково провести аналіз масштабування досліджуваних моделей, розглянувши зміну поведінки моделей при переході від локального до регіонального чи національного рівнів.

3. Бажано розширити кількість сценаріїв моделювання, враховуючи додаткові фактори, такі як нерівномірне впровадження обмежень, зміна поведінки населення, міграційні потоки та інші соціальні аспекти.

4. Визначення функції винагороди, яка повинна адекватно балансувати між різними, часто суперечливими цілями (мінімізація захворюваності, смертності, економічних втрат, соціальних обмежень) є складним завданням. Бажано було б детальніше описати обґрунтування процесу вибору функції винагороди у випадку довгострокової перспективи.

5. Пояснення вибору алгоритмів навчання з підкріпленням потрібно було зробити детальніше. Вказати чи враховувалися особливості задачі: розмірність простору дій, вимоги до швидкості моделювання та здійснити порівняльний аналіз з іншими підходами, що використовуються у цій галузі.

6. Недостатнє документування коду розробленого програмного застосунку. Хоча додатки містять вихідні файли, відсутня повноцінна інструкція з розгортання та опис API-ендпоінтів, що ускладнює можливості повного його використання сторонніми дослідниками.

На дисертаційну роботу Косовича Ігоря Тарасовича надійшло два звернення. Вони позитивні та підтримують актуальність і значущість дослідження, хоча містять окремі рекомендації щодо перспектив подальших досліджень.

Перше звернення від Михайла Петрика — доктора фізико-математичних наук, професора, завідувача кафедри програмної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. У зверненні відзначається висока теоретична і практична цінність дисертації, сучасність використаних підходів та повнота апробації результатів. Окремо підкреслюється доцільність подальшого розширення спектру факторів, які враховуються у моделях (наприклад, соціально-економічних аспектів), для підвищення практичної цінності роботи.

Друге звернення від Володимира Федорчука — доктора технічних наук, професора кафедри комп'ютерних наук Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Автор позитивно оцінює наукову новизну і результати моделювання, звертає увагу на якість проведених симуляцій та апробацію підходів навчання з підкріпленням. Як рекомендацію для майбутніх досліджень відзначає доцільність поглиблення аналізу впливу зовнішніх параметрів та порівняння результатів моделювання із даними інших країн для підвищення міжнародної валідності результатів.

Обидва звернення засвідчують завершеність, самостійність і актуальність дисертації та містять слушні побажання щодо перспектив її подальшого розвитку.

Результати голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів голосування спеціалізована вчена рада PhD 8247 присуджує Косовичу Ігорю Тарасовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 – «Прикладна математика».

Голова спеціалізованої
вченої ради PhD 8247,
доктор фізико математичних наук,
професор, завідувач кафедри
математичних проблем
управління і кібернетики
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича



Ігор МАЛИК