

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу Богданова Олександра В'ячеславовича та тему «Моделі і методи стохастичної оптимізації та керування у математичній епідеміології», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика», доктора фізико-математичних наук, професора Шевченка Георгія Михайловича

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Теорія і методи стохастичної оптимізації, керування та моделювання є потужними інструментами, які мають величезний потенціал для вирішення низки захоплюючих прикладних завдань. Вони надають змогу розв'язувати проблеми, які виникають в умовах недостатньої інформації та підвищеного ризику, а також сприяють ефективному управлінню складними системами.

Серед цих застосувань особливе місце відводиться проблемам епідемічної безпеки. Здатність передбачати розвиток епідемічних процесів, оцінювати їхні ризики та шукати оптимальні рішення стає критично важливою у сучасному світі. Ми бачили приклад цього під час пандемії COVID-19, коли наслідки вірусу були катастрофічними, а втрати, як людські життя, так і соціально-економічні, були несамовито великими. Не варто забувати, загроза подібних епідемій і надалі лишається високою.

Водночас, епідемічні процеси є надзвичайно складними та невизначеними, а інформація про них часто неповна. Тому, для ефективного управління цими викликами, необхідно розробляти нові стохастичні методи та моделі. У цьому контексті, актуальність теми дисертації не підлягає сумніву і видається надзвичайно важливою для подолання сучасних викликів епідеміології та громадського здоров'я.

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

Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних робіт: ММ/ВКМ 130.28.22 «Розробити методи стохастичного моделювання для підтримки епідемічної безпеки, прогнозування та мінімізації ризиків сучасних біозагроз» за постановою Бюро Відділення інформатики НАН України, протокол № 93 від 14.02.2022 р (Державний реєстраційний

номер: 0122U200267); ВП 130.24 «Розробити робастні методи нелінійного та квантильного регресійного аналізу для стохастичних систем за наявності апріорних обмежень на невідомі параметри» за постановою Бюро Відділення інформатики НАН України, протокол №1 від 25.06.2020р.(Державний реєстраційний номер 0121U109630), та проекту 20.02/0121 "Аналітичні методи та машинне навчання в теорії керування і прийняття рішень за умов конфлікту та невизначеності" за рішенням Наукової ради Національного фонду досліджень України, протокол №3 від 26.04.2023 р. (Державний реєстраційний номер роботи 0123U102943).

3. Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, є обґрунтованими і достовірними. Їх обґрунтованість і достовірність базуються на обробці значного обсягу літератури, побудові моделей та методів на основі чітких математичних принципів, застосуванні новітніх даних щодо структури досліджуваних об'єктів, доброму узгодженні результатів з даними, що були отримані іншими дослідниками.

4. Основні результати та їх наукова новизна.

Головною метою даної дисертації було створення нових математичних методів стохастичної оптимізації, оптимального керування та математичного моделювання для підтримки епідеміологічної безпеки країни. Ця робота націлена на отримання нових наукових результатів, спрямованих на вирішення важливих завдань у галузі оптимізації, керування та моделювання епідеміологічних загроз в умовах невизначеності та ризику.

Дисертація має логічну та послідовну структуру. Її основні результати є такими:

1. Отримані важливі оцінки параметрів дискретних стохастичних моделей епідемії, що включають в себе явні вирази для перших двох моментів кількості хворих в різні моменти часу та оцінку тривалості епідемії.
2. Запропонована нова стохастична дискретна модель епідемії, яка враховує вплив тривалості хвороби на рівень

інфекційності, і використовує важливі параметри для більш точного моделювання реальних даних.

3. Розроблена стохастична модель оцінки розвитку епідемії, яка враховує фактори, такі як гальмування інфікування, неоднорідність регіонів та змінні умови їх протікання.
4. Проведено моделювання для дослідження впливу змін у кількості безсимптомних хворих, коефіцієнта репродукції та обмежень на пересування між регіонами на рівень інфікування. З використанням методу Монте-Карло були оцінені очікувана кількість захворювань протягом певного часового проміжку, загальна кількість захворювань, тривалість епідемії та інші ключові показники.
5. Знайдені умови існування оптимальних стратегій вакцинації для мінімізації функціоналу ціни, пов'язаного з кількістю хворих та витратами на вакцинацію.

5. Практичне значення отриманих результатів.

Нові моделі та методи, розроблені в дисертаційній роботі, можна застосувати для прогнозування та оцінки наслідків епідемій, а також для знаходження рішень, спрямованих на мінімізацію ризиків виникнення епідеміологічних загроз. Результати роботи можуть бути використані для розробки інформаційних систем, які допомагатимуть у вирішенні епідеміологічних завдань, включаючи прогнозування кількості захворювань, смертей та збитків від епідемій, для визначення оптимальних стратегій вакцинації та для економічного обґрунтування прийняття рішень щодо лікування. На основі отриманих результатів можуть бути розроблені нові методи машинного навчання для подальших досліджень і розвитку інноваційних технологій у галузі епідеміології.

6. Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях.

Основні наукові результати та висновки сформульовано відповідно до поставлених задач дисертаційної роботи, опубліковано у 5 наукових працях, 3 з яких (2 самостійних) - англійською мовою в наукових журналах видавництва Springer, віднесених до квантилів Q1-Q3 та

проіндексовано в наукометричній базі SCOPUS. Наукові результати, одержані в дисертації, доповідались також на 5 міжнародних і вітчизняних наукових конференціях та надруковані у матеріалах цих конференцій.

7. Зауваження та рекомендації

Дисертаційна робота Богданова О.В. є завершеним науковим дослідженням, в якому наведено достатні за обсягом та науковою цінністю результати, виконано їх всебічний аналіз. Разом з тим, є деякі зауваження та рекомендації щодо проведення наукових досліджень у майбутньому.

1. Розділ 1 містить багато зайвої або відверто стандартної інформації, яка мало що додає до розуміння основних результатів. Вона подекуди навіть заважає розумінню, оскільки використані в подальшому позначення в багатьох випадках відрізняються від використаних у цьому розділі.
2. У теоремі 1.1 наведено не всі умови теореми верифікації для рівняння Беллмана, зокрема, про вимірну залежність керування від стану. Крім того, в самому рівнянні присутня зайва функція W .
3. У розділі 2 доцільно було б явно зазначити, від яких саме параметрів залежить функція затрат.
4. У теоремі 2.2 незрозуміло, що означає знак наближеної рівності.
5. На сторінці 118 неясно, що саме розуміється під «моментом завершення епідемії». Крім того, в постановці обмеження процесу на область V виглядає доволі штучним. Напевно, його зроблено, щоб задовольнити умови стандартних теорем щодо існування розв'язків і оптимальних керувань. Натомість хотілося б, щоб у роботі було запропоновано методи подолання проблем із тим, що умови не виконано, без запровадження штучних обмежень (наприклад, виродженість головної частини диференціального оператора в нулі можна було б пробувати подолати за допомогою логарифмування).
6. Формулювання теореми 4.2 про те, що певне рівняння має конкретний вигляд, доволі незграбне. Чи має це рівняння розв'язок? Чи він єдиний? Як цей розв'язок співвідноситься з розв'язком задачі оптимального керування? Хоча ці питання

складні (рівняння нелінійне та має розривний коефіцієнт), воно надзвичайно цікаве. Після теореми просто пропонується замінити похідні в рівнянні скінченними різницями без жодного аналізу збіжності подібних наближень. Крім того, крайові умови для цього рівняння виписано неправильно.

7. У роботі є досить багато описок і помилок, неузгоджених позначень і недбалого форматування, зокрема, на сторінках 41, 45, 60, 91, 98, 114, 121. Крім того, замість слова «симуляція», яке до того ж набуває специфічного відтінку в епідеміологічному контексті, варто було б ужити словосполучення «комп'ютерне моделювання».

Варто підкреслити, що зазначені зауваження мають скоріше технічний і рекомендаційний характер та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

8. Висновки.

Дисертаційна робота Богданова О.В. "Моделі і методи стохастичної оптимізації та керування у математичній епідеміології" на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика» є завершеною науково-дослідною роботою, яка за актуальністю, науковою новизною, практичною значимістю відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Богданов Олександр Вячеславович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційний опонент,

доктор фізико-математичних наук, професор.

академічний директор факультету бакалаврських студій

Приватної установи «Університет

«Київська школа економіки»»

Л. Шевченко



Л. Шевченко

Олександр Вірвілюк
керівник відділу кадрів