

Відгук

офіційного опонента на дисертацію Богданова О.В. «Моделі і методи стохастичної оптимізації та керування у математичній епідеміології» (спеціальність 113 – «Прикладна математика» галузь знань 11 – «Математика та статистика»), поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії доктора фізико-математичних наук, професора Чабанюка Я.М.

1. Актуальність теми дисертації

Епідемічна безпека стає вагомим чинником національної безпеки у ХХІ столітті. За останні 30 років число і різноманітність епідемічних явищ суттєво збільшувалася. До старих інфекційних хвороб додалися нові (наприклад, COVID-19), і очікується, що ця тенденція посилиться. Важливим інструментом вирішення цієї комплексної міждисциплінарної проблеми є інформаційні системи, які використовують математичні моделі та методи для розв'язання задач прогнозування та керування епідемічним процесом. Стохастичні математичні моделі епідемії найбільш адекватно відображають випадкові процеси поширення інфекцій, а зростаюча глобальна невизначеність потребує інтегрованих заходів для прогнозування динаміки тісно пов'язаних з ними екологічних та економічних процесів. Усе це потребує створення нових підходів для їх комплексного моделювання, що дозволить проводити дослідження кумулятивного ефекту різних джерел ризиків. Створення нових методів оцінки ризику дозволить розширити горизонт прогнозування в умовах невизначеності, оцінювати ризики необоротних змін довкілля та розробити стратегії щодо мінімізації їх руйнівних наслідків. Все це робить проблему прогнозування, попередження і ефективної протидії поширенню епідемії надзвичайно актуальною

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

Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідної роботи НАН України та Національного фонду досліджень України (НФДУ), а саме :1. 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 від 25.06.2020 р. №1 (Державний реєстраційний номер роботи 0121U109630); 2.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 від 14.02.2022 р. №93 (Державний реєстраційний номер: 0122U200267) та проекту 20.02/0121 “Аналітичні методи та машинне навчання в теорії керування і прийнятті рішень за умов конфлікту та невизначеності” за рішенням наукової ради Національного фонду досліджень України (протокол від 26.04.2023 р. №3 (Державний реєстраційний номер роботи 0123U102943).

3. Обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Наукові положення дисертаційної роботи, висновки є обґрунтованими, і відповідають меті та завданням дослідження. Основні наукові положення та висновки мають належне теоретичне та емпіричне обґрунтування. Це зумовлено, зокрема аналізом значної кількості вітчизняних та зарубіжних джерел, які відповідають темі дисертації.

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

Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковано у 10 наукових працях у виданнях, що входять до міжнародних науково-метричних баз і фахових наукових виданнях, а також у матеріалах міжнародних та національних конференцій.

Основні наукові положення та висновки сформульовані відповідно до поставлених задач дисертаційної роботи.

5. Основні наукові результати і їх наукова новизна.

Метою досліджень в дисертації є створення нових методів математичного моделювання для підтримки епідеміологічної безпеки країни. Це викликано складним стохастичним характером епідемічних процесів, а також притаманними їм неповнотою інформації та невизначеностями, які суттєво знижують ефективність традиційних детермінованих методів.

В дисертації розроблено нові стохастичні моделі та математичні методи для прогнозування розвитку епідемій, методів та алгоритмів розрахунку рівня вразливості систем епідемічної безпеки, керування епідеміями у вигляді керованих стохастичних процесів та чисельних методів пошуку їх оптимальних рішень. Розроблені нові моделі зможуть бути використати для дослідження складних епідемічних процесів, пошуку ефективних рішень для підтримки епідемічної безпеки.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел, який включає 164 найменування, та трьох додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, вказано на зв'язок з науковими програмами, що ведуться в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, сформульовано мету і завдання дослідження.

У першому розділі наведено досить детальний огляд літератури за темою дисертації, сформульовано необхідні означення та твердження, які у подальшому використовуються при формулюванні результатів дисертації, та наведено основні постановки задач, що досліджуються в роботі.

У другому розділі для дискретних стохастичних моделей епідеміології розв'язана задача мінімізації функції збитків та пошуку стратегій лікування, що досягають певного компромісу між витратами на лікування та збитками від епідемії, проведено асимптотичний аналіз оцінок параметрів для наведеної моделі з ростом кількості обстежених та вакцинованих хворих;

У третьому розділі запропоновано дискретні стохастичні моделі прогнозування епідемій, що враховують зміни рівня інфекційності шляхом використання оцінки методом максимальної вірогідності базового репродукційного числа, проведена велика кількість модельних досліджень та їх аналіз для різних районів проживання та різних карантинних заходів. Враховується, що зміна параметрів при запровадженні карантинних заходів відбувається не миттєво. Також використана можливість розбиття розвитку епідемії на кілька відрізків з різними значеннями параметрів та оцінка цих

параметрів для опису тривалих епідемій зі змінами динаміки захворювання та одужання.

У четвертому розділі розроблена стохастична модель епідеміології, що враховує гальмування процесу інфікування, пов'язаного з профілактичними заходами із попередження епідемії, неоднорідність регіонів України та різні умови протікання в них епідемії. У створеній моделі збільшено ступінь неоднорідності регіонів та враховано, що частини безсимптомних та легких хворих можуть змінюватися в залежності від стану медичної, соціальної та економічної сфер. Доданим стохастичним білим шумом для врахування випадкових збурень, знайдено умови існування оптимальних стратегій вакцинації для мінімізації функціонала ціни, що залежить від передбаченої кількості хворих та витрат, пов'язаних з вакцинацією та запропоновано математичні методи для їх знаходження.

6. Практичне значення отриманих результатів.

Результати дисертації можуть бути використані у багатьох прикладних галузях, що пов'язані з проблемами епідеміології. Вони можуть бути запроваджені для прогнозу кількості захворювань, смертей та збитків від епідемій, пошуку оптимальних стратегій вакцинації. Ці дослідження мають також важливе значення для економічного обґрунтування політики вакцинації населення, знаходження оптимальних рішень для прийняття стратегічних програм боротьби з інфекційними епідеміями.

7. Деякі зауваження та побажання.

1. Для подальшого дослідження критерії затрат, що фігурують у другому та четвертому розділах, має сенс розглядати і більш загальний вигляд критеріїв. У другому розділі для розв'язання задачі мінімізації затрат можна скористатися методами стохастичного квазіградієнта. У четвертому розділі для задачі оптимального керування складність задачі значно збільшується при загальній функції затрат, але при цьому її вирішенні значно поширить коло практичних застосувань.

2. У третьому розділі було б цікаво розглянути задачу статистичної оцінки невідомих параметрів та дослідити її асимптотичні властивості.

3. У задачах підрозділу 4.2 було б цікаво розглянути стохастичні моделі з дробовим вінерівським процесом, що дало б можливість практичних застосувань для більш загальних класів епідеміологічних моделей та пов'язаних з ними економічних показників.

Хочу підкреслити, що вказані зауваження ніяк не впливають на загальну оцінку роботи і носять скоріше характер побажань для проведення подальшої наукової роботи.

8. Висновки.

Переходячи до оцінки дисертації в цілому, зазначимо, що дисертаційна робота Богданова О.В. "Моделі і методи стохастичної оптимізації та керування у математичній епідеміології" є самостійною, завершеною науковою роботою, всі наукові результати дисертації є повністю обґрунтованими та строго математично доведеними. За актуальністю, науковою новизною, практичним значенням, обсягом проведених досліджень представлена робота повністю 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 Львівського національного
університету імені Івана Франка

Вчений секретар Університету



Ярослав Чабанюк.

Грабовецька О. С.