

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Міщенко Михайла Дмитровича
на тему «Керування за прогновною моделлю
у лінійних дискретних системах»

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань Інформаційні технології
за спеціальністю 124 — Системний аналіз

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота присвячена керуванню за допомогою прогновної моделі, більш відомому як Model Predictive Control (MPC). Це надзвичайно популярна і актуальна тема, оскільки саме цей метод керування в наш час є одним з найперспективніших, найточніших і найякісніших. Його особливістю є необхідність розв'язання складних математичних задач на кожній ітерації, що потребує значних обчислювальних ресурсів. Але зараз, за наявності хмарних середовищ і потужних обчислювальних машин, це перестало бути проблемою, що і призвело до сплеску інтересу до даного методу як серед науковців, так і серед професіоналів – практиків. Втім, незважаючи на значний інтерес до теми, MPC все ще лишається недостатньо дослідженим, зокрема, проблема термінального керування для систем у дискретному часі лишається в загальному випадку не вирішеною. Цій проблемі і присвячено дану дисертаційну роботу.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше розроблено метод стабілізаційного керування лінійної дискретної системи на основі MPC без врахування природи невизначеності. Обґрунтовано строгими математичними викладками.
2. Вперше запроваджено процедуру побудови цільової функції з гіпердійсними ваговими коефіцієнтами. Для цього сформульовано й доведено специфічну модифікацію другої теореми Веєрштрасса.
3. Вперше запропоновано спосіб модифікації методу найменшого квадрату (МНК) для оцінки стану системи в ситуації, коли характер дії зовнішніх збурень на цю систему є нестандартним. Показано на конкретному прикладі.

4. Доведено цікаву теорему про множину значень імпульсного процесу когнітивної карти (КК) та вперше запропоновано метод керування цим процесом на основі МРС. В попередніх дослідженнях керування імпульсними процесами КК МРС ніколи не застосовувався.

Усі результати є математично і експериментально обґрунтованими і достовірними.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі Математичних методів системного аналізу КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом член-кореспондента НАН України, д.т.н., проф. Губарева В.Ф.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання щодо розробки і дослідження оптимізаційного алгоритму вибору найкращої траєкторії для термінального керування лінійною дискретною системою виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Міщенка М.Д. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 124 Системний аналіз та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Системний аналіз».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у наукові напрями системного аналізу та теорії керування.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Міщенка Михайла Дмитровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено послідовно, доступно, зрозуміло, чітко, без пропусків, без граматичних помилок. Стиль мовлення науковий, відповідний до теми роботи, термінологія стандартна.

Дисертація складається з вступу, 8 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації – 191 сторінка.

У **вступі** наведено обґрунтування вибору теми дослідження, сформульовано його мету і завдання; наведено перелік використаних методів

дослідження з посиланнями на відповідні частини дисертації; описано, в чому полягає наукова новизна дисертації і особистий внесок здобувача; наведено інформацію про апробацію матеріалів дисертації; описано структуру та обсяг дисертації; описано практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ присвячено постановці задачі, розв'язанню якої присвячена дисертаційна робота. У ньому наведено опис загальновідомих моделей, понять та термінів, довкола яких побудовано дослідження, а також відмінностей застосованого підходу від класичного.

У **другому розділі** представлено базову версію алгоритму керування за прогножною моделлю. Показано, що відхилення реальної траєкторії стану системи від прогнозованої через зовнішні збурення, що діють на систему, у разі застосування відповідної послідовності керування без змін має достатньо передбачуваний характер. Цим обґрунтовано коректність застосування щодо системи під впливом збурень керувань, згенерованих на основі моделі системи, яка можливість впливу цих збурень не враховує.

У **третьому розділі** описуються деякі можливі правила вибору проміжних цільових станів для стабілізації системи при обмежених обчислювальних ресурсах. Дієвість цих правил вибору обґрунтовується шляхом доведення відповідних теорем.

У **четвертому розділі** обговорюються можливі схеми оновлення найкращої прогнозованої траєкторії в петлі зворотнього зв'язку впродовж функціонування системи, що дозволяє реагувати на відхилення від траєкторії внаслідок впливу зовнішніх збурень на систему. Ці схеми формалізовано у вигляді алгоритмічних блок-схем.

У **п'ятому розділі** проведено експериментальне дослідження впливу структури системи на динаміку її стабілізації. Результати цього експерименту стали підґрунтям для поглиблення теоретичного дослідження щодо ефективного способу вибору проміжного цільового стану у шостому розділі.

Шостий розділ присвячений розробці структурно зумовленої задачі оптимізації для пошуку оптимальної траєкторії на обмеженому горизонті прогнозування. Запропонована здобувачем структура цільової функції дозволяє довільним чином встановлювати пріоритети у стабілізації незалежних підсистем за допомогою вагових коефіцієнтів. Оригінальне застосування нестандартного аналізу дозволило обійти проблеми, які виникають у разі наявності у матриці внутрішніх взаємозв'язків системи приєднаних власних векторів.

У **сьомому розділі** продемонстровано використання методу найменших квадратів для інтервальної оцінки стану системи за непрямими вимірюваннями. Запропоновано спосіб узагальнення методу найменших квадратів на основі її представлення у вигляді задачі квадратичного програмування задля інтервальної оцінки стану системи, на яку впливають зовнішні збурення за нестандартною схемою.

У **восьмому розділі** на основі результатів, отриманих у попередніх розділах, запропоновано остаточний варіант алгоритму керування лінійною системою за прогнозною моделлю. Продemonстровано можливість його застосування зокрема для стабілізації імпульсних когнітивних карт у заздалегідь обраному стані. Як побічний результат доведено теорему про існування гіперплощини досяжних станів спокою імпульсної когнітивної карти.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 6 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports. Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових семінарах. Науковий рівень публікацій — високий, при публікаціях повністю дотримано принципи академічної доброчесності. В роботі чітко вказано особистий внесок здобувача в усіх спільних публікаціях, на мою думку, він є суттєвим і навіть визначальним. Усі наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі не вистачає порівнянь якості розроблених методів керування з існуючими методами керування за прогнозною моделлю. Частково це пояснюється складністю з пошуком методів, які були б застосовними й порівняними при тих же постановках задач, що й у здобувача, тим не менше, на мою думку, варто було би цілеспрямовано дослідити наявність у науковій літературі методів термінального керування на основі прогнозних моделей для лінійних дискретних систем та виявити переваги і недоліки цих методів порівняно із запропонованими.

2. У деяких наведених результатах моделювання не вистачає подробиць для розуміння деталей алгоритму і вхідних даних, що робить проблематичним відтворення отриманих результатів і розуміння особливостей практичного застосування розроблених методів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

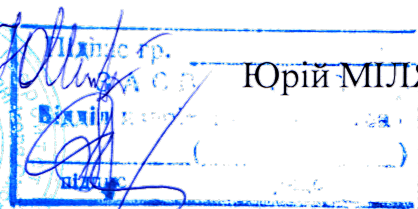
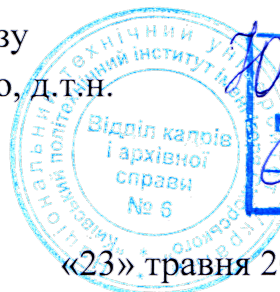
Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Міщенко Михайла Дмитровича на тему «Керування за прогнозною моделлю у лінійних дискретних системах» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 «Інформаційні технології». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Міщенко Михайло Дмитрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань «Інформаційні технології» за спеціальністю 124 «Системний аналіз».

Рецензент:

доцент кафедри Математичних
методів системного аналізу
КПІ ім. Ігоря Сікорського, д.т.н.



Юрій МІЛЯВСЬКИЙ

М.П.

«23» травня 2024 року