

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Валіда Ахмеда Махмуда Альрефаі

«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ
АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НЕЛІНІЙНИХ ДИ-
НАМІЧНИХ СИСТЕМ З КОНКУРЕНТНОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ»,
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
зі спеціальності

01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

1. Актуальність. Нова наукова галузь дослідження умов «сталого розвитку» з'явилася порівняно нещодавно в зв'язку із з'ясуванням на початку нашого століття, що динаміка детермінованих систем може зазнавати коливань близьких до хаотичних. Подібні коливання виникають як в технічних системах, так і в економічних та соціальних. Математичні дослідження в галузі моделювання і управління лінійними динамічними системами, в основному, завершенні. Однак в процесі застосування навіть лінійних динамічних моделей виникла низка питань технічного та обчислювального характеру, що пов'язані з багатовимірністю систем і можливістю їх хаотичної динаміки. Ці питання стали ще більш актуальними при аналізі взаємодії істотно нелінійних систем. Окрім побудови нових нелінійних моделей, актуальною також є задача розробки обчислювальних методів аналізу фазового простору для визначення параметрів хаотичної динаміки, яка найчастіше призводить до аварії технічних систем. Дослідження цього методу, та побудові, за його допомогою, відповідних моделей присвячена дисертаційна роботи Валіда Ахмеда Махмуда Альрефаі.

2. Зв'язок роботи з державними та галузевими планами, темами

Дисертацію виконано відповідно до плану науково-дослідних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки та впроваджено в рамках розділу №293-4 «Розробка математичних моделей і методів управління стійкім розвитком ЖКГ міста» держбюджетної теми № 293 «Розробка методології і математичних моделей соціально-економічних систем при реалізації їх стійкого розвитку» (№ ДР 0115U001522).

3. Ступінь обґрутованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Висновки і результати дисертації в частині розроблених автором моделей та методів в цілому справляють враження добре обґрутованих шляхом коректного використання системного аналізу, якісної теорії диференціальних рівнянь, чисельного аналізу та елементів теорії біfurкацій. Достовірність положень, висновків і результатів забезпечується коректною постановкою задач для основної та часткових моделей систем з різних галузей техніки, економіки та екології.

Це дає можливість стверджувати, що вихідні положення дисертації є ко-



ректними, одержані результати, висновки і рекомендації логічні та математично аргументовані, їх достовірність підкріплюється практичним впровадженням в держбюджетній темі № 293 з перевіркою працездатності моделей і методів.

4. Новизна наукових положень і висновків

У наукових дослідженнях дисертаційній роботі розвинуто підхід до математичного моделювання та розв'язання актуальної задачі забезпечення сталого росту в конкурентних системах. У процесі розв'язання поставлених завдань автором обґрунтований вибір класу математичних моделей конкурентної і солідарної взаємодії, в рамках якого розроблені або модифіковані та досліджені моделі як замкнутих систем, так і систем з детермінованим періодичним зовнішнім впливом. Розроблено методи аналізу динамічних систем для розв'язання задач уникнення їх хаотичної динаміки.

В роботі:

- уперше, для виділеного класу нелінійних динамічних моделей, отримані і досліджені умови існування стаціонарних множин тороподібного типу і хаотичних атракторів, визначені фактори, відповідальні за появу квазі-хаотичних режимів, що призводять до катастроф;
- уперше запропоновано моделі динаміки при паралельному вмиканні насосних агрегатів насосної станції, що відрізняються від відомих урахуванням їх нелінійних зв'язків;
- отримали подальший розвиток математичні моделі конкуруючих систем декількох акторів, що дозволило визначити ступінь стійкості та швидкість зростання підсистем при різних типах і параметрах інтенсивності їх конкуренції;
- удосконалено метод чисельного аналізу, який дозволив дослідити умови появи та отримати наочне зображення хаотичного атрактора моделі при близькому до резонансного періодичному зовнішньому впливі.

5. Практична значимість та шляхи використання результатів

Розроблені методи можуть бути використані для оцінювання станів і параметрів технічних систем з динамікою стійкого зростання, або, з іншого боку – до хаосу, для чого:

- отримані розрахункові формули динаміки моделей систем, що дозволило аналітично досліджувати явні залежності фазових портретів від біfurкаційних параметрів;
- розширення сфери застосування аналізу фазового простору на практично важливий клас неавтономних систем із збуренням швидкості зміни стану системи.

Результати роботи використані при виконанні держбюджетної тематики ХНУРЕ, а також впроваджені в навчальний процес у якості тем для дипломних проектів та в фахових курсах студентського вибору: «Імітаційне моделювання», «Теорія катастроф» та «Синергетичні методи в економіці», що підтверджено відповідними актами.

6. Зміст, завершеність, стиль викладення, публікації, аprobaciї

Зміст дисертаційної роботи складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 119 найменувань та 4 додатків. Оформлення дисертації виконано відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України.

У вступі показано актуальність проблеми, сформульовано мету та задачі дослідження, наукову новизну, практичну цінність роботи. Визначено особистий внесок автора в друкованих роботах.

Перший розділ вміщує огляд найбільш важливих теоретичних та практичних задач для об'єктів дослідження. Описано основні принципи та загальні математичні моделі для задач кооперативної і конкурентної взаємодії акторів у різних прикладних галузях. Проведено аналіз літературних джерел. Обрано клас об'єктів та їх моделей для дослідження конкуренції.

Для побудови моделей проведено системний аналіз, зокрема систем енергопостачання, що взаємодіють; та проблеми моделювання конкуренції за ресурс в технічних системах.

Як конкретну технічну систему для застосування конкурентних моделей розглянуто динаміку взаємодії кількох насосних агрегатів при їх паралельному включені.

Обґрунтовано необхідність в формалізації та розв'язання задач, які виникають при моделюванні широкого класу конкурентних систем.

У другому розділі запропоновано модель конкуренції в технічних та економічних системах мультіагентного типу. Запропоновано модифікацію моделі Вольтерра, що відповідає за технічну безпеку та відновлення у разі аварії, а також взаємини в житлово-комунальному господарстві між власником та керуючою компанією. Розглянуто також випадок, коли додається ще один виробник і третє рівняння, аналогічне за змістом першому. Чисельні фазові портрети наочно демонструють динаміку систем поблизу стаціонарних точок.

У третьому розділі досліджено 2n-вимірну модель. Вона лінійна, однак демонструє складну поведінку, схожу на детермінований хаос, відомий в нелінійних системах. Тож у роботі запропоновано модельні параметри взаємин трьох акторів, яка призводить до фазових портретів, схожих на детермінований хаос типу нерезонансного тора. Подібна поведінка характерна не тільки для економічних, але й для будь-яких конкурентних систем. Наприклад, для моделі взаємодії паралельних насосних агрегатів у насосних станціях водопостачання та нафтопроводах.

У четвертому розділі добре відома автономна система збуджується малим, у порівнянні з іншими параметрами, періодичним коливанням швидкості змін одного, або обох параметрів стану цієї системи. Це актуально, бо фізичні, економічні та біологічні фактори можуть викликати періодичну зміну абсолютної і відносної швидкості змін внутрішнього стану системи.

Адекватність моделей перевірена на реальних та модельних прикладах, що мають місце в додатках.

В цілому дисертація має досить логічну структуру, її мова відповідає науково-технічному рівню, термінологія використовується коректна, стиль викла-

дення зручний для розуміння.

Більшість висновків до розділів сформульовано як наукові положення, що дозволяють оцінити особистий внесок автора, новизну та значущість результатів.

Ознайомлення з копіями статей автора дозволяє зробити висновок про наявність необхідної повноти опублікування наукових результатів. Основні з них висвітлені в 15 наукових роботах. З них 9 статей опубліковані в журналах, які реферуються та включені до іноземних і міжнародних наукометрических баз. У тому числі 7 є спеціалізованими виданнями, що включені до переліку МОН України. Також опубліковані тези доповідей на 6 міжнародних наукових конференціях.

Зміст автoreферату повністю відповідає дисертації, відбиває її основні ідеї та результати, їх наукове і практичне значення.

За об'єктом і методами досліджень, а також за отриманими результатами дисертація відповідає спеціальності 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи.

7. Зауваження по дисертаційній роботі та автoreферату

1. Автор робить наголос на конкурентну взаємодію підсистем, але не досліджено, що майже така ж модель описує кооперативний зворотній зв'язок у системі. На думку опонента це звужує застосування моделей.

2. На думку опонента, термін *actor* більш притаманний економічним моделям. Для моделювання технічних систем частіше вживають інші терміни.

3. Робота цілком присвячена пошуку запобігання хаотичної динаміки *моделей*. Але не зовсім зрозуміло, чи притаманні такі параметри реальним об'єктам, що моделюються.

4. Питання впровадження не доведенні до рівня програмного забезпечення, що є дуже необхідним для практики житло-комунального господарства та інших зазначених в роботі галузей.

5. Результати досліджень не надруковані в виданнях, що входять до провідних наукометрических баз Web of Science, Scopus. Це викликає занепокоєння з приводу можливої втрати людством отриманих дисертантом результатів.

6. В автoreфераті та дисертації містяться деякі стилістичні недоліки.

Слід зазначити, що приведені зауваження не впливають на загальний рівень, цінність отриманих результатів та їх достовірність.

8. Висновки по роботі. Наведені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертації. Дисертації притаманна логіка досягнення поставленої мети. Науковий рівень дисертації є високим і відповідає вимогам до кандидатських дисертацій.

Вважаю, що зміст, обсяг та отримані результати доводять, що дисертаційна робота Валіда Ахмеда Махмуда Альрефа "Математичне моделювання та обчислювальні методи аналізу процесів сталого розвитку нелінійних динамічних систем з конкурентною взаємодією" є завершеною науковою працею, в якій одержані нові науково обґрунтовані теоретичні результати, які в сукуп-

ності вирішують актуальну науково-технічну задачу розробки методів математичного моделювання і чисельного аналізу умов сталого розвитку нелінійних динамічних систем з конкурентною взаємодією акторів. Науковий рівень дисертаційної роботи, стиль та мова викладення відповідають п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент
професор кафедри комп’ютерних систем та мереж
ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

д.т.н., професор



Саваневич В. Е.

