

**ВІДГУК**

*офіційного опонента на дисертаційну роботу*

**Масляка Юрія Богдановича**

*на тему: «Інтервальні моделі процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту та методи їх ідентифікації»,*

*поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи*

**Актуальність теми дисертації**

З точки зору теорії систем автомобільний транспорт як джерело забруднень слід розглядати як об'єкт з розподіленими параметрами, а для задач екологічного моніторингу важливим є моделювання динаміки забруднень атмосфери шкідливими викидами автотранспорту. В цьому випадку використовують звичайні диференціальні рівняння. Іншим підходом до математичного моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту є індуктивний підхід. У цьому випадку, на основі даних спостережень, будують різницеві рівняння. Проте, зазначені методи орієнтовані на випадки точного представлення результатів спостережень. Тому, варто застосовувати методи аналізу інтервальних даних, що обґрунтовує опис динаміки забруднень атмосфери автотранспортом засобами інтервальних дискретних динамічних моделей (ІДДМ) у вигляді різницевих рівнянь. Останнім часом для розв'язування задач структурної ідентифікації ІДДМ застосовують методи та алгоритми, які ґрунтуються на основі самоорганізації мультиагентних систем, зокрема, метод, який базується на поведінковій моделі бджолоїної колонії. Автором досліджено існуючий метод та обчислювальна схема його реалізації. Виявлено ряд недоліків, основним із яких є висока обчислювальна складність. Метод також дуже чутливий до якості та повноти сформованої початкової множини структурних елементів, на основі яких будують структуру ІДДМ.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого наукового завдання розвитку методів структурної ідентифікації ІДДМ та створення інформаційної технології для комп'ютерного моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту для підтримки прийняття ефективних управлінських рішень.

## Структура дисертаційної роботи

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

В *анотації* наведено основний зміст роботи з короткою характеристикою кожного розділу.

У *вступі* відображено актуальність проблематики, обґрунтовано мету та основні завдання дослідження. Описано зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано наукову новизну та наведено практичну цінність отриманих результатів роботи. Вказано особистий внесок автора стосовно праць, опублікованих у співавторстві та відомості про апробацію результатів роботи.

У *першому розділі* наведено результати аналізу існуючих математичних моделей процесів забруднення атмосфери.

Серед існуючих моделей поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі виділяють три найбільш поширених типи: емпірично-статистичні; статистичні; моделі турбулентної дифузії. Автором виявлено недоліки вказаних типів моделей та проблеми їх застосування на практиці. А саме, врахування великої кількості, у тому числі, й невідомих досліднику параметрів; великі значення похибок при довгострокових прогнозах внаслідок значних відхилень всередині вибірки даних та нестаціонарності процесу; складність урахування інтенсивності джерел шкідливих викидів для такого розподіленого об'єкта, яким є автотранспорт. Крім того, моделі турбулентної дифузії є диференціальними рівняннями в частинних похідних, що вимагає застосування чисельних методів. Звідси витікає наступний факт: замість запису складного диференціального рівняння і подальшої його дискретизації, доцільно відразу отримати різницеве рівняння. Особливість використання такого різницевого рівняння полягає у тому, що його структура та параметри на початку є невідомими. Їх необхідно налаштувати на основі вибірки експериментальних даних. Зважаючи на потребу врахування похибок вимірювань, дані експерименту доцільно представляти у вигляді інтервалів.

Автором проаналізовано ряд методів для розв'язання задач параметричної та структурної ідентифікації ІДДМ та встановлено їх недоліки, основним серед яких є складність їх реалізації. Також, є необхідність розробки середовища для інструментів моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту, які були б інтегровані в єдину інформаційну технологію.

Формулювання та постановка задач дисертаційного дослідження здійснені автором у завершальній частині розділу.

У *другому розділі* дисертації автор описує удосконалений за критерієм часової складності метод структурної ідентифікації інтервальних дискретних динамічних моделей на основі поведінкової моделі бджолоїної колонії.

У результаті проведених досліджень зроблено висновок, що до зростання часової складності призводить наявність у процедурі структурної ідентифікації можливих обчислень по двох зовнішніх циклах. Перший цикл пов'язаний із потребою вибору нових структурних елементів із множини, коли інші структури «вичерпані», а другий цикл передбачає оновлення початкового набору структурних елементів. Враховуючи складність обчислень у схемі реалізації вказаного методу, основним чинником, від якого залежить показник обчислюваної складності, є якість формування початкової множини структурних елементів.

Автором удосконалено метод структурної ідентифікації ІДДМ на основі поведінкової моделі бджолиної колонії, шляхом уведення процедури автоматизованого формування набору структурних елементів, яка базується на кластеризації вибірки вхідних даних.

*Третій розділ* демонструє результати розробки інформаційної технології для комп'ютерного моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту.

Автором описано методи та технічні засоби, інтегровані у вказаній інформаційній технології, для забезпечення моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту із заданою точністю.

Також, обґрунтовано архітектуру програмно-апаратної системи для моніторингу шкідливих викидів автотранспорту із описом її функцій та завдань, які виконує, та описано клієнтську частину веб-орієнтованої системи.

У *четвертому розділі*, на основі розробленої автором інформаційної технології для комп'ютерного моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту, яка інтегрує методи та засоби структурної і параметричної ідентифікації ІДДМ, наведено приклади побудови та застосування ряду математичних моделей динаміки забруднень атмосфери шкідливими викидами автотранспорту у різних точках м. Тернополя.

### **Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Основні наукові результати дисертаційної роботи є обґрунтованими в достатній мірі. Для розробки інформаційної технології комп'ютерного моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту використано системний підхід, методи теорії ідентифікації та кластерного аналізу. Удосконалення методу структурної ідентифікації ІДДМ здійснювалося із застосуванням методів аналізу інтервальних даних, кластерного аналізу, методів стохастичного програмування та теорії самоорганізації систем, а також методів оцінювання обчислювальної складності. Для побудови комплексу ІДДМ процесів забруднення атмосфери шкідливими

викидами автотранспорту використано методи теорії ідентифікації та інтервального аналізу.

### **Наукова новизна**

До основних наукових результатів можна віднести наступні:

1. Вперше розроблено програмно-апаратний засіб для комп'ютерного моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту, що є основою нової інформаційної технології, яка, на відміну від існуючих, інтегрує методи та засоби параметричної і структурної ідентифікації з процедурами автоматизованого формування набору структурних елементів різницевих рівнянь на основі кластерного аналізу інтервальних даних, і забезпечує результати моделювання цих процесів з гарантованою точністю.
2. Зменшено обчислювальну складність методу структурної ідентифікації ІДДМ на основі поведінкової моделі бджолоїної колонії. Таке зменшення обчислювальної складності досягнуто за рахунок побудови процедури кластеризації вибірки вхідних даних процедури ідентифікації за допомогою субтрактивного методу.
3. Набули подальшого розвитку інтервальні дискретні моделі динаміки концентрацій шкідливих викидів автотранспорту, які, на відміну від існуючих, забезпечують результати моделювання з гарантованою точністю та придатні для налаштування у залежності від умов середовища їх застосування.

### **Повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях**

За темою дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, 1 з яких входить до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 3 статті у фахових наукових виданнях України, 1 з яких входить до міжнародної наукометричної бази Web of Science, та 12 публікацій у матеріалах конференцій, 8 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus. У наведених публікаціях достатньо повно викладено основні результати дисертаційних досліджень.

### **Практичне значення отриманих результатів та їх використання**

На основі удосконаленого методу структурної ідентифікації інтервальних дискретних динамічних моделей, що базується на поведінковій моделі бджолоїної колонії створено інформаційну технологію для комп'ютерного та математичного моделювання процесів забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи впроваджені у ДУ «Тернопільський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» та у навчальному процесі Тернопільського національного економічного університету, що підтверджено відповідними актами

про впровадження.

Автореферат адекватно відображає основні результати дисертаційної роботи.

### Недоліки та зауваження по роботі

1. Дослідження процесів забруднення атмосфери викидами автотранспорту на основі запропонованого у дисертації удосконаленого методу структурної ідентифікації інтервальних дискретних динамічних моделей суттєво ускладнюється та вносить певну невизначеність внаслідок необхідності емпіричного задання великої кількості параметрів ідентифікаційної процедури.

2. Дисертантом декларується удосконалення раніше розробленого методу структурної ідентифікації ІДДМ з метою зменшення його обчислювальної складності, однак таке зменшення досягається не стільки модернізацією обчислювальних процедур самого методу, скільки завдяки оснащенню процедурою кластерного аналізу лише його першого етапу, а саме - етапу формування набору структурних елементів різницевих рівнянь моделі.

3. Об'єкт дослідження сформульований не однозначно, а точніше як два об'єкти: 1) процеси забруднення атмосфери та 2) моделювання цих процесів. Більш коректно, на мій погляд, було б вказати лише один об'єкт, а саме - процес моделювання забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту.

4. Не цілком коректним є твердження у авторефераті на сторінці 5: «Для зменшення негативного впливу автотранспорту на довкілля необхідно розробити систему моніторингу...». Адже, зрозуміло, що моніторинг (спостереження) безпосередньо ніяким чином не знижує негативний вплив автотранспорту на довкілля, а може слугувати лише необхідною умовою розробки більш ширшого комплексу управлінських рішень та заходів, які спрямовані на послаблення вказаної проблеми.

5. У дисертації варто було б детальніше описати алгоритм функціонування модуля комунікації та мобільності бджіл, який згаданий у другому розділі дисертаційної роботи.

6. У формулі (1.7) дисертації замість вектора параметрів  $\vec{g}$  необхідно писати його оцінку  $\hat{g}$ .

7. Дисертація містить ряд граматичних та стилістичних неточностей, а також, перенасичена таблицями даних, частину з яких можна було б навести у додатках.

Наведені зауваження не зменшують наукової цінності результатів, отриманих у дисертаційній роботі Масляка Ю.Б.

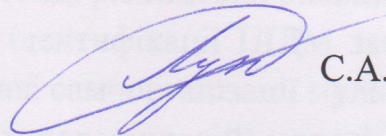
## Висновки

Дисертаційна робота Масляка Ю.Б. є завершеною науково-дослідною працею, в якій розв'язано актуальне наукове завдання зниження обчислювальної складності методу структурної ідентифікації інтервальних дискретних динамічних моделей на основі поведінкової моделі бджолоїної колонії за рахунок уведення процедури автоматизованого формування початкової множини структурних елементів, яка базується на кластеризації вибірки вхідних даних.

За актуальністю теми, теоретичною цінністю та практичною значимістю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.03.2013 №567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор Масляк Юрій Богданович 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 Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя, доктор технічних наук, професор

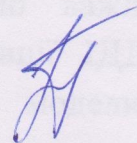


С.А. Лупенко

Підпис професора Лупенка С.А. засвідчую:

Вчений секретар

Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя, кандидат технічних наук, доцент



Г.М. Крамар