

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук, професора

Наконечного Олександра Григоровича

на дисертаційну роботу

Терентьєва Олександра Миколайовича

**«Моделі, методи та інформаційні технології прогнозування нелінійних
нестационарних процесів в умовах невизначеності»»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.13.06 — Інформаційні технології

Актуальність теми дослідження

Аналіз результатів в напрямку обробки інформації свідчить про необхідність створення нових інформаційних технологій для обробки відповідних даних. Такі проблеми зустрічаються у багатьох напрямках людської діяльності, що свідчить про те, тематика дослідження актуальна, оскільки існує нагальна потреба у підвищенні вимог до якості розв'язання задач моделювання вибраних процесів, прогнозування та управління на різних рівнях мікро- та макроекономіки, фінансів, екології, кліматології та інших галузей діяльності.

На сьогодні недостатньо розвинені цілісні методики моделювання нелінійних процесів (НП), зокрема структурної ідентифікації таких моделей, особливо моделей, нелінійних стосовно параметрів. Недостатньо розвинені методи структурно-параметричної адаптації моделей процесів вказаного типу, а також прогнозування їх розвитку. Відомі методи моделювання і прогнозування недостатньо враховують складний системний характер реальних задач аналізу даних, прогнозування розвитку складних процесів та управління ними в сучасних умовах. Суттєво складні задачі виникають у зв'язку з неповнотою даних, їх спотворенням, слабкою інформативністю, наявністю випадкових збурюючі впливів, а також недостатньою

адекватністю моделей внаслідок існуючих невизначеностей статистичного, структурного і параметричного характеру. Відсутні інформаційні технології, а також сучасна теоретична і практична бази для створення і застосування методології системного аналізу складних процесів взаємодії об'єктів управління та відповідного інформаційного середовища, математичних моделей, необхідних для коректного формалізованого опису, розв'язання задач моделювання, оцінювання і прогнозування стану досліджуваних об'єктів в умовах наявності множини ймовірно-статистичних невизначеностей.

Все сказане вище визначає та підкреслює актуальність тематики дисертаційного дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі

Наукові положення, результати і висновки дисертаційної роботи є у достатній мірі обґрунтованими. Вони базуються на аналізі великого об'єму інформації із сучасних науково-технічних джерел за тематикою досліджуваної проблеми; визначенні мети і формалізованих постановках задач дослідження; використанні відомих і розробці методів розв'язання задач аналізу даних з використанням методів інтелектуального аналізу даних (ІАД), створення нових інформаційних технологій обробки даних різної природи.

Структура, задачі та короткий зміст роботи

Робота складається із вступу, 7-и розділів, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 293 сторінки, з яких основного тексту 285 сторінок, 77 ілюстрацій, 58 таблиць, 12 додатків. Список використаних джерел налічує 274 найменування на 32 сторінках.

У вступі обгрунтовано актуальність теми роботи, визначено науково-прикладну проблему, відображено зв'язок роботи з науковими програмами, темами, сформульовано мету і основні задачі дослідження, охарактеризовано наукові і практичні результати. Наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації результатів, показані структура і обсяг дисертації.

У першому розділі виконано системологічний аналіз проблеми розробки аналітичного інструментарію для створення інформаційних технологій прийняття рішень на основі прогнозування ННП різної природи. Розвиток більшості процесів, нелінійного та нестационарного характеру, відбувається в умовах невизначеностей, тому було проведено аналіз основних типів невизначеностей та методів їх подолання, а також дана класифікація основних типів невизначеностей.

У другому розділі представлено запропоновану методику попередньої обробки значних обсягів різнорідних даних, отриманих із різних інформаційних джерел.

У третьому розділі для обробки інформації різної природи запропоновано використання теорії подібності. Суть методу полягає у пошуку часових рядів досліджуваного типу зі схожою статистичною поведінкою, що в результаті допомагає зробити висновки про наявність поведінкових шаблонів досліджуваних процесів.

У четвертому розділі подано розроблені моделі у формі мереж Байеса, призначені для урахування структурно-параметричних невизначеностей і адекватного опису причинно-наслідкових зв'язків та можливих варіантів розвитку подій під впливом різних груп детермінованих та випадкових чинників. Особливістю методики є використання ймовірнісно-статистичних методів для створення та застосування уніфікованих за структурою моделей у просторі станів.

У п'ятому розділі застосовано системну методологію для аналізу задач

обробки даних на основі адаптивного підходу до моделювання з комбінованим використанням сценарного моделювання, регресійних та ймовірнісно-статистичних моделей у формі мереж Байєса, багатовимірних розподілів та узагальнених лінійних моделей, яка відрізняється комплексним застосуванням множини ймовірнісно-статистичних методів виявлення та врахування невизначеностей (фільтрація, оцінювання структури і параметрів математичних моделей), і забезпечує підвищення якості проміжних і остаточних результатів обробки даних, побудови математичних моделей і оцінювання прогнозів.

У шостому розділі представлено інформаційну технологію обробки даних, основу на застосування методології системного аналізу що ґрунтується на комплексному використанні методів попередньої обробки і статистичного аналізу даних.

У сьомому розділі наведено низку практичних прикладів використання запропонованої інформаційної технології у системах підтримки прийняття рішень для моделювання ННП в сільському господарстві, енергетиці, фінансах та епідеміології.

Висновки за розділами і результати дисертації сформульовані з достатньою повнотою, зрозуміло і відповідно до змісту роботи.

Список використаних джерел є достатньо повним, він охоплює вітчизняні та зарубіжні публікації і містить 274 найменування.

У додатках подані матеріали, що ілюструють практичні реалізації отриманих рішень, а також акти впровадження результатів дисертаційного дослідження.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність отриманих результатів підтверджується узгодженням теоретичних і експериментальних результатів досліджень, результатами великої кількості складних обчислювальних експериментів з використанням

значних обсягів статистичних даних, а також успішним застосуванням цих результатів на практиці на відповідних підприємствах і в навчальному процесі кафедри математичних методів системного аналізу Інституту прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Наукова новизна результатів досліджень

До нових наукових результатів, отриманих автором дисертаційного дослідження слід віднести:

1. Вперше проведено методологічний аналіз методів обробки різнорідної інформації.

2. Вперше запропонований та обґрунтований алгоритм обробки інформації, що ґрунтується на аналізі матриці відстані.

3. Вперше запропоновано нові методи створення інформаційних технологій розв'язування задач обробки інформації різного типу.

4. Вперше розроблено інформаційну технологію, в основу якої покладено поєднання принципів системного аналізу, методів обробки та оцінювання якості даних, яка забезпечує високу якість проміжних та остаточних результатів дослідження задач обробки інформації різної природи.

5. Отримав подальший розвиток метод аналізу інформації на основі засобів статистично-ймовірнісного моделювання, який дає змогу зменшити суб'єктивізм відбору найбільш значимих факторів в задачах прогнозування процесів різної природи, що створює об'єктивні передумови для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

6. Отримав подальший розвиток метод побудови моделей у формі байєсівської мережі для оцінювання майбутнього розвитку процесів різної природи, який відрізняється коректністю формального опису за байєсівським

інформаційним критерієм, що забезпечує обчислення високоякісних ймовірнісних оцінок прогнозів розвитку досліджуваних процесів.

7. Отримала подальший розвиток системна методологія побудови адаптивних моделей процесів різної природи, яка відрізняється удосконаленням існуючих методів моделювання в умовах невизначеності і нестационарності даних, методів структурно-параметричної адаптації і забезпечує підвищення адекватності моделей та якості оцінок прогнозів.

8. Удосконалено метод оцінювання параметрів математичних моделей, який відрізняється комплексним застосуванням теорії оцінювання та байєсівського підходу, що забезпечує подолання проблеми зміщеності оцінок.

9. Удосконалено інформаційну технологію, призначену для реалізації у системах підтримки прийняття рішень на основі системного підходу, множини методів ідентифікації і врахування невизначеностей, регресійного та інтелектуального аналізу даних, яка забезпечує побудову адекватних моделей досліджуваних процесів і обчислення високоякісних оцінок прогнозів.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Розроблені в дисертаційній роботі нові методи обробки інформації та сучасні інформаційні технології для них, а також отримані результати досліджень доведені до використання в практичній діяльності, апробовані і впроваджені в ряді підприємств та установ, що підтверджується відповідними довідками: ТОВ «Картезіан-Європа», Smart Arbitrage Technologies Limited і Державної служби України з лікарських засобів та контролю за наркотиками. Результати виконання дослідження використовуються також у навчальних курсах Інституту прикладного

системного аналізу Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Повнота викладу результатів досліджень в опублікованих роботах

Основні наукові результати дисертації опубліковані у 42-х наукових працях, в тому числі у 2-х колективних монографіях, 18 статтях у фахових виданнях, в тому числі 5 статей у закордонних фахових виданнях, з них 4 у виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus, 15 у збірниках наукових праць, матеріалах і тезах міжнародних і національних конференцій. Також опубліковано 7 робіт, що додатково відображають наукові результати дисертації: 3 навчальні посібники, 4 авторських свідоцтва на комп'ютерну програму, призначену для створення СППР.

Автореферат ідентичний за змістом основним положенням дисертації, він з достатньою повнотою відображає основні наукові і практичні результати роботи, написаний використанням сучасної наукової термінології. Наукові положення, результати і висновки, які виносилися на захист кандидатської дисертації, не виносяться на захист докторської дисертації.

Зауваження по роботі

1. Термін «нелінійний нестационарний процес» не використовується в математичних дослідженнях. Тому спочатку потрібно було би дати визначення, що автор розуміє під цим терміном.

2. Також потрібно було би дати означення терміну «прогнозування нелінійних нестационарних процесів».

3. Назва дисертації, на мою думку, не вдала. Потрібно було би зробити наголос не на моделях та методах обробки інформації, а на інформаційних технологіях такої обробки.

4. Ряд результатів розділів 2,3,4 носять оглядовий характер. Наприклад, даються означення умовної ймовірності та формули Байеса,

приводяться відомі алгоритми обробки інформації. Ці результати варто було би перенести в розділ 1.

5. Крім вербальних постановок задач для виконання досліджень у багатьох випадках доцільно ставити обчислювальні задачі у формалізованій формі, що сприяє поглибленому розумінню проблематики та відповідності отриманих результатів постановкам задач.

6. Недостатньо повно розглянуто задачу структурної ідентифікації та адаптації моделей нелінійних процесів, тобто доцільно вказати, які елементи структури нелінійних моделей необхідно вводити у моделі.

7. Доцільно розглянути задачу збіжності оцінок параметрів нелінійних моделей з використанням методу, запропонованого автором.

8. Бажано вказати, на підтримку прийняття яких конкретно рішень, спрямована розроблена автором система підтримки прийняття рішень.

9. Також вважаю за доцільне вказати, як конкретно відбувається комбінування регресійних і моделей у формі байєсівських мереж та які критерії використовувались для оцінювання адекватності таких моделей.

10. У роботі недостатньо чітко сказано, чи використовувались у процесі попередньої обробки даних методи нелінійної фільтрації для поліпшення характеристик статистичних даних. Чи були використані для підготовки даних байєсівські фільтри?

Слід зазначити, що зроблені зауваження та виклад матеріалу свідчить про недостатньо високий рівень математичної освіти дисертанта.

Загальні висновки по роботі

На основі виконаного аналізу теоретичних і практичних результатів поданої дисертаційної роботи вважаю, що дисертаційна робота Терентьєва Олександра Миколайовича «Моделі, методи та інформаційні технології

прогнозування нелінійних нестационарних процесів в умовах невизначеності» виконана на високому сучасному науковому рівні, містить достатню наукову новизну і за своїм змістом повністю відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка вирішує важливу актуальну проблему наукового обґрунтування і розробки комплексу математичних моделей і методів аналізу нелінійних нестационарних процесів в економіці, фінансах та інших галузях, прогнозування та підтримки прийняття рішень на основі оцінених прогнозів в умовах наявності невизначеностей різних типів і природи. Результати виконаного автором дослідження характеризуються достатньою науковою новизною, знайшли практичне застосування на підприємствах і в навчальному процесі і мають значні перспективи для подальшого розвитку. Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п. п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затверджених постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 року щодо докторських дисертацій, а здобувач, Терентьев Олександр Миколайович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки,
доктор фізико-математичних наук, професор


Завідувач кафедри: Мелицька О.І.
Професор з наукової роботи


О.Г. Наконечний