

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

КОРАБЛЬОВА Миколи Михайловича

про дисертаційну роботу

ТЕРЕНТЬЄВА Олександра Миколайовича

«МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ»,

яка подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.13.06 — Інформаційні технології

Актуальність обраної теми

В теперішній час дослідження і прогнозування нелінійних нестационарних процесів різної природи відбувається в умовах невизначеностей та ризику під впливом багатьох специфічних факторів, подолання яких пов'язано з необхідністю математичної формалізації та побудови моделей, що описують досліджувані процеси. Наявні методи й технології розв'язання задач прогнозування розвитку нелінійних нестационарних процесів мають певні переваги і недоліки, що створює передумови для їх удосконалення, створення нових методів, алгоритмів, інформаційних технологій, які дозволять автоматизувати більшість вказаних процесів.

Разом з тим відсутні методи побудови інформаційних технологій, які б дозволяли реалізувати сучасні підходи до прогнозного моделювання, що ґрунтуються на використанні методів інтелектуального аналізу даних, інтеграції й комбінованого використання методів аналізу даних та побудови моделей нелінійних нестационарних процесів, методів прогнозування і прийняття рішень для вирішення завдань управління розвитком нелінійних нестационарних процесів.

Слід відзначити відсутність загальних підходів до аналізу та попередньої обробки структурованих і неструктурованих даних, які описують нелінійні нестационарні процеси, в тому числі із застосуванням методів інтелектуального аналізу даних. Крім того, проблема розробки моделей, методів та інформаційних технологій прогнозування нелінійних нестационарних процесів залишається невирішеною повністю.

Таким чином, на сьогоднішній день актуальною та важливою є науково-прикладна проблема побудови інформаційних технологій аналізу та прогнозування нелінійних нестационарних процесів з метою підвищення ефективності підтримки прийняття рішень управління нелійними нестационарними процесами в умовах невизначеностей та ризиків різної природи на основі застосування сучасних методів системного аналізу, моделювання, прогнозування та інформаційних технологій.

Робота виконувалася відповідно до напрямів наукових досліджень в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору, зокрема, у сфері систем і методів прийняття рішень, прогнозування, побудови інтелектуальних інформаційних систем в рамках цільового проекту наукових досліджень НАН України 0120U000000 «Розробка інформаційної технології моделювання і прогнозування розвитку соціально-еколого-економічних систем в умовах невизначеності, нестационарності та ризику» та науково-технічної роботи 0121U109211 «Розробка інформаційно-аналітичної системи для дослідження спроможності та прогнозування розвитку територіальних громад із застосуванням методів інтелектуального аналізу даних», а також в Інституті прикладного системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в рамках науково-дослідницьких тем 0109U000300 «Побудова системи підтримки прийняття рішень на основі теорії байєсівських мереж для моделювання поведінки складних систем», 0111U001241 «Розробка і реалізація методики інтелектуального аналізу даних із використанням теорії мереж Байєса та регресійного аналізу», 0113U000650 «Розробка інформаційної технології моделювання та оцінювання фінансово-економічних ризиків із врахуванням невизначеностей різної природи (на основі байєсівських моделей)».

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, що сформульовані у дисертаційній роботі, забезпечується коректним використанням сучасного математичного апарату, а саме: метод діалектичного пізнання стану та особливостей розвитку нелінійних нестационарних процесів,

системний підхід до визначення факторів і механізмів їх розвитку – як теоретичну та методологічну основу дослідження; методи індукції та дедукції, аналізу і синтезу, аналогій і зіставлення, формалізації й моделювання, методи порівняння, дослідження часових рядів, кластерного та інтелектуального аналізу даних, сценарний підхід, елементи теорії прийняття рішень – для математичного моделювання та прогнозування розвитку нелінійних нестационарних процесів; методи системного, інтелектуального та статистичного аналізу даних, експертного оцінювання – для аналізу і обробки інформації; методи прогнозування на основі теорії подібності процесів, регресійного аналізу, ймовірнісно-статистичних моделей, дерев рішень та багатовимірних розподілів – для побудови, аналізу і оцінювання прогнозів; методи системного аналізу, підтримки прийняття рішень, багатокритеріального аналізу та байєсівського підходу – для розроблення інформаційної технології; методи та засоби проектування і реалізації систем підтримки прийняття рішень, прикладне програмування – для побудови практичних реалізацій.

Основні наукові результати досліджень та їх наукова новизна

У порівнянні з існуючими методами й моделями, отримані наукові й практичні результати дозволяють значно підвищити ефективність управління нелінійними нестационарними процесами в умовах невизначеностей та ризиків різної природи. Отримані результати мають важливе наукове й практичне значення для реалізації систем підтримки прийняття рішень на основі застосування сучасних методів системного аналізу, моделювання, прогнозування та інформаційних технологій.

В рамках цього напрямку отримано такі нові наукові результати.

1. Вперше розроблено новий метод опрацювання невизначеностей, який ґрунтується на застосуванні теорії подібності процесів, який відрізняється робастністю результатів аналізу, що забезпечує отримання оцінок прогнозів високої якості за наявності неповних або спотворених даних.

2. Вперше запропоновано новий метод побудови регресійних та ймовірнісно-статистичних моделей у формі мереж Байєса, який відрізняється можливістю врахування нестационарності і нелінійності стосовно змінних, що забезпечує високу адекватність моделей і якість прогнозів процесів

досліджуваного типу.

3. Вперше розроблено метод моделювання нелінійних нестационарних процесів різної природи в умовах невизначеності, який відрізняється від відомих урахуванням різних типів невизначеностей, що підвищує адекватність моделей і якість оцінок прогнозів за лінійними та нелінійними моделями.

4. Вперше побудовано та досліджено ансамблі моделей для формального опису нелінійних нестационарних процесів, які відрізняються модифікованою комплексною структурою та високою адекватністю, що дозволяє підвищити якість оцінювання прогнозів розвитку досліджуваних процесів.

5. Вперше запропоновано метод прогнозування, оснований на використанні адаптивного підходу до моделювання у поєднанні із статистичним та ймовірнісним моделюванням, що дає можливість урахувати структурно-параметричні невизначеності і забезпечує адекватний опис причинно-наслідкових зв'язків і можливих варіантів розвитку процесів різної природи під впливом груп внутрішніх та зовнішніх чинників.

6. Вперше запропоновано нові моделі і методи створення інформаційних технологій розв'язування задач побудови математичних моделей для прогнозування нелінійних нестационарних процесів, які ґрунтуються на принципах багатомодельного та багатокритеріального підходів, інтеграції різнотипної інформації і засновані на системному використанні методів інтелектуального аналізу даних, ймовірнісно-статистичного моделювання, теорії подібності процесів, прогнозування і підтримки прийняття рішень, що підвищує обґрунтованість прийняття рішень в умовах наявності невизначеностей та ризиків різних типів.

7. Вперше розроблено інформаційну технологію, в основу якої покладено поєднання принципів системного аналізу, методів обробки та оцінювання якості даних, прогнозного моделювання із використанням нових моделей та їх композицій, запропонованих критеріїв адекватності моделей, оцінок якості прогнозів, яка забезпечує високу якість проміжних та остаточних результатів дослідження нелінійних нестационарних процесів.

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

управлінських рішень.

9. Отримав подальший розвиток метод побудови моделей у формі байєсівської мережі для оцінювання розвитку динаміки процесів різної природи, який відрізняється коректністю формального опису за байєсівським інформаційним критерієм, що забезпечує обчислення високоякісних ймовірнісних оцінок прогнозів розвитку досліджуваних процесів

10. 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, яка забезпечує підвищення адекватності моделей та якості оцінок прогнозів.

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

12. 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.

Сукупність перелічених вище результатів складає нове рішення важливої науково-прикладної проблеми побудови моделей, методів та інформаційних технологій аналізу та прогнозування нелінійних нестационарних процесів в умовах невизначеностей та ризиків різної природи, що дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень в управлінні розвитком нелінійних нестационарних процесів різного призначення методами та засобами сучасних інформаційних технологій та підтвердило достовірність і важливість отриманих теоретичних результатів.

Розв'язання сформульованих задач, дослідження і перевірка теоретичних рішень з використанням методів комп'ютерного моделювання науково обґрунтовано, апробовано на міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах. Достовірність результатів підтверджується, також експериментальними дослідженнями об'єктів різної природи, відповідністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень. Наукові положення дисертації мають належне теоретичне обґрунтування.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Важливо відзначити велике практичне значення одержаних здобувачем результатів дослідження, яке полягає у можливості їх впровадження у конкретних технічних і соціальних системах, компаніях, медичних та фінансових установах, навчальних закладах вищої освіти та інших організаціях.

Розроблені й обґрунтовані в дисертаційній роботі нові моделі, методи та інформаційні технології прогнозування нелінійних нестационарних процесів в умовах невизначеності та отримані результати досліджень доведені до використання в науково-практичній діяльності, а також апробовані та впроваджені в практичну діяльність підприємств та установ, що підтверджується відповідними довідками: Державної служби України з лікарських засобів та контролю за наркотиками; ТОВ «Картезіан-Європа» та Smart Arbitrage Technologies Limited. Результати використовуються у навчальному процесі Інституту прикладного системного аналізу Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Виходячи із важливості, актуальності та якості одержаних наукових та практичних результатів, дослідження у напрямі аналізу нелінійних нестационарних процесів доцільно розвивати і використовувати в наукових, проектно-технологічних організаціях та установах, де виконуються роботи з розробки, дослідження, впровадження та експлуатації систем підтримки прийняття рішень управління нелійними нестационарними процесами різної природи в умовах невизначеностей, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти України. Рекомендується продовжити дослідження з розробки та використання нових методів, моделей та інтелектуальних технологій прогнозування нелінійних нестационарних процесів з використанням систем підтримки прийняття рішень в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України та в Інституті прикладного системного аналізу Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

За темою дисертації опубліковано 42 наукові праці, у тому числі 2 колективні монографії, 18 статей 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.

Всі положення та результати дисертації одержані здобувачем особисто, повністю викладені в опублікованих наукових працях.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації і автореферату

Дисертація складається із вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел, 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.

Застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів, висновків і рекомендацій логічний, обґрунтований та забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

Автореферат повністю відповідає змісту дисертації, написаний грамотно, з використанням сучасної української наукової термінології. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає вимогам державних стандартів і МОН України.

Зауваження по роботі

Відзначаючи високий фаховий рівень, якість та повноту одержаних наукових та практичних результатів, їх новизну і важливість, варто зауважити, що робота не позбавлена окремих недоліків та спірних положень, до яких слід віднести такі.

1. Типи невизначеностей, що мають місце при моделюванні і прогнозуванні розвитку нелінійних нестационарних процесів, доцільно звести в окрему таблицю і вказати які методи (алгоритми) було використано для їх врахування в алгоритмах моделювання.

2. При побудові прогнозуючих моделей нелінійних процесів бажано вказати на можливі причини виникнення нелінійності, а також на методи (тести) аналізу даних на наявність нелінійності.

3. Доцільно вказати, чи були використані у дослідженнях структур математичних моделей вибраних процесів, моделі, що містять нелінійності стосовно параметрів, і які методи оцінювання параметрів були при цьому застосовані.

4. В результатах обчислювальних експериментів бажано вказати конкретно числові дані стосовно підвищення адекватності моделей та якості оцінок прогнозів завдяки застосуванню методів інтелектуального аналізу даних, зокрема байєсівських мереж.

5. Доцільно було б провести порівняльний аналіз використаних байєсівських мереж для прогнозування нелінійних нестационарних процесів з іншими методами інтелектуального аналізу даних, зокрема, з нейронними мережами.

6. Також вважаю за доцільне вказати, які конкретно типи байєсівських мереж було побудовано у процесі виконання обчислювальних експериментів з використанням статистичних даних.

7. В запропонованих моделях прогнозування доцільно було б враховувати наявність можливих випадкових шумів, їх характер і тип розподілу, та провести експериментальні дослідження по їх впливу на точність прогнозів, що отримуються.

8. У роботі недостатньо чітко вказано, які критерії адекватності були застосовані для аналізу якості нелінійних моделей.

9. У дисертації та авторефераті зустрічаються друкарські, синтаксичні і редакційні неточності та помилки.

Вважаю, що наведені зауваження не впливають на загальну високу позитивну характеристику дисертаційної роботи здобувача, не зменшують її актуальності, наукової новизни та практичної значущості дисертаційних досліджень.

Висновок

Дисертація Терентьєва Олександра Миколайовича є завершеною науково-дослідною роботою, в якій, відповідно до поставленої мети, наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення актуальної проблеми 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 і за своїм змістом повністю відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

У порівнянні з існуючими методами та моделями, одержані наукові та практичні результати мають наукову новизну та практичну значущість, мають суттєві переваги над існуючими рішеннями. Одержані нові результати мають важливе наукове та практичне значення для побудови та розвитку систем підтримки прийняття рішень на основі застосування сучасних методів системного аналізу, моделювання, прогнозування та інформаційних технологій і мають значні перспективи для їх подальшого розвитку та практичного застосування у сучасних інформаційних системах різного призначення.

В цілому дисертаційна робота виконана на високому науково-технічному рівні, відповідає вимогам п. п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затверджених постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. щодо докторських дисертацій, а здобувач, Терентьєв Олександр Миколайович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент:

Професор кафедри комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем Харківського національного університету радіоелектроніки, доктор технічних наук, професор



М.М. Корабльов

Підпис засвідчую:

Учений секретар Харківського національного університету радіоелектроніки, к.т.н., доц.




І.В. Магдаліна