

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Левенчук Людмили Борисівни

на тему *«Система підтримки прийняття рішень для аналізу операційних ризиків»*,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 Інформаційні технології

за спеціальністю 124 Системний аналіз

### **Актуальність теми дисертації.**

Функціонування підприємств різних типів супроводжується сьогодні розширенням видів їх діяльності, підвищенням фінансової активності на локальному та міжнародному рівнях, прогнозуванням і плануванням подальших дій, аналізом діяльності конкурентів. В результаті накопичуються великі масиви фінансових даних, які потребують спеціальної попередньої обробки, застосування методів математичного моделювання і прогнозування в межах створюваних систем підтримки прийняття рішень (СППР). Результати обробки повинні бути конкретними та зрозумілими, а інструменти для їх обробки повинні бути доступними, адаптованими до користувачів різних рівнів та зручними у практичному користуванні. Для досягнення високого рівня обробки статистичних/експериментальних даних необхідно застосовувати як класичні статистичні методи, так і сучасні методи інтелектуального аналізу даних (ІАД), зокрема байєсівські методи. Методи ІАД виникли та набули подальшого розвитку на основі функціонального та імітаційного моделювання, розпізнавання образів, математичних методів штучного інтелекту, теорії інформації тощо.

До методів, моделей і алгоритмів ІАД належать, зокрема, байєсівські мережі та байєсівська регресія, нейронні мережі, дерева рішень, нечітка логіка та нейро-нечіткі системи, метод опорних векторів, методи кластерного аналізу, методи пошуку асоціативних правил, еволюційне програмування і генетичні алгоритми, різноманітні методи візуалізації даних і таке інше. Висока популярність методів інтелектуального аналізу даних зумовлена їх адаптованістю, багатофункціональністю, наявністю можливості боротьби з невизначеностями різних типів і природи, а також можливістю побудови багатовимірних комбінованих моделей з високими характеристиками якості оцінок прогнозів та систем керування на їх основі.

Широкого застосування ІАД набув у задачах аналізу та менеджменту фінансових ризиків, оскільки вони надають можливість моделювати нелінійні нестационарні процеси з невизначеностями різних типів, а доступні інструменти



візуалізації надають можливість виконувати аналіз даних предметними фахівцями, які не завжди володіють відповідними математичними знаннями. Моделі і методи ІАД – велика цінність для керівників і фахівців з менеджменту ризиків у фінансах, особливо для аналізу та оцінювання широко розповсюджених операційних та ринкових ризиків. За допомогою методів ІАД можна одержати відчутні переваги у конкурентній боротьбі шляхом розв'язання таких задач: оцінювання операційних ризиків; прогнозування виплат позичальниками кредитів; оцінювання ринкових фінансових ризиків з метою недопущення можливого банкрутства та інше. Досвід функціонування багатьох фінансових підприємств свідчить, що прибуток від практичного використання методів ІАД та СППР на їх основі часто досягає ста відсотків.

Актуальність поданого Левенчук Людмилою дослідження також полягає у застосуванні сучасних методів аналізу даних до моделювання і прогнозування розвитку фінансових процесів, а також оцінювання операційних фінансових ризиків. Це пояснюється тим, що сьогодні сучасний стан фінансових організацій потребує пошуку та застосування нових форм і методів підвищення їх конкурентоспроможності, удосконалення та впровадження у практику нових типів математичних моделей для планування і прогнозування їх подальшого розвитку в умовах значної конкуренції та невизначеності, ризику реалізації багатьох несприятливих процесів та ситуацій, які зустрічаються підприємствам різних форм власності у їх діяльності (наприклад, часті зміни у законодавстві). Різноманітні форми прояву фінансових ризиків, складність наслідків їх реалізації зумовлюють необхідність поглибленого аналізу ризиків можливих втрат та строгого математичного обґрунтування політики організацій, які працюють з фінансами. Таким чином, застосування сучасних математичних методів до аналізу та менеджменту фінансових ризиків забезпечує можливість отримання обґрунтованої та достовірної оцінки характеристик діяльності підприємств, які взаємодіють з фінансовими потоками. Отже, задачі створення нових математичних моделей і методів оцінювання і прогнозування стану фінансових компаній з метою зменшення втрат та уникнення їх банкрутства, а також підвищення рівня їх фінансової стійкості є високо актуальними.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

1. Створено нові математичні моделі у формі байєсівської мережі і байєсівської регресії, які відрізняються можливістю врахування ймовірнісно-статистичних невизначеностей даних та експертних оцінок і забезпечують підвищення адекватності та якості оцінювання можливих операційних фінансових втрат.



2. Запропоновано і застосовано метод структурно-параметричної адаптації моделей у формі мереж Байєса до нових даних (оцінювання структури і параметрів моделі з використанням належних критеріїв якості) з метою підвищення адекватності і точності прогнозів ймовірісно-статистичних моделей в умовах надходження нових даних.

3. Удосконалено обчислювальні процедури, що використовуються для обробки статистичних даних, оцінювання структури і параметрів моделей (удосконалення методу Монте-Карло для марковських ланцюгів) операційних ризиків.

Достовірність отриманих результатів обчислювальних експериментів підтверджується коректним застосуванням відповідного апарату математичного моделювання і прогнозування розвитку нелінійних нестационарних процесів, а також виконанням множини експериментів з використанням фактичних і додатково згенерованих даних, що відповідають вимогам до фінансових втрат та характеристикам досліджуваного фінансового підприємства. Отримані результати експериментів відповідають вимогам до їх повноти, інформативності та значущості, що підтверджено статистичним тестуванням за допомогою коректно використаних статистичних метрик. Контроль застосування метрик здійснено на незалежних, коректно підібраних тестових вибірках даних, що додатково підтверджує достовірність отриманих здобувачкою наукових результатів.

Наукові положення, висновки та сформульовані рекомендації є у достатній мірі обґрунтованими. Вони ґрунтуються на релевантних сучасних вітчизняних та зарубіжних наукових джерелах, а також коректно використовують методологію системного аналізу, інтелектуального аналізу даних, зокрема сучасного регресійного та байєсівського підходів до аналізу даних та експертних оцінок, математичної статистики і методів штучного інтелекту.

У дисертаційному дослідженні здобувачка отримала нові наукові результати стосовно аналізу нелінійних нестационарних процесів у фінансах. Можна вважати основним з них метод структурно-параметричної адаптації ймовірісно-статистичних моделей у формі байєсівських мереж до нових даних (повторне оцінювання структури і параметрів моделі з коректним використанням відповідних критеріїв адекватності) з метою підвищення якості побудованих моделей операційних фінансових ризиків. Це дало можливість уточнити оцінки можливих втрат внаслідок реалізації операційних ризиків та необхідне резервування капіталу.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі математичних методів системного аналізу КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР (номери держреєстрації 0117U002435 та 0118U003668) під керівництвом професора



КПІ ім. Ігоря Сікорського, доктора технічних наук, професора Бідюка Петра Івановича.

Таким чином, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання стосовно розробки методики, моделей і комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень для моделювання і оцінювання операційних фінансових ризиків, резервування капіталу для покриття можливих втрат виконано повністю і здобувачка у повній мірі оволоділа методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Левенчук Людмили Борисівни повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 124 Системний аналіз та напрямом досліджень, що відповідає освітній програмі Системний аналіз.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого теоретичного і практичного внеску здобувачки у науковий напрям досліджень «Системний аналіз».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Левенчук Людмили Борисівни є результатом самостійних досліджень здобувачки 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.

Результати виконання теоретичних і практичних досліджень роботи викладено цілісно, логічно, послідовно, коректно та доступно. В представленні результатів дослідження використано науковий стиль та застосована сучасна загальноприйнята наукова термінологія. Текст дисертаційної роботи є чітко структурованим, що полегшує сприйняття її змісту, дає можливість сфокусуватись на конкретному аспекті дослідження і посиланнях на відповідні доступні наукові джерела. Таке подання результатів, отриманих на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень дисертантки, забезпечує доступність їх поглибленого сприйняття та успішний подальший розвиток вибраного наукового напрямку.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 168 сторінок.



У вступі визначено головну мету роботи та системно поставлено завдання дослідження, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи. Також розглянуто проблемні моменти існуючих підходів і подано наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів. Здобувачка також зазначає особистий внесок, апробацію матеріалів дисертації та перелічує наявні публікації за темою роботи.

Перший розділ присвячено аналізу методів та виконаних робіт в напрямі моделювання і прогнозування нелінійних нестационарних процесів, характерних для системного дослідження фінансових ризиків. На основі виконаного аналізу зроблено узагальнений огляд класу моделей для математичного моделювання та оцінювання фінансових ризиків. Зокрема, зроблено акцент на байєсівському підході до моделювання складних процесів в умовах наявності невизначеності структурного і параметричного характеру, який забезпечує автоматизацію процесу оцінювання і врахування можливих невизначеностей. Також запропоновано огляд сучасного програмного інструментарію для побудови інформаційної системи підтримки прийняття рішень, що забезпечує належний аналіз процесів, пов'язаних з операційними фінансовими ризиками.

У другому розділі виконано поглиблений аналіз можливих невизначеностей даних, характерних для моделювання і прогнозування розвитку нестационарних фінансових процесів. Розглянуто клас математичних моделей, які можуть бути застосовані для формалізованого опису нелінійних нестационарних процесів у фінансах. Це моделі, що ґрунтуються на використанні байєсівського програмування, а також достатньо універсальні для практичного використання узагальнені лінійні моделі (УЛМ). Для оцінювання параметрів байєсівських регресійних моделей запропоновано використати універсальний метод Монте-Карло для марківських ланцюгів (МКМЛ), який забезпечує підвищення якості оцінок параметрів лінійних та нелінійних моделей і, відповідно, підвищення адекватності побудованих моделей за наявності ймовірно-статистичних невизначеностей у статистичних даних.

У третьому розділі здобувачка подала запропонований метод структурно-параметричної адаптації байєсівських моделей до статистичних даних, який забезпечує високу адекватність побудованих моделей в умовах наявності нестационарності та нелінійності досліджуваних фінансових процесів. В розділі розглянуто важливу задачу структурного навчання байєсівських мереж в умовах повних та неповних вибірок даних. Підготовку даних до моделювання запропоновано виконати за допомогою методів фільтрації байєсівського типу.

Четвертий розділ роботи присвячено створенню інформаційної СППР для виконання поглибленого аналізу фінансових процесів та вибраних фінансових ризиків. Сформульовано критерії для оцінювання адекватності побудованих



моделей і якості оцінок прогнозів, а також подано приклади оцінювання операційних ризиків на основі статистичних даних та експертних оцінок. Створено процедуру адаптивного оцінювання прогнозів можливих фінансових втрат внаслідок реалізації операційних ризиків. У розділі подано підсумки виконання обчислювальних експериментів за допомогою СППР та їх порівняльний аналіз.

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 14 наукових публікаціях здобувачки, серед яких: 3 статті у наукових фахових виданнях України які включені на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 124 Системний аналіз, 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Web of Science, 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, 1 стаття у періодичному науковому виданні іншої країни, що додатково відображає результати дисертації.

Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

Усі публікації здобувачки мають високий науковий рівень. У них детально розкриваються основні наукові результати виконаного дослідження. Особистий внесок здобувачки до публікацій за співавторством вагомий, особливо у описі експериментальних частин роботи. Принципів академічної доброчесності у жодній з публікацій не порушено.

Таким чином, наукові результати, представлені в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувачки.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. При побудові моделей у формі байєсівських мереж існують різні можливості (методи) стосовно формулювання (обчислення) ймовірного висновку. Але таких (альтернативних) результатів в роботі не знайдено.

2. У процесах математичного моделювання регресійних і байєсівських моделей на основі статистичних даних зустрічаються невизначеності даних стохастичного характеру: випадкові збурення і похибки вимірів. Яким чином вони враховуються при побудові моделей?

3. Недостатньо чітко сказано які критерії якості (адекватності) моделі використано при побудові ймовірно-статистичних моделей у формі байєсівських мереж?

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

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії, Левенчук Людмили Борисівни, на тему *«Система підтримки прийняття рішень для аналізу операційних ризиків»* виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності і є закінченим науковим дослідженням, що має достатньо хороші перспективи для подальшого розвитку. Сукупність теоретичних і практичних результатів виконаного дослідження розв'язує наукове завдання, що має суттєве значення для системного аналізу. 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.

Здобувачка Левенчук Людмила Борисівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 124 Системний аналіз.

### **Рецензент:**

професор кафедри математичних методів  
системного аналізу Навчально-наукового  
інституту прикладного системного аналізу  
Національного технічного університету  
України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського», д.т.н., доцент

 Олена ЗАЙЧЕНКО



« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ року