

Голові разової  
спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна  
Професорці Олені ТОВСТОЛУЗЬКІЙ  
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

### **Рецензія**

офіційного рецензента, доцента закладу вищої освіти кафедри теоретичної та прикладної інформатики, факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, кандидата технічних наук, Меняйлова Євгена Сергійовича на дисертаційну роботу Панченка Артема Сергійовича «Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки»

#### **1. Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Специфікація поведінки системи є описом змін її станів в процесі функціонування. Цей документ формально визначає бажану поведінку програмного або апаратного забезпечення і використовується для визначення та верифікації функцій і властивостей системи. Таке визначення є критичним для розробки, тестування та верифікації програмного забезпечення. Можна виділити два основних підходи до проведення аналізу системи, що проектується, з метою її специфікації, а саме - формальні та неформальні. Обидва підходи до специфікації програмного забезпечення мають свої переваги та недоліки. Вибір підходу залежить від вимог проекту, складності системи та необхідності формальної верифікації.

Формальні методи в специфікації програмного забезпечення застосовуються в тих випадках, коли важлива висока точність, несуперечливість і можливість формальної верифікації системи. Окремо слід зазначити, що використання формальних методів специфікації програмних систем здешевлює процес розробки продуктів та зменшує потенційні витрати на усунення помилок.

Серед усіх засобів формальної специфікації програмних продуктів слід виділити специфікацію з використанням універсальних коалгебр - алгебраїчних об'єктів дуальних універсальним алгебрам. Коалгебраїчна специфікація є потужним формальним методом, який використовується для моделювання динамічних систем.

Окремо слід зазначити, що коалгебраїчні специфікації можуть бути інтегровані з іншими формальними методами, такими як алгебраїчні специфікації та модельна перевірка (model checking). Це забезпечує додаткові можливості для формального аналізу і верифікації саме складних систем, які як правило не можуть бути описані в рамках однієї моделі. Наприклад, алгебраїчні методи можуть бути використані для опису статичних аспектів системи, в той час як коалгебраїчні методи використовуються для динамічних аспектів, що забезпечує комплексний підхід до моделювання і верифікації. Формальна специфікація динаміки системи особливо необхідна для

розподілених систем, оскільки вони мають додаткову невизначеність спричинену недетермінованістю процесів обміну інформацією між компонентами системи.

З викладеного вище можна зробити висновок, що формальні методи специфікації програмних продуктів та систем є підходом, що при правильному його використанні дозволяє забезпечити високу надійність системи та мінімізувати фінансові витрати на виправлення проєктних помилок, у випадку, якщо вони виникнуть. Використання універсальних коалгебр для специфікації поведінки програмних продуктів та систем має низку переваг над іншими формальними методами, зокрема, виразність моделювання дискретних динамічних систем, що в свою чергу дає можливість зменшити витрати на створення специфікації для подібних типів систем. Отже, науково-прикладна задача удосконалення моделей та методів специфікації поведінки дискретних динамічних систем, побудованих на основі універсальних коалгебр є актуальною.

## **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.**

Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 139 сторінок друкованого тексту: 101 сторінок основного тексту, 10 рисунків, 18 діаграм, списку використаних джерел із 72 найменувань.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету і основні задачі, об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, визначено наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результатів, описано методи, які були використані у дослідженнях і особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проаналізовано існуючі підходи до підвищення якості процесу специфікації обмежень розподілених систем за рахунок використання формальних методів моделювання та специфікації.

У **другому розділі** була надана основна інформація щодо використання універсальної коалгебри з неформальною інтерпретацією абстрактних математичних моделей а також сформульовано та доведено достатню умову збереження ендфунктором у категорії множин слабких декартових квадратів, що дозволило отримати інструмент перевірки існування фінальної коалгебри для системи, що вивчається.

У **третьому розділі** наведені практичні підходи для аналізу поведінки динамічних систем з використання універсальних коалгебр та використано монаду статистичного розподілу ймовірностей Джирі для рандомізації детермінованої дискретної системи, що дозволило сформулювати рандомну дискретну систему з виходами та визначити її фінальну систему, що має форму нескінченного дерева.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи були описані методи побудови імітаційних моделей представницької системи (яка завжди буде фінальною системою) для обраної категорій систем та описаний коалгебраїчний підхід до динамічного аналізу (імітаційного моделювання) складних систем за допомогою універсальних коалгебр.

**Висновки** за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

**Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.**

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

### **3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Тематика дисертаційної роботи пов'язана з дослідженнями, проведеними у межах науково дослідницької роботи «Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railway sleepers, rolling stock and logistics» (ДР № 0123U102700), при виконанні якої здобувач приймав участь як виконавець.

### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, одержаних при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечується коректним використанням адекватних підходів і методів сучасної математики, які, як це продемонстровано у численних авторитетних публікаціях, знайшли застосування у комп'ютерних науках. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в фахових наукових видання та таких, які індексуються у наукометричній базі Scopus. Результати доповідалися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи логічно впливають з її змісту.

### **5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.**

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 5 наукових праць, серед яких 1 публікація у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 1 публікація у науковому виданні, включеному на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, 3 тез доповідей.

Дисертант отримав наступні наукові результати:

- 1) *вперше* запропоновано формалізацію операції рандомізації дискретної динамічної системи шляхом лівої композиції її ендofунктора з монадою Джірі;
- 2) *вперше* сформульовано та доведено достатню умову для збереження ендofунктором категорії множин слабких декартових квадратів, що дозволяє встановити факт існування фінальної системи.
- 3) *дістала* подальшого розвитку техніка обчислення фінальної системи певного типу шляхом використання методу коіндукції у разі доведеного факту існування фінальної системи.

- 4) *дистав* подальшого розвитку метод синтезу моделей для динамічного аналізу (імітаційного моделювання) складних систем з використанням техніки універсальних коалгебр

### **6. Практичне значення одержаних результатів.**

Практичне значення результатів роботи обумовлене широким колом прикладних задач з різних сфер діяльності людини, які можуть бути розв'язані за допомогою запропонованих здобувачем підходів до підвищення якості специфікації та аналізу складних розподілених систем.

Результати дисертаційного дослідження Панченка А.С., були впроваджені у навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту та використовуються при підготовці до дипломування бакалаврів і магістрів освітньо-професійного рівня та магістрів освітньо-наукового рівня на факультеті “Управління процесами перевезень” за освітніми програмами “Організація перевезень і управління на транспорті”, “Організація міжнародних перевезень”.

Результати дисертаційного дослідження були використані при дослідженні системи руху вагонопотоків на полігоні регіональної філії “Південна залізниця” АТ “Укрзалізниця”, що дозволило забезпечити точність прогнозування часу доставки вантажу з сортувальних станцій на розгалужених полігонах залізничної мережі на рівні, близькому до 90% з похибкою 4 - 9%. Методи імітаційного моделювання з використанням універсальних коалгебр дали змогу зменшити потенційну кількість помилок при розробці систем моніторингу руху вагонопотоків до 15%. Так само результати дисертаційного дослідження було впроваджено на виробництві ПАТ “Турбогаз”. Використання методик коалгебраїчної специфікації на етапі проектування турбодетандерної техніки дало можливість підвищити надійність техніки, що виготовляється.

### **7. Дотримання академічної доброчесності.**

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

### **8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.**

Як на мій погляд, є певні важливі аспекти, які в роботі здобувача залишились або поза межами уваги, або поза межами тексту дисертаційної роботи. До таких питань належать наступні:

1. Під час аналізу підходів до специфікації та аналізу поведінки складних систем автором не було приділено достатньої уваги до вивчення можливостей штучного інтелекту для розв'язання подібних задач.
2. Автором не було достатньо глибоко розкрито аспекти практичного застосування запропонованого методу для аналізу поведінки та специфікації складних систем.
3. Огляд літератури складається з 72 найменувань, чи не потрібно було б проаналізувати більший обсяг робіт?

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

### **9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Панченка Артема Сергійовича «Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно- та доступно-викладеним матеріалом.

У роботі вирішено важливе наукове-практичне завдання, яке полягає у дослідженні підходів до вдосконалення аналізу та специфікації поведінки складних програмно-апаратних систем, зокрема розподілених завдяки використанню теорії універсальних коалгебр.

Здобувач Панченко Артем Сергійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки».

Офіційний рецензент,  
кандидат технічних наук  
доцент закладу вищої освіти  
кафедри теоретичної та прикладної інформатики  
факультету математики і інформатики  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна

Євген МЕНЯЙЛОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ

створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 17:30:21 05.08.2024

Назва файлу з підписом: Рецензія\_Меняйлова\_Євгена\_Сергійовича.pdf.p7s

Розмір файлу з підписом: 211.9 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Рецензія\_Меняйлова\_Євгена\_Сергійовича.pdf

Розмір файлу без підпису: 194.6 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: МЕНЯЙЛОВ ЄВГЕН СЕРГІЙОВИЧ

П.І.Б.: МЕНЯЙЛОВ ЄВГЕН СЕРГІЙОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 3338507797

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 17:30:22 05.08.2024

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000A6B24201C617C104

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової  
спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна  
Професорці Олені ТОВСТОЛУЗЬКІЙ  
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

### **Рецензія**

офіційного рецензента, професора кафедри теоретичної та прикладної системотехніки факультету комп'ютерних наук Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, доктора технічних наук, професора, Мірошник Марини Анатоліївни на дисертаційну роботу Панченка Артема Сергійовича «Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки»

#### **1. Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Специфікація поведінки системи описує зміну її станів під час функціонування. Цей документ формалізує бажану поведінку програмного чи апаратного забезпечення та служить для визначення і верифікації функцій і властивостей системи. Таке формальне визначення є важливим для розробки, тестування та перевірки програмного забезпечення. Існує два основних підходи до аналізу системи для її специфікації: формальний і неформальний. Кожен з цих підходів має свої переваги та недоліки. Вибір підходу залежить від вимог проекту, складності системи і необхідності формальної верифікації.

Формальні методи специфікації застосовуються, коли важлива висока точність, несуперечливість і можливість формальної перевірки системи. Важливо зазначити, що використання формальних методів специфікації може знизити вартість розробки продуктів і зменшити витрати на виправлення помилок.

Серед усіх засобів формальної специфікації програмних продуктів варто виділити специфікацію з використанням універсальних коалгебр – алгебраїчних об'єктів, дуальних до універсальних алгебр. Коалгебраїчна специфікація є потужним методом, який використовується для моделювання динамічних систем.

Коалгебраїчні специфікації можуть бути інтегровані з іншими формальними методами, такими як алгебраїчні специфікації та модельна перевірка (model checking). Це надає додаткові можливості для формального аналізу та верифікації складних систем, які не можуть бути описані лише однією моделлю. Наприклад, алгебраїчні методи можуть використовуватися для опису статичних аспектів системи, тоді як коалгебраїчні методи – для динамічних аспектів, що забезпечує комплексний підхід до моделювання та верифікації. Формальна специфікація динаміки системи особливо важлива для розподілених систем, оскільки вони мають додаткову невизначеність через недетермінованість процесів обміну інформацією між компонентами системи.

Таким чином, формальні методи специфікації програмних продуктів і систем є підходом, що при правильному використанні забезпечує високу надійність системи та мінімізує фінансові витрати на виправлення проектних помилок, якщо вони виникнуть. Використання універсальних коалгебр для специфікації поведінки програмних продуктів і систем має численні переваги над іншими формальними методами, зокрема, можливість точного моделювання дискретних динамічних систем, що знижує витрати на створення специфікацій для таких систем. Отже, удосконалення моделей та методів специфікації поведінки дискретних динамічних систем, побудованих на основі універсальних коалгебр, є актуальною науково-прикладною задачею.

## **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.**

Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 139 сторінок друкованого тексту: 101 сторінок основного тексту, 10 рисунків, 18 діаграм, списку використаних джерел із 72 найменувань.

У **вступі** автор описав тему дослідження та обґрунтував її вибір, показав наукову новизну проведеного дослідження та практичне значення результатів дослідження. Також були описані методи дослідження та визначено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** було наведено результати аналізу існуючих підходів до покращення процесу специфікації розподілених та складних програмно-апаратних систем за рахунок використання формальних методів.

У **другому розділі** було описано основні концепти та підходи до використання універсальних коалгебр для розв'язання задачі специфікації та аналізу поведінки складних систем. Також було сформульовано та доведено достатню умову існування фінальної коалгебри з використанням властивостей ендфункторів до збереження декартових квадратів. Таким чином було отримано інструмент перевірки існування фінальної коалгебри для системи, що вивчається.

У **третьому розділі** було продемонстровано практичні підходи до використання універсальних коалгебр для аналізу поведінки динамічних систем. Для впровадження стохастичності у модель було використано монаду статистичного розподілу ймовірностей Джирі. Таким чином було сформульовано рандомну дискретну систему з виходами та визначено її фінальну систему, що має форму нескінченного дерева.

У **четвертому розділі** автором було описані та наведені приклади практичних методів побудови імітаційних моделей для представницької системи, яка, як було показано у роботі, завжди буде фінальною системою обраної категорії систем. Практичні підходи були засновані на використанні коалгебраїчного підходу до динамічного аналізу складних систем з використанням універсальних коалгебр.

**Висновки** за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

**Список використаних джерел свідчить про те**, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження



ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

### **3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Тематика дисертаційної роботи пов'язана з дослідженнями, проведеними у межах науково дослідницької роботи «Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railway sleepers, rolling stock and logistics» (ДР № 0123U102700), при виконанні якої здобувач приймав участь як виконавець.

### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, одержаних при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечується коректним та обґрунтованим використанням підходів та методів сучасної математики, які є адекватними для розв'язання поставлених задач та широко застосовуються у комп'ютерних науках, що підкреслюється чисельними авторитетними науковими публікаціями. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в фахових наукових видання та таких, які індексуються у наукометричній базі Scopus. Результати доповідалися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи логічна випливають з її змісту.

### **5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.**

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 5 наукових праць, серед яких 1 публікація у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 1 публікація у науковому виданні, включеному на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, 3 тез доповідей.

Дисертант отримав наступні наукові результати:

- 1) *вперше* запропоновано формалізацію операції рандомізації дискретної динамічної системи шляхом лівої композиції її ендфунктора з монадою Джірі;
- 2) *вперше* сформульовано та доведено достатню умову для збереження ендфунктором категорії множин слабких декартових квадратів, що дозволяє встановити факт існування фінальної системи.
- 3) *дістала* подальшого розвитку техніка обчислення фінальної системи певного типу шляхом використання методу коіндукції у разі доведеного факту існування фінальної системи.
- 4) *дістав* подальшого розвитку метод синтезу моделей для динамічного аналізу (імітаційного моделювання) складних систем з використанням техніки універсальних коалгебр

## **6. Практичне значення одержаних результатів.**

Практичне значення результатів роботи обумовлено великою кількістю прикладних задач з різних галузей промисловості, які можуть бути розв'язані за допомогою запропонованих здобувачем підходів до підвищення якості специфікації та аналізу розподілених та складних програмно-апаратних систем.

Результати дисертаційного дослідження Панченка А.С., були впроваджені у навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту та використовуються при підготовці до дипломування бакалаврів і магістрів освітньо-професійного рівня та магістрів освітньо-наукового рівня на факультеті “Управління процесами перевезень” за освітніми програмами “Організація перевезень і управління на транспорті”, “Організація міжнародних перевезень”.

Результати дисертаційного дослідження були використані при дослідженні системи руху вагонопотоків на полігоні регіональної філії “Південна залізниця” АТ “Укрзалізниця”, що дозволило забезпечити точність прогнозування часу доставки вантажу з сортувальних станцій на розгалужених полігонах залізничної мережі на рівні, близькому до 90% з похибкою 4-9%. Методи імітаційного моделювання з використанням універсальних коалгебр дали змогу зменшити потенційну кількість помилок при розробці систем моніторингу руху вагонопотоків до 15%. Так само результати дисертаційного дослідження було впроваджено на виробництві ПАТ “Турбогаз”. Використання методик коалгебраїчної специфікації на етапі проектування турбодетандерної техніки дало можливість підвищити надійність техніки, що виготовляється.

## **7. Дотримання академічної доброчесності.**

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

## **8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.**

Як на мій погляд, є певні важливі аспекти, які в роботі здобувача залишились або поза межами уваги, або поза межами тексту дисертаційної роботи. До таких питань належать наступні:

1. Автором не було приділено достатньої уваги до вивчення можливостей формальних методів, зокрема з використанням універсальної коалгебри, верифікації нейроінтелектуальних, що є актуальною проблемою беручи до уваги їх стрімкий розвиток.

2. Під час оцінки результатів дослідження автор зосередився на якісних характеристиках систем, залишивши поза увагою кількісні характеристики поведінки систем.

3. У тексті дисертації не було наведено приклади використання формальних методів верифікації програмних систем, зокрема запропонованих методів з використанням універсальних коалгебр, під час їх впровадження на виробництві.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

### **9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Панченка Артема Сергійовича «Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно- та доступно-викладеним матеріалом.

У роботі вирішено важливе наукове-практичне завдання, яке полягає у дослідженні підходів до вдосконалення аналізу та специфікації поведінки складних програмно-апаратних систем, зокрема розподілених завдяки використанню теорії універсальних коалгебр.

Здобувач Панченко Артем Сергійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки».

Офіційний рецензент,  
доктор технічних наук  
Професор кафедри  
теоретичної та прикладної системотехніки  
факультету комп'ютерних наук  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна

Марина МІРОШНИК

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 14:28:26 05.08.2024

Назва файлу з підписом: Рецензія\_Панченко\_Мірошник.pdf  
Розмір файлу з підписом: 345.0 КБ

Перевірені файли:  
Назва файлу без підпису: Рецензія\_Панченко\_Мірошник.pdf  
Розмір файлу без підпису: 311.1 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: МІРОШНИК МАРИНА АНАТОЛІЇВНА  
П.І.Б.: МІРОШНИК МАРИНА АНАТОЛІЇВНА  
Країна: Україна  
РНОКПП: 2648901560  
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА  
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 14:28:26 05.08.2024  
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"  
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000F3B2401E08DB504  
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145  
Тип підпису: Удосконалений  
Тип контейнера: Підписаний PDF-файл (PAdES)  
Формат підпису: З повними даними для перевірки (PAdES-B-LT)  
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової  
спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна  
Професорці Олені ТОВСТОЛУЗЬКІЙ  
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

### **Відгук**

офіційного опонента, професора кафедри теорії і технології програмування, факультету комп'ютерних наук та кібернетики, Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктора фізико-математичних наук, Нікітченка Миколи Степановича на дисертаційну роботу Панченка Артема Сергійовича «Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки»

#### **1. Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Специфікація поведінки системи описує зміни її станів під час функціонування. Цей документ формально визначає як очікувану, так і аварійну поведінку програмного чи апаратного забезпечення, використовуючи його для визначення та верифікації функцій і властивостей системи. Таке формальне визначення є основою для створення технічного завдання, тестування та верифікації програмного забезпечення. Існують два основних підходи до аналізу системи для її специфікації: формальні та неформальні. Обидва підходи мають свої переваги і недоліки, і їх вибір залежить від вимог проекту, складності системи та необхідності формальної верифікації.

Формальні методи специфікації програмного забезпечення використовуються, коли необхідні висока точність, несуперечливість і можливість формальної верифікації системи. Використання цих методів знижує витрати на розробку продуктів і зменшує потенційні витрати на усунення помилок, хоча збільшує витрати на створення самої специфікації.

Серед різних формальних методів специфікації програмних продуктів виділяється специфікація з використанням універсальних коалгебр — алгебраїчних об'єктів, дуальних універсальним алгебрам. Коалгебраїчна специфікація є потужним методом для моделювання динамічних систем.

Коалгебраїчні специфікації можуть поєднуватися з іншими формальними методами, такими як алгебраїчні специфікації та модельна перевірка (model checking). Це забезпечує додаткові можливості для формального аналізу та верифікації складних систем, які не можуть бути описані однією моделлю. Наприклад, алгебраїчні методи можуть використовуватися для опису статичних аспектів системи, тоді як коалгебраїчні методи підходять для динамічних аспектів, що забезпечує комплексний підхід до моделювання та верифікації. Формальна специфікація динаміки системи особливо важлива для розподілених систем, оскільки вони мають додаткову невизначеність через недетермінованість процесів обміну інформацією між компонентами системи.

Таким чином, формальні методи специфікації програмних продуктів і систем, за умови їх правильного застосування, дозволяють забезпечити високу надійність системи та мінімізувати фінансові витрати на виправлення проектних помилок. Використання універсальних коалгебр для специфікації поведінки програмних продуктів і систем має ряд переваг над іншими формальними методами, зокрема, точність моделювання дискретних динамічних систем, що дозволяє знизити витрати на створення специфікацій для таких систем. Отже, удосконалення моделей та методів специфікації поведінки дискретних динамічних систем, побудованих на основі універсальних коалгебр, є актуальною науково-прикладною задачею.

## **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.**

Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 139 сторінок друкованого тексту: 101 сторінок основного тексту, 10 рисунків, 18 діаграм, списку використаних джерел із 72 найменувань.

У **вступі** автор описав тему дисертаційного дослідження та надав її обґрунтування. Було висвітлено новизну проведеного дослідження та його практичне значення, окреслено методи, використані для виконання дисертаційної роботи, і підкреслено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** автор представив результати аналізу сучасних підходів та методів для покращення якості процесу специфікації та аналізу поведінки складних систем за допомогою формальних методів специфікації. Було розглянуто приклади, переваги та недоліки таких методів.

У **другому розділі** було описано основні концепти та підходи до застосування універсальних коалгебр для вирішення задачі специфікації та аналізу поведінки складних систем. Автор сформулював і довів достатню умову існування фінальної коалгебри, використовуючи властивості ендofункторів для збереження декартових квадратів. Ця умова служить інструментом для перевірки існування фінальної коалгебри в досліджуваній системі.

У **третьому розділі** були представлені практичні підходи до використання універсальних коалгебр для аналізу поведінки динамічних систем. За допомогою монади статистичного розподілу ймовірностей Джирі було сформульовано випадкову дискретну систему з виходами і визначено її фінальну систему, яка була описана через концепцію нескінченних дерев без листя.

У **четвертому розділі** автор навів практичні методи побудови імітаційних моделей для представницької системи, яка, як було показано у роботі, завжди є фінальною системою обраної категорії систем. Практичні підходи базувалися на коалгебраїчному підході до динамічного аналізу складних систем з використанням універсальних коалгебр.

**Висновки** за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

**Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.**

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

### **3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Тематика дисертаційної роботи пов'язана з дослідженнями, проведеними у межах науково дослідницької роботи «Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railway sleepers, rolling stock and logistics» (ДР № 0123U102700), при виконанні якої здобувач приймав участь як виконавець.

### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Наукові результати, отримані в рамках дослідження дисертаційної теми, відзначаються високим рівнем обґрунтованості та достовірності завдяки правильному та обґрунтованому застосуванню сучасних математичних підходів і методів, які є адекватними для вирішення поставлених задач і мають широке застосування в комп'ютерних науках. Це підтверджується численними авторитетними науковими публікаціями. Основні результати дисертаційного дослідження були опубліковані у фахових наукових виданнях, що індексуються в наукометричній базі Scopus, і представлені на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи логічно впливають із її змісту.

### **5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.**

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 5 наукових праць, серед яких 1 публікація у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 1 публікація у науковому виданні, включеному на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, 3 тез доповідей.

Дисертант отримав наступні наукові результати:

- 1) *вперше* запропоновано формалізацію операції рандомізації дискретної динамічної системи шляхом лівої композиції її ендфунктора з монадою Джірі;
- 2) *вперше* сформульовано та доведено достатню умову для збереження ендфунктором категорії множин слабких декартових квадратів, що дозволяє встановити факт існування фінальної системи.
- 3) *дістала* подальшого розвитку техніка обчислення фінальної системи певного типу шляхом використання методу коіндукції у разі доведеного факту існування фінальної системи.

- 4) *дiстав* подальшого розвитку метод синтезу моделей для динамiчного аналізу (iмiтацiйного моделювання) складних систем з використанням технiки унiверсальних коалгебр

#### **6. Практичне значення одержаних результатiв.**

Практична цiннiсть результатiв дослiдження обумовлена тим, що вони можуть бути застосованi до численних прикладних задач у рiзних галузях промисловостi. Це досягається завдяки запропонованим автором пiдходам, якi дозволяють покращити якiсть специфiкацiї та аналізу розподiлених i складних програмно-апаратних систем.

Результати дисертацiйного дослiдження Панченка А.С., були впровадженi у навчальний процес Українського державного унiверситету залiзничного транспорту та використовуються при пiдготовцi бакалаврiв i магiстрiв освiтньо-професiйного рiвня та магiстрiв освiтньо-наукового рiвня на факультетi “Управлiння процесами перевезень” за освiтнiми програмами “Органiзацiя перевезень i управлiння на транспортi”, “Органiзацiя мiжнародних перевезень”.

Результати дисертацiйного дослiдження були використанi при дослiдженнi системи руху вагонопотокiв на полiгонi рiгiональної фiлiї “Пiвденна залiзниця” АТ “Укрзалiзниця”, що дозволило забезпечити точнiсть прогнозування часу доставки вантажу з сортувальних станцiй на розгалужених полiгонах залiзничної мережi на рiвнi, близькому до 90% з похибкою 4 - 9%. Методи iмiтацiйного моделювання з використанням унiверсальних коалгебр дали змогу зменшити потенцiйну кiлькiсть помилок при розробцi систем монiторингу руху вагонопотокiв до 15%. Так само результати дисертацiйного дослiдження було впроваджено на виробництвi ПАТ “Турбогаз”. Використання методик коалгебраiчної специфiкацiї на етапi проектування турбодетандерної технiки дало можливiсть пiдвищити надiйнiсть технiки, що виготовляється.

#### **7. Дотримання академiчної доброчесностi.**

За результатами аналізу дисертацiйної роботи та публiкацiй автора порушення академiчної доброчесностi не виявлено. Елементи фальсифiкацiї чи фабрикацiї тексту в роботi вiдсутнi.

#### **8. Дискусiйнi положення та зауваження до змiсту дисертацiї.**

Як на мiй погляд, є певнi важливи аспекти, якi в роботi здобувача залишились або поза межами уваги, або поза межами тексту дисертацiйної роботи. До таких питань належать наступнi:

1. У дисертацiйнiй роботi слiд було б бiльш детально продемонструвати вiдповiднiсть методiв дослiдження спецiальностi 122 Комп'ютернi науки галузi знань “iнформацiйнi технологiї” для бiльш чiткого акцентування її прикладного, а не суто математичного характеру.
2. В роботi недостатньо показаний зв'язок мiж коалгебраiчним моделюванням семантичних властивостей систем специфiкацiй та модальними логiками, хоча вiдомi роботи, в яких показано, що коалгебраiчний пiдхiд є адекватним для побудови моделей модальних логiчних систем.



3. Доцільно було б розглянути можливий зв'язок між коалгебраїчним підходом до верифікації та відомими системами верифікації такими як The Coq Proof Assistant та Isabella.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

### **9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Панченка Артема Сергійовича «Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно- та доступно-викладеним матеріалом.

У роботі вирішено важливе наукове-практичне завдання, яке полягає у дослідженні підходів до вдосконалення аналізу та специфікації поведінки складних програмно-апаратних систем, зокрема розподілених завдяки використанню теорії універсальних коалгебр.

Здобувач Панченко Артем Сергійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент,  
доктор фізико-математичних наук,  
професор кафедри теорії і технології програмування  
факультету комп'ютерних наук та кібернетики  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка

Микола НІКІТЧЕНКО

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ

створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 20:24:45 04.08.2024

Назва файлу з підписом: Відгук Нікітченка Миколи Степановича.pdf.asice

Розмір файлу з підписом: 166.0 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Відгук Нікітченка Миколи Степановича.pdf

Розмір файлу без підпису: 170.9 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Нікітченко Микола Степанович

П.І.Б.: Нікітченко Микола Степанович

Країна: Україна

РНОКПП: 1874406019

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 20:24:42 04.08.2024

Сертифікат виданий: "Дія". Кваліфікований надавач електронних довірчих послуг

Серійний номер: 382367105294AF970400000036412D0001C6B102

Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Кваліфікований

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової  
спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна  
Професорці Олені ТОВСТОЛУЗЬКІЙ  
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

### **Відгук**

офіційного опонента, професора кафедри інформаційних систем та технологій факультету інформатики та обчислювальної техніки Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, доктора фізико-математичних наук, Дорошенка Анатолія Юхимовича на дисертаційну роботу Панченка Артема Сергійовича «Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп’ютерні науки»

#### **1. Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Специфікація поведінки системи визначає як стани системи змінюються в процесі функціонування системи. Сама ця специфікація визначає безпечні (safe) та небезпечні (unsafe) сценарії системної динаміки і, відповідно, дозволяє коректно ідентифікувати очікувану та аварійну поведінку програмного чи апаратного забезпечення. Таке формальне визначення фіксується в технічному завданні на розробку програмного забезпечення, а також визначає програму та методику його тестування та верифікації. Існують два основних підходи до аналізу системи з метою її специфікації: статичний (формальні методи) та динамічний (імітаційне моделювання та налагодження). Обидва підходи мають свої плюси і мінуси, а їх вибір залежить від вимог проекту, складності системи, що проєктується, а також, необхідності та можливості використання, формальних методів.

Формальні методи специфікації програмного забезпечення застосовуються, коли важливі висока точність, несуперечливість і можливість формальної верифікації системи. Використання цих методів знижує витрати на розробку продуктів і зменшує потенційні витрати на усунення помилок, але у свою чергу збільшує витрати на безпосередньо специфікацію.

Серед різних формальних методів специфікації програмних продуктів виділяється специфікація з використанням універсальних коалгебр — алгебраїчних об’єктів, дуальних універсальним алгебрам. Коалгебраїчна специфікація є потужним методом, який застосовується для моделювання динамічних систем.

Коалгебраїчні специфікації можуть поєднуватися з іншими формальними методами, такими як алгебраїчні специфікації та модельна перевірка (model checking). Це надає додаткові можливості для формального аналізу та верифікації складних систем, які не можуть бути описані в рамках однієї моделі. Наприклад, алгебраїчні методи можуть бути використані для опису статичних аспектів системи, тоді як

коалгебраїчні методи підходять для динамічних аспектів, що забезпечує комплексний підхід до моделювання та верифікації. Формальна специфікація динаміки системи особливо важлива для розподілених систем, оскільки вони мають додаткову невизначеність через недетермінованість процесів обміну інформацією між компонентами системи.

На основі викладеного можна зробити висновок, що формальні методи специфікації програмних продуктів і систем, за умови їх правильного застосування, дозволяють забезпечити високу надійність системи і мінімізувати фінансові витрати на виправлення проектних помилок. Використання універсальних коалгебр для специфікації поведінки програмних продуктів і систем має ряд переваг над іншими формальними методами, зокрема, точність моделювання дискретних динамічних систем, що дозволяє знизити витрати на створення специфікацій для таких систем. Отже, удосконалення моделей та методів специфікації поведінки дискретних динамічних систем, побудованих на основі універсальних коалгебр, є актуальною науково-прикладною задачею.

## **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.**

Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 139 сторінок друкованого тексту: 101 сторінок основного тексту, 10 рисунків, 18 діаграм, списку використаних джерел із 72 найменувань.

У **вступі** автором було описано тему дисертаційного дослідження та наведено її обґрунтування. Було наведено новизну проведеного дослідження а також показано його практичне значення, описано методи для проведення дисертаційного дослідження та виділено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** автор представив результати проведеного аналізу актуальних підходів та методів розв'язання актуальної проблеми покращення якості процесу специфікації та аналізу поведінки складних систем за рахунок використання формальних методів специфікації. Було наведено приклади, переваги та недоліки подібних методів.

У **другому розділі** було описано основні концепти та підходи до використання універсальних коалгебр для розв'язання задачі специфікації та аналізу поведінки складних систем. Автором було сформульовано та доведено достатню умову існування фінальної коалгебри з використанням властивостей ендфункторів до збереження декартових квадратів. Ця умова є інструментом перевірки існування фінальної коалгебри для системи, що вивчається.

У **третьому розділі** були наведені практичні підходи до використання універсальних коалгебр для аналізу поведінки динамічних систем. З використанням монади статистичного розподілу ймовірностей Джирі було сформульовано рандомну дискретну систему з виходами та визначено її фінальну систему, що була сформульована за допомогою концепції нескінченних дерев без листя.

У **четвертому розділі** автор навів практичні методи побудови імітаційних моделей для представницької системи, яка, як було показано у роботі, завжди буде фінальною системою обраної категорії систем. Практичні підходи були засновані на

використання коалгебраїчного підходу до динамічного аналізу складних систем з використанням універсальних коалгебр.

**Висновки** за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

**Список використаних джерел свідчить про те**, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

### **3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Тематика дисертаційної роботи пов'язана з дослідженнями, проведеними у межах науково дослідницької роботи «Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railway sleepers, rolling stock and logistics» (ДР № 0123U102700), при виконанні якої здобувач приймав участь як виконавець.

### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Наукові результати, отримані в ході досліджень за темою дисертаційної роботи, відзначаються обґрунтованістю та достовірністю, що забезпечується правильним та обґрунтованим використанням сучасних математичних підходів та методів, які відповідають поставленим завданням та широко застосовуються в комп'ютерних науках. Це підтверджується численними авторитетними науковими публікаціями. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані у фахових наукових виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus. Результати також представлялися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи логічно випливають з її змісту.

### **5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.**

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 5 наукових праць, серед яких 1 публікація у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 1 публікація у науковому виданні, включеному на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, 3 тез доповідей.

Дисертант отримав наступні наукові результати:

- 1) *вперше* запропоновано формалізацію операції рандомізації дискретної динамічної системи шляхом лівої композиції її ендфунктора з монадою Джірі;

- 2) *вперше* сформульовано та доведено достатню умову для збереження ендфунктором категорії множин слабких декартових квадратів, що дозволяє встановити факт існування фінальної системи.
- 3) *дістала* подальшого розвитку техніка обчислення фінальної системи певного типу шляхом використання методу коіндукції у разі доведеного факту існування фінальної системи.
- 4) *дістав* подальшого розвитку метод синтезу моделей для динамічного аналізу (імітаційного моделювання) складних систем з використанням техніки універсальних коалгебр

## **6. Практичне значення одержаних результатів.**

Практична цінність результатів роботи визначається численними прикладними задачами з різних галузей промисловості, які можуть бути вирішені за допомогою запропонованих автором підходів до покращення якості специфікації та аналізу розподілених і складних програмно-апаратних систем.

Результати дисертаційного дослідження Панченка А.С., були впроваджені у навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту та використовуються при підготовці до дипломування бакалаврів і магістрів освітньо-професійного рівня та магістрів освітньо-наукового рівня на факультеті “Управління процесами перевезень” за освітніми програмами “Організація перевезень і управління на транспорті”, “Організація міжнародних перевезень”.

Результати дисертаційного дослідження були використані при дослідженні системи руху вагонопотоків на полігоні регіональної філії “Південна залізниця” АТ “Укрзалізниця”, що дозволило забезпечити точність прогнозування часу доставки вантажу з сортувальних станцій на розгалужених полігонах залізничної мережі на рівні, близькому до 90% з похибкою 4 - 9%. Методи імітаційного моделювання з використанням універсальних коалгебр дали змогу зменшити потенційну кількість помилок при розробці систем моніторингу руху вагонопотоків до 15%. Так само результати дисертаційного дослідження було впроваджено на виробництві ПАТ “Турбогаз”. Використання методик коалгебраїчної специфікації на етапі проектування турбодетандерної техніки дало можливість підвищити надійність техніки, що виготовляється.

## **7. Дотримання академічної доброчесності.**

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

## **8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.**

Як на мій погляд, є певні важливі аспекти, які в роботі здобувача залишились або поза межами уваги, або поза межами тексту дисертаційної роботи. До таких питань належать наступні:

1. Відомою проблемою у розподілених системах є відсутність глобального часу, яка повинна моделюватися за допомогою відповідного ендofунктора. На жаль в роботі цьому аспекту моделювання майже не приділено уваги.
2. Автором не було достатньо обгрунтовано використання апарату теорії категорій, що є доволі абстрактним інструментом, зокрема для автоматизації процесів проектування імітаційних моделей складних систем.
3. У дисертаційній роботі слід було б пояснити більш детально, як відрізняються ендofунктори, що визначають тип системи, у випадках однопроцесних та розподілених систем.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обгрунтованість наведених здобувачем висновків.

### **9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Панченка Артема Сергійовича «Коалгебраїчні засоби специфікації та аналізу статистичних обмежень поведінки розподілених систем», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно- та доступно-викладеним матеріалом.

У роботі вирішено важливе наукове-практичне завдання, яке полягає у дослідженні підходів до вдосконалення аналізу та специфікації поведінки складних програмно-апаратних систем, зокрема розподілених завдяки використанню теорії універсальних коалгебр.

Здобувач Панченко Артем Сергійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 - «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент,  
доктор фізико-математичних наук  
професор кафедри  
інформаційних систем та технологій  
факультету інформатики та обчислювальної техніки  
Національного технічного університету України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”

Анатолій ДОРОШЕНКО

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 17:55:45 04.08.2024

Назва файлу з підписом: Відгук\_Дорошенка\_Анатолія\_Юхимовича.docx.asice  
Розмір файлу з підписом: 27.1 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Відгук\_Дорошенка\_Анатолія\_Юхимовича.docx  
Розмір файлу без підпису: 22.9 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ДОРОШЕНКО АНАТОЛІЙ ЮХИМОВИЧ

П.І.Б.: ДОРОШЕНКО АНАТОЛІЙ ЮХИМОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 1766801855

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 17:55:45 04.08.2024

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000001C65C000BA4F4A05

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00