

ВІДГУК

офіційного опонента

доцента кафедри інформатики та програмної інженерії Факультету інформатики та обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кандидата технічних наук

Олійника Юрія Олександровича

на дисертаційну роботу Маляренка Владислава Вікторовича
«Моделі, методи та інтелектуальні технології обробки текстових бізнес-правил у системах підтримки прийняття рішень»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки
(галузь знань 12 «Інформаційні технології»)

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

Актуальність теми дисертаційного дослідження обумовлена фундаментальною проблемою застосування великих мовних моделей для генерації формальних структур прийняття рішень – «імовірнісним розривом» між стохастичною природою генерації мовних моделей та детермінованими вимогами рушіїв виконання моделей у нотації Decision Model and Notation. Універсальні великі мовні моделі демонструють високу здатність до семантичного аналізу неструктурованого тексту природною мовою, проте під час формування складних формальних структур схильні до структурних галюцинацій — порушення логічної цілісності та формату вихідних артефактів. Додатково ситуація ускладнюється тим, що загальнопризначені великі мовні моделі позбавлені контексту конкретного бізнес-домену та схеми даних організації, унаслідок чого згенеровані формальні структури часто виявляються

термінологічно несумісними з наявними інформаційними системами та непридатними для безпосереднього виконання.

Подолання імовірнісного розриву потребує побудови спеціалізованих архітектур, що поєднують семантичну гнучкість великих мовних моделей із технологіями генерації з доповненням через пошук (Retrieval-Augmented Generation) та формальними методами верифікації згенерованих артефактів у замкненому циклі. Такий підхід дозволяє динамічно інтегрувати доменні знання у процес моделювання, забезпечуючи термінологічну відповідність і логічну коректність згенерованих формальних структур. У цьому контексті розроблення моделей, методів та інтелектуальних технологій автоматизованої генерації та валідації формальних структур прийняття рішень на основі неструктурованих текстових бізнес-правил, представлене в дисертаційній роботі здобувача, є актуальною науково-прикладною задачею, що відповідає сучасним напрямкам розвитку напрямку обробки природної мови та прикладних застосувань великих мовних моделей.

Дисертаційна робота виконана відповідно до науково-дослідної теми «Моделі та методи управління проектами розвитку організаційних систем» (державна реєстрація № 0124U001735) кафедри управління проектами в інформаційних технологіях Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», у виконанні якої здобувач брав безпосередню участь.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими з наукового та технічного поглядів. Обґрунтованість запропонованих моделей і методів забезпечується коректним застосуванням комплексу математичних і алгоритмічних підходів: теорії штучного інтелекту та методів обробки природної мови – для семантичного аналізу неструктурованих текстових бізнес-правил та їх трансформації у формальні структури; теорії модельно-керованих архітектур –

для побудови гібридних моделей, що поєднують імовірнісну генерацію з детермінованою верифікацією; апарату вартісних мереж Петрі – для математичного моделювання процесу інтелектуальної оркестрації та управління станами ітераційного самовідновлення моделей; методів теорії множин та формальних граматики – для опису правил відображення неструктурованих бізнес-знань на технічні атрибути стандарту DMN; принципів розробки програмного забезпечення та методів автоматизованого тестування – для практичної реалізації запропонованих технологій та експериментальної оцінки коректності згенерованих моделей.

Запропоновані формальні моделі та методи, що складають інтелектуальні технології генерації та валідації формальних структур прийняття рішень, є взаємоузгодженими і утворюють замкнений цикл автоматизованої обробки бізнес-правил.

3. Наукова новизна одержаних результатів

За результатами дисертаційного дослідження здобувачем отримано такі наукові результати, що мають наукову новизну:

1. Вперше запропоновано модель структуризації бізнес-правил, яка, на відміну від існуючих, представлена як опорна для подальшого використання та спирається на обробку неструктурованого текстового опису бізнес-правила і генерацію перевірочних тестів, що дозволяє виявляти логічні невідповідності текстових правил та сприяє коректності й ефективності прийняття управлінських рішень.

2. Удосконалено інтелектуальну технологію генерації цифрового представлення бізнес-правил шляхом формування структурованої інструкції на основі контекстної ін'єкції для використання у великій мовній моделі, що забезпечує зниження можливостей появи структурних галюцинацій, які впливають на коректність прийняття управлінських рішень у бізнес-середовищі. Зазначене дозволяє адаптувати велику мовну модель до специфіки задачі

генерації формальних структур прийняття рішень без необхідності донавчання моделі.

3. Удосконалено інтелектуальну технологію валідації згенерованих структур у логіці прийняття бізнес-рішень шляхом автоматичного формування функціональних наборів тестів. Запропонована технологія дозволяє виявляти семантичні помилки в текстовому представленні бізнес-правил незалежно від процесу генерації, що сприяє підвищенню достовірності формальних структур прийняття рішень.

4. Отримав подальший розвиток метод обробки бізнес-правил, який дозволяє враховувати як стохастичність, притаманну великим мовним моделям, так і детермінованість прийняття рішень, що забезпечує підвищення керованості бізнес-процесу та знижує ризик виникнення помилок.

5. Отримав подальший розвиток метод моделювання з використанням мереж Петрі за рахунок уточнення умов переходу між станами системи на основі результатів валідації нових структур прийняття рішень, що сприяє ефективності контролю можливих ітерацій у процесі та їх скороченню.

4. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність наукових результатів та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, підтверджується коректним вибором методів дослідження, послідовністю постановки та розв'язання задач, використанням методів формальної верифікації, генеративного моделювання, оброблення природної мови, штучного інтелекту та інтелектуального аналізу даних.

Експериментально доведено ефективність запропонованих методів та інтелектуальних технологій:

– застосування методу комплектування інструкції з контекстною ін'єкцією підвищує частку успішної генерації валідних структур із першої спроби з 86% до 95,5% ($p < 0,001$), що свідчить про ефективність RAG у зменшенні структурних галюцинацій.

– введення паралельної парної генерації формальних структур і тестового набору з незалежною крос-валідацією дозволяє досягти майже 100% успіху валідної генерації, проти 95,5% для стратегії зі статичним тестовим набором, забезпечуючи елімінацію конфліктних станів.

5. Практична значимість одержаних результатів

Практичне значення дисертаційного дослідження полягає у створенні програмного каркасу автоматизованої формалізації знань із замкненим циклом, що практично реалізує запропоновану опорну модель та інтелектуальні технології генерації і валідації формальних структур прийняття рішень. Розроблений каркас забезпечує наскрізний конвеєр обробки бізнес-правил – від семантичного аналізу неструктурованого текстового опису до формування виконуваної формальної структури в нотатції DMN з автоматизованим функціональним тестовим покриттям.

Експериментально підтверджено високу ефективність розробленого підходу: забезпечується низька обчислювальна вартість, істотно скорочено час формалізації та зменшено кількість дефектів у згенерованих структурах. Запропонована стратегія паралельної парної генерації формальних структур та тестового набору забезпечує ефективне використання обчислювальних ресурсів коштом одночасного виконання незалежних процесів генерації, що сприяє масштабованості розробленого процесу обробки бізнес-правил.

Практична цінність роботи підтверджується довідкою про впровадження результатів у виробничі процеси компанії «Torque IT Solutions Limited» (м. Окленд, Нова Зеландія).

6. Оцінка змісту дисертації

Дисертаційна робота складається з анотації двома мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Загальний обсяг роботи становить 147 сторінок, з них 136 сторінок основного тексту, що містить 22 рисунки та 10 таблиць; список використаних джерел нараховує 102 найменування.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано об'єкт, предмет, мету та задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, наведено відомості про апробацію та публікації.

У першому розділі здобувачем проведено систематичний аналіз існуючих методів формалізації та автоматизованої генерації формальних структур прийняття рішень. Розглянуто роль стандарту Decision Model and Notation у системах підтримки прийняття рішень, проаналізовано методи вилучення знань із текстових бізнес-правил на основі обробки природної мови – підходи на основі семантичного аналізу та методи ідентифікації компонентів моделей рішень. Досліджено можливості великих мовних моделей у задачах структурної генерації, розкрито природу імовірнісного розриву та структурних галюцинацій, проаналізовано методи обмеження простору виводу через формальні граматики. На основі аналізу наявних рішень виявлено основні обмеження та сформульовано постановку задачі дослідження.

У другому розділі здобувачем розроблено формальні моделі та методи інтелектуальної обробки текстових бізнес-правил. Представлено формалізований опис процесу трансформації неструктурованих бізнес-правил у формальні структури прийняття рішень із математично визначеним критерієм коректності. Побудовано опорну модель автоматизованої генерації та валідації, що визначає загальну архітектуру системи з багатокомпонентним вхідним шаром. Розроблено метод комплектування інструкції з контекстною ін'єкцією, що включає семантичне заземлення через інтеграцію схеми даних, контекстуальне збагачення через механізм Retrieval-Augmented Generation, формальне структурування вихідного формату DMN XML і FEEL та алгоритм композиції інструкції. Запропоновано моделі генерації формальних структур та тестового набору, модель інтелектуальної оркестрації на основі вартісних мереж Петрі з доведеними властивостями термінації, безпечності й прогресу. Представлено метод валідації формальних структур зі згенерованим тестовим набором та метод паралельної парної генерації для досягнення вищої точності.

У третьому розділі розроблено інтелектуальні технології автоматизованої обробки текстових бізнес-правил, що практично реалізують опорну модель. Описано архітектуру підсистеми генерації, реалізацію механізму ін'єкції схеми даних, процес генерації та постобробки XML-структур. Запропоновано інтелектуальну технологію валідації, що включає синтаксичну валідацію XML-структури, валідацію FEEL-виразів, семантичну валідацію з тестовими сценаріями та інтеграцію з ітераційним циклом виправлення помилок. Описано практичну реалізацію компонентів системи.

У четвертому розділі представлено результати експериментального дослідження ефективності запропонованих моделей і методів. Описано організацію експериментального середовища, формування тестового набору бізнес-правил та метрики оцінювання ефективності. Проведено дослідження точності генерації DMN-таблиць з ін'єкцією схеми контексту, ефективності методу комплектування інструкції, порівняльний аналіз стратегій відновлення після помилок, оцінку надійності системи та аналіз граничних випадків, дослідження економічної ефективності автоматизованої генерації. Представлено результати практичного впровадження.

Висновки роботи сформульовані чітко, відповідають змісту дисертаційної роботи та узагальнюють отримані наукові й практичні результати.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях

За темою дисертаційного дослідження здобувачем опубліковано 9 наукових праць, з яких: 1 стаття у періодичному виданні, що включене до міжнародної наукометричної бази Scopus; 1 стаття у періодичному виданні, що включене до міжнародної наукометричної бази Web of Science Core Collection; 3 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 4 публікації у збірниках матеріалів та тезах доповідей міжнародних науково-практичних конференцій. Основні положення та результати дисертаційної роботи були представлені, обговорені та отримали позитивну оцінку на шести міжнародних науково-практичних конференціях.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 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.

8. Дотримання вимог академічної доброчесності

Дисертацію виконано з дотриманням вимог академічної доброчесності. Порушень в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати, не виявлено. Дисертація є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

9. Зауваження та дискусійні положення

За результатами рецензування дисертаційної роботи можна виокремити такі зауваження та дискусійні положення:

1. Текст роботи містить значну кількість англіцизмів та англійських термінів, для частини з яких в українському науковому вжитку ще не сформовано повністю усталених відповідників, що дещо ускладнює сприйняття та може спричинити різночитання.

2. Практична цінність роботи підтверджена індустріальним впровадженням, однак економічний ефект подано переважно через скорочення часу та вартості генерації, тоді як у наведених джерелах акцентується увага також на стійкості до доменних змін, масштабованості на інші типи правил і довгостроковій стабільності валідаційного контуру. Такі аспекти варто було б висвітлити більше.

3. У роботі у пункті 1.3.3. представлено якісний аналіз наявних технік обмеження простору вихідних результатів великих мовних моделей. Водночас доцільно було б розширити такий аналіз емпіричним зіставленням

запропонованого методу комплектування інструкції з контекстною ін'єкцією з альтернативними підходами – зокрема обмеженням вихідного формату через формальні граматики та наданням моделі обмеженої кількості демонстраційних прикладів безпосередньо в інструкції.

4. У пункті 4.7.1 визнано обмеженість експериментальної апробації англomовним матеріалом як загрозу зовнішньої валідності, проте доцільно було б розширити експериментальну перевірку на інші природні мови або принаймні окреслити очікувані особливості адаптації запропонованих інтелектуальних технологій до багатомовного середовища, що дозволило б повніше охарактеризувати межі застосовності результатів.

5. У роботі обґрунтовано вибір механізму генерації з доповненням через RAG-пошук як основного підходу до інтеграції доменного контексту. Проте доцільно було б навести порівняльну оцінку з альтернативним підходом донавання моделі для специфічних бізнес-доменів, що дозволило б повніше окреслити умови застосовності кожного з підходів.

6. Для повнішого уявлення про практичну вартість запропонованого підходу доцільно було б подати орієнтовну деталізацію обчислювальних витрат за основними етапами програмного конвеєра – генерацією, валідацією та перехресною перевіркою – що зробило б оцінку економічної ефективності ще прозорішою.

Вказані зауваження не є суттєвими для зниження значимості отриманих результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи як кваліфікаційної.

10. Висновок

Вважаю, що дисертаційна робота Маляренка Владислава Вікторовича «Моделі, методи та інтелектуальні технології обробки текстових бізнес-правил у системах підтримки прийняття рішень» є завершеною науково-дослідною роботою, у якій вирішена актуальна науково-прикладна задача підвищення ефективності розробки систем підтримки прийняття рішень шляхом

автоматизації процесів генерації та валідації формальних структур прийняття рішень на основі неструктурованих текстових бізнес-правил. За змістом дисертація відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Подана дисертаційна робота «Моделі, методи та інтелектуальні технології обробки текстових бізнес-правил у системах підтримки прийняття рішень» Маляренка Владислава Вікторовича відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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, а здобувач Маляренко Владислав Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

Доцент кафедри інформатики
та програмної інженерії ФІОТ
Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
кандидат технічних наук

«27» травня 2026р.

