

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
д.т.н., професору Борису МОРОЗУ

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, доцента, професора кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Бердника Михайла Геннадійовича
на дисертаційну роботу М'якенького Арсенія Вячеславовича
«Метод ідентифікації перифраз на основі графових репрезентацій для моделювання когнітивного процесу розуміння»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Наведена рецензія підготовлена за результатами аналізу тексту дисертаційної роботи, наукових публікацій здобувача за темою дослідження, а також матеріалів, що засвідчують апробацію та практичне використання отриманих результатів.

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Представлена до розгляду робота М'якенького А.В. є самостійним дослідженням, спрямованим на розв'язання актуальної проблеми в галузі автоматизованої обробки природної мови. Автор фокусується на створенні методів ідентифікації семантично еквівалентних текстів, що має важливе значення для розвитку інтелектуальних інформаційних систем, систем пошуку, аналізу текстів, автоматичного реферування та інших прикладних напрямів комп'ютерних наук.

Актуальність роботи, на мій погляд, передусім зумовлена обмеженістю наявних інструментів аналізу змісту українськомовних текстів. Існуючі підходи часто орієнтуються на поверхневу лексичну близькість або статистичну подібність речень і не завжди враховують структурну складність мови, контекстну залежність значень та можливість вираження одного й того самого змісту різними мовними засобами.

У цьому контексті запропоновані автором рішення є актуальними, оскільки дозволяють розпізнавати тотожність висловлювань на концептуальному рівні. Особливої ваги ця задача набуває для української мови, для якої бракує спеціалізованих корпусів перифраз і повноцінних українськомовних AMR-ресурсів. Тому розробка методів, які забезпечують перехід від текстової форми до структурованого семантичного подання, є своєчасною і науково обґрунтованою.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження виконано відповідно до наукової тематики кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка». Отримані результати пов'язані з виконанням науково-дослідних робіт «Методи, моделі та технології обробки даних в комп'ютерних системах загального та спеціального призначення» (державний реєстраційний номер 0124U004583) та «Високопродуктивні багатопроцесорні системи: особливості конструювання. Дослідження оцінок ефективності застосування до розв'язування прикладних задач» (державний реєстраційний номер 0121U113718).

3. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці комплексної інформаційної технології ідентифікації перифраз на основі графових репрезентацій у вигляді AMR-структур. Автор успішно поєднав методи обробки структурних даних із нейромережевими моделями, що дозволило підвищити стійкість системи до варіативності синтаксичних конструкцій і забезпечити виявлення логічної та семантичної еквівалентності текстів незалежно від їхньої зовнішньої мовної форми.

До найбільш вагомих положень наукової новизни дисертаційної роботи належать такі:

- запропоновано когнітивно орієнтовану методику до ідентифікації перифраз у текстах українською мовою, що ґрунтується на використанні семантичних графових репрезентацій та дозволяє здійснювати аналіз семантичної еквівалентності висловлювань на концептуальному рівні в межах моделювання когнітивного процесу розуміння;

- вперше розроблено когнітивно обґрунтовану модель перифраза як концептуально-еквівалентного смислового варіанту в межах семантичного простору абстрактних репрезентацій змісту, що дозволяє уніфікувати підхід до ідентифікації перифраз незалежно від їхньої лексичної та синтаксичної форми;

- вперше розроблено інформаційну технологію формування AMR графів для українськомовних текстів на основі їхнього попереднього машинного перекладу. Така технологія гарантує збереження семантичної повноти текстів українською мовою при перекладі на рівні 94% за відсутності повноцінних українськомовних AMR корпусів;

- удосконалено метод репрезентації текстів природної мови за допомогою AMR шляхом використання графових нейронних мереж з механізмом уваги, які дозволяють формувати векторні представлення, що відображають як локальні, так

і глобальні властивості смислової структури висловлювання, що забезпечує підвищення точності у задачі оцінювання семантичної подібності текстів на 4% порівняно з наявними AMR орієнтованими підходами;

- удосконалено метод ідентифікації перифраз шляхом застосування класифікації на основі векторних представлень AMR графів, що забезпечує прийняття рішень про семантичну еквівалентність висловлювань на рівні концептуально-смислових структур та дозволяє досягати показників точності та F1-міри на 11% та на 4,2% відповідно вищими за наявні підходи, що використовують AMR графи для ідентифікації перифраз.

Головною науковою перевагою роботи є запропонована архітектура, що базується на трансформації речень у графові представлення та подальшому машинному порівнянні таких структур. Це дозволяє розглядати висловлювання як складні інформаційні об'єкти, для яких важливими є не лише окремі слова, але й система семантичних зв'язків між концептами.

4. Практичне значення отриманих результатів

До результатів, що мають прикладну цінність, слід віднести програмний комплекс, який реалізує повний цикл обробки текстових даних: підготовку українськомовних висловлювань, їх трансформацію у придатну для AMR-парсингу форму, побудову графових семантичних репрезентацій, формування векторних ознак і класифікацію перифраз. Така реалізація підтверджує, що результати дисертації не обмежуються теоретичним обґрунтуванням, а доведені до рівня працездатного програмного рішення.

Практична цінність роботи полягає у можливості використання запропонованої інформаційної технології в інтелектуальних аналітичних платформах, системах інформаційного пошуку, автоматичного реферування, аналізу навчальних і наукових текстів, а також у засобах перевірки смислової еквівалентності українськомовних висловлювань. Результати експериментів і надані здобувачем роз'яснення доводять практичну ефективність впроваджених методів та готовність технології до подальшої інтеграції в реальні аналітичні системи.

Практичне значення одержаних результатів підтверджується їх упровадженням у діяльність ТОВ «КМК «Арт Ерія», де запропоновані рішення використано для обробки неструктурованої текстової інформації, аналізу масивів даних та автоматизації лінгвістичного аналізу. Крім того, окремі положення та результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» під час підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

5. Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень дисертації забезпечується коректною постановкою мети, об'єкта, предмета та задач дослідження, логічною структурою роботи, використанням сучасних методів математичного моделювання, обчислювальних методів, машинного навчання, нейронного машинного перекладу, графових нейронних мереж і трансформерних моделей.

Достовірність результатів підтверджується експериментальною базою дослідження. У роботі поетапно перевірено ефективність нейронного перекладу для збереження семантичної структури українськомовних текстів, якість побудови AMR-графів із використанням AMRBART, вплив механізму уваги у графових нейронних мережах на формування векторних репрезентацій, а також результативність класифікації перифраз. Отримані показники експериментальних досліджень є переконливими аргументами на користь ефективності запропонованого підходу.

6. Аналіз змісту, структури та обсягу дисертаційної роботи

Дисертаційна робота має логічну та послідовну структуру, що відповідає поставленій меті та завданням. Вона складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 196 сторінок, основна частина - 142 сторінки, робота містить 28 рисунків, 21 таблицю, 107 літературних джерел і 3 додатки.

У вступі сформульовано актуальність, мету, задачу, об'єкт і предмет дослідження, методи, наукову новизну, практичне значення, особистий внесок здобувача, а також відомості про апробацію. Важливо, що вже у вступній частині чітко окреслено зв'язок між прикладною задачею ідентифікації перифраз і ширшою проблемою моделювання когнітивного процесу розуміння природної мови.

Перший розділ присвячено інформаційно-аналітичному огляду стану проблеми моделювання когнітивних процесів. У ньому здобувач послідовно розглядає теоретико-методологічні засади когнітивного пізнання, аналізує процес розуміння як механізм інтерпретації природномовних висловлювань, а також узагальнює сучасні підходи до ідентифікації перифраз. Зміст цього розділу створює належне підґрунтя для подальшої формалізації задачі, оскільки дозволяє показати обмеження підходів, що спираються лише на поверхневу текстову подібність.

У другому розділі сформовано методичну основу дисертаційного дослідження. Автор розглядає процес розуміння як зіставлення смислових структур, формалізує задачу ідентифікації перифраз як задачу визначення семантичної еквівалентності та обґрунтовує використання графових семантичних репрезентацій AMR. З позицій математичного моделювання позитивним є те, що

текстові висловлювання подаються як структуровані об'єкти, придатні для подальшого обчислювального аналізу, векторизації та класифікації.

Третій розділ має виражений інженерно-алгоритмічний характер. У ньому розроблено архітектуру інтелектуальної системи ідентифікації перифраз, визначено структуру та функції її основних модулів, зокрема модуля підготовки текстових даних, модуля генерації AMR-графів, модуля формування графових вкладень і модуля класифікації. Опис програмної реалізації демонструє, що здобувач не обмежився теоретичною постановкою задачі, а довів запропоновані рішення до рівня цілісної інформаційної технології.

Четвертий розділ присвячено експериментальному дослідженню інформаційної технології ідентифікації перифраз. У ньому послідовно перевірено ефективність нейронного машинного перекладу для підготовки текстів до AMR-парсингу, якість побудови абстрактних семантичних репрезентацій, вплив механізму уваги у графових нейронних мережах і результативність класифікації перифраз. Така побудова експериментальної частини є методично виправданою, оскільки дозволяє оцінити не тільки кінцевий результат, але й внесок окремих компонентів розробленої технології.

Основні результати дисертації викладено у 10 публікаціях, з яких 5 статей опубліковано у фахових періодичних виданнях України з технічних наук, у тому числі 1 стаття категорії А, що індексується в Scopus, 4 статті категорії Б, а також 5 праць, що засвідчують апробацію матеріалів дисертаційного дослідження. Тематика публікацій відповідає змісту дисертації та відображає її ключові результати.

7. Зауваження та дискусійні положення

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу М'якенького А.В., її наукову новизну, практичну спрямованість і завершеність, доцільно висловити такі зауваження та рекомендації:

п. 4.4, де наведено експериментальну перевірку побудови векторних представлень AMR-графів із використанням R-GCN та GATv2Conv. Наведення більш детального аналізу впливу різних конфігурацій гіперпараметрів графового кодувальника на динаміку навчання, значення коефіцієнтів Пірсона і Спірмена та кінцеву якість моделі дозволило би точніше оцінити стійкість запропонованого підходу до зміни параметрів навчання.

п. 3.4 описано програмну реалізацію клієнт-серверного вебзастосунку, проте в роботі недостатньо розкрито питання тестування системи при безперервній обробці великих масивів пар речень в умовах, наближених до реального навантаження. Це дало б змогу повніше оцінити продуктивність, масштабованість і ресурсні обмеження реалізованого програмного прототипу.

роботі зазначено, що оптимальний поріг класифікації τ визначався за критерієм максимізації F1-міри, що є обґрунтованим для задачі з нерівномірним розподілом класів. Наведення числового значення отриманого порога та короткий аналіз впливу його зміни на співвідношення між точністю і повнотою класифікатора зробили б виклад більш повним.

підрозділі, присвяченому класифікаційному модулю, для компенсації дисбалансу класів використано функцію втрат Focal Loss із параметрами $\alpha=0.5$ та $\gamma=1.5$. Ширше обґрунтування вибору саме цих значень або короткий порівняльний аналіз їх впливу на точність, повноту та F1-міру класифікатора дозволили б повніше охарактеризувати налаштування моделі.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер, не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи та можуть бути враховані у подальших дослідженнях здобувача.

. Висновок про дисертаційну роботу

За результатами детального розгляду слід зазначити, що дисертація М'якенького А.В. є завершеною науковою працею, яка містить обґрунтовані теоретичні та практичні результати. Автор продемонстрував належну кваліфікацію у сфері комп'ютерних наук, здатність формалізувати складну науково-прикладну задачу, розробити методи її розв'язання та довести їх ефективність шляхом комп'ютерного експерименту і програмної реалізації.

За актуальністю, науковою новизною, теоретичною та практичною значущістю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам чинного законодавства України щодо дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, зокрема наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та «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 12.01.2022 р. № 44.

Здобувач М'якенький Арсеній Вячеславович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри програмного забезпечення
комп'ютерних систем
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

Михайло БЕРДНИК