

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Титаренка Андрія Миколайовича
на тему «Глибоке навчання з підкріпленням
для задач роботизованого догляду»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 124 Системний аналіз

Актуальність теми дисертації

Останні роки відзначаються безпрецедентним темпом впровадження штучного інтелекту у ключові сфери життя та способи взаємодії людей із технологіями. Прогрес у штучному інтелекті надав можливості обробляти великі обсяги даних і тренувати глибокі нейронні мережі. Прориви в глибокому навчанні дозволили штучному інтелекту інтегруватися в ключові сфери життя, у тому числі медицину та системи автоматизованого догляду. Дисертаційна робота присвячена важливій науково-прикладній проблемі — створенню та аналізу систем керування для задач роботизованого догляду.

Висока актуальність теми обумовлена як загальносвітовими демографічними змінами, включно зі старінням населення, так і специфічними умовами, що склалися в Україні — зокрема зростанням кількості осіб з особливими потребами та зростанням навантаження на заклади охорони здоров'я.

Існуючі підходи до реалізації систем догляду зазвичай потребують точного моделювання середовища та складного технічного оснащення, що обмежує їхню адаптивність і ускладнює застосування в змінних умовах. Запропоноване в дисертації використання методів глибокого навчання з підкріпленням дозволяє формувати більш гнучкі, адаптивні та технічно доступні рішення. Дослідження вирізняється інтеграцією підходів навчання з підкріпленням, навчання імітацією та системного аналізу для побудови персоналізованих моделей взаємодії людини та робота, орієнтованих на безпеку та ефективність.

Результати, отримані в роботі, становлять інтерес як з наукового, так і з прикладного погляду, оскільки спрямовані на розв'язання практичної задачі — створення доступних технологій догляду, придатних до впровадження як у медичних установах, так і в індивідуальному побутовому середовищі. Отже, актуальність та важливість теми дисертаційного дослідження у сучасних реаліях України важко переоцінити.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Результати, представлені у дисертаційній роботі, є добре аргументованими як з теоретичного, так і з прикладного погляду. Достовірність отриманих висновків підтверджується використанням сучасних методів математичного моделювання, зокрема формалізацією задач у вигляді марковських процесів ухвалення, а також за допомогою обчислювальних експериментів. Основні положення дослідження апробовані шляхом багаторазового моделювання у симульованому середовищі та перевірені на рівні фізичної реалізації — прототипу роботизованої системи для автоматизованого годування.

До переліку наукових здобутків, отриманих вперше у межах дисертаційного дослідження, можна віднести наступне:

- обґрунтовано доцільність інтеграції методів навчання з підкріпленням та навчання імітацією для задач роботизованого догляду, що дозволяє покращити надійність нейромережових стратегій навіть за обмежених обсягів навчальних даних;

- запропоновано метод виявлення нетипової поведінки нейронних стратегій на основі нормалізуючих потоків, який підвищує рівень безпеки фізичної взаємодії між людиною і роботом;

- розроблено підхід до багатокрокового прогнозування у компактних лінеаризованих просторах станів, що дозволяє оптимізувати процес керування та зменшити обчислювальні витрати;

- реалізовано технічно доступну систему керування роботизованим пристроєм для задач годування, яка поєднує наскрізні нейронні стратегії та методи адаптивного згладжування, забезпечуючи безпечну взаємодію без використання складного обладнання.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Титаренка Андрія Миколайовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 124 Системний аналіз та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Системний аналіз».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям інформаційних технологій.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна

робота Титаренка Андрія Миколайовича 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.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота Титаренка Андрія Миколайовича написана українською мовою та оформлена відповідно до чинних нормативних вимог, що висуваються до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії. Матеріал подано у послідовній, логічно структурованій формі, з дотриманням принципів академічної доброчесності. У дисертації використано загальновизнану термінологію у сферах системного аналізу та штучного інтелекту, що засвідчує належну обізнаність здобувача з актуальними науковими підходами та відповідність змісту дослідження сучасним стандартам академічної культури.

Дисертація складається з вступу, 7 розділів, висновків, списку літератури та 3 додатків. Загальний обсяг дисертації 159 сторінок.

У *вступі* автор обґрунтовує актуальність обраної тематики, формулює мету, основні завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також розкриває наукову новизну, прикладну значущість отриманих результатів і загальні методологічні засади, що стали основою виконання роботи.

Перший розділ присвячено аналізу поточного стану розвитку інтелектуальних систем догляду, зокрема в контексті демографічних викликів в Україні. Розглянуто наявні технічні рішення та підходи, з особливою увагою до методів, що базуються на штучному інтелекті, і критично оцінено їхні сильні та слабкі сторони.

У *другому розділі* автором запропоновано підходи до підвищення надійності стратегій керування в складних умовах, з використанням дифузійних методів у поєднанні з навчанням з підкріпленням, що дозволяє забезпечити більш стійку поведінку роботизованої системи. *Третій розділ* зосереджено на формуванні стратегій керування на основі візуальної інформації за відсутності привілейованих даних. Представлено авторську архітектуру нейронної мережі та результати її випробування в симуляційному середовищі.

У *четвертому розділі* розглянуто питання безпеки функціонування системи автоматизованого догляду: запропоновано підхід до раннього виявлення аномалій у поведінці нейромережових стратегій із застосуванням нормалізуючих потоків, що дозволяє знизити ризики при фізичній взаємодії робота з користувачем.

П'ятий та шостий розділи присвячено побудові компактних латентних представлень середовища та дій, що сприяє зменшенню обчислювального навантаження, а також підвищенню точності та стабільності стратегій керування.

У сьомому розділі, подано практичну реалізацію комплексної системи керування роботизованим пристроєм для годування. Продемонстровано можливості її адаптації до особистих характеристик користувача, а також забезпечення безпеки взаємодії системи автоматизованого догляду з користувачем без потреби у складному апаратному забезпеченні.

У висновках стисло перелічено основні досягнення, отримані в рамках дослідження.

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 5 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus; 1 патент на винахід, що пройшов кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосуються наукових результатів дисертації; 1 одноосібний розділ в колективній монографії.

Також результати дисертації були апробовані на 1 науковій фаховій конференції.

Подані здобувачем наукові публікації, що враховані за темою дисертації, відповідають вимогам академічної доброчесності та містять обґрунтоване викладення основних положень, які виносяться на захист. Вони свідчать про глибоку обізнаність автора у предметній області та системність підходу до дослідження поставленої наукової проблематики.

Серед опублікованих матеріалів лише одна робота — патент на винахід — виконана у співавторстві. У цьому випадку здобувач зазначений серед основних авторів. Його внесок охоплює розроблення алгоритмічного підходу до визначення параметрів людського руху за сенсорними й візуальними даними, що включає формулювання задачі, побудову та реалізацію алгоритму, а також аналіз отриманих результатів. Решта публікацій є одноосібними.

Отже, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Дисертаційне дослідження справляє загалом позитивне враження, однак, як і будь-яке наукове дослідження, не позбавлене окремих недоліків, які можуть бути враховані у подальшій науковій діяльності автора:

1. У першому розділі роботи автор наводить огляд роботизованих пристроїв, що використовуються для виконання типових задач догляду та реабілітації, але у наступних розділах роботи реалізовано фізичну систему керування тільки для задач годування і не розглядається питання інтеграції розробленої ним роботизованої системи у ширший контекст мультиагентних або соціально-технічних систем догляду. А це допомогло б суттєво розширити рамки застосування отриманих результатів.

2. У роботі недостатньо уваги приділено обґрунтуванню вибору симуляційного середовища як еталонного для дослідження задач догляду, що залишає відкритим питання узагальненості отриманих результатів на інші умови.

3. Зауваження щодо тексту роботи:

- у тексті присутні багато аббревіатур, які подані як англійською, так і українською мовами, доцільно було б створити перелік умовних скорочень для їх систематизації, що суттєво б сприяло розумінню тексту;

- у тексті відсутня нумерація формул, наприклад, посилання на задачу стохастичного оптимального керування (2) на с. 96 є невизначеним;

- назви деяких підрозділів і пунктів у підрозділах дуже короткі та повторюються у різних розділах (наприклад, «Алгоритм» - це і підрозділ 5.5 (с. 90), і п. 6.4.4 (с.105), і п. 6.5.2 (с.108); «Запропонований алгоритм» - це і підрозділ 2.3 (с. 53), і 3.2 (с. 61); «Оцінка якості та метрик» - це і підрозділ 2.4 (с. 54), і 5.6 (с. 91), і 6.6 (с.109), і 7.2.2 (с. 133);

- подекуди в тексті спостерігається дублювання технічних описів або надмірна деталізація реалізаційних аспектів, що створює інформаційне перенасичення і відволікає від ключових ідей дослідження, тому кількість розділів (сім) дисертації видається доволі великою, вона могла б бути скорочена до чотирьох-п'яти, шляхом певного агрегування без будь-яких втрат викладеного в роботі матеріалу.

Вважаю, що вказані зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Титаренка Андрія Миколайовича на тему «Глибоке навчання з підкріпленням для задач роботизованого догляду» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційних технологій. 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.

Здобувач Титаренко Андрій Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 124 Системний аналіз.

Офіційний опонент:

Професор кафедри математичного
моделювання та статистики
Київського національного економічного
університету імені Вадима Гетьмана,
доктор фізико-математичних наук, професор

Ольга ПРИТОМАНОВА

