

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Вітюк Альони Євгеніївни
на тему «Методи і програмні засоби для автоматизації управління
роботизованою кінцівкою»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 – Інформаційні технології
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертації

В розвинутих країнах очікується та готується наступна технологічна революція, концепція якої «Індустрія-4.0» постала трохи більше 10 років тому. Згідно цієї концепції, значна частина промислового виробництва (механічних деталей, електронних схем та пристроїв, одягу, фурнітури, предметів побуту тощо) може і має бути виведена на рівень послуги, тобто забезпечуватись у автоматичному режимі мережею численних малих підприємств на основі малосерійного виробництва за потреби. Виключення людини з процесів виробництва (крім технічного обслуговування) дозволить розвинутим країнам бути конкурентоспроможними і таким чином повернути собі статус індустріальних держав. Автоматизація процедур розміщення заказів в інтернеті та погодження ціни (через її автоматичний розрахунок) дозволить значно скоротити час виведення нової продукції на ринок, а отже сприятиме здешевленню товару для кінцевого споживача (через прискорення обороту грошей), впровадженню інновацій (через зниження рівня монополізації) та підвищенню продуктивності праці, одночасно сприяючи глобалізації та інтеграції підприємств з різних країн у ланцюжки постачання. Ключем до «Індустрії-4.0» є роботизація виробництва. (Проблеми стандартів та протоколів переважно вже розв'язані, вони розв'язуються відносно просто і швидко.)

Відносно роботизації найскладнішою задачею залишається програмування складання (збірки) виробу з деталей. Виготовлення окремої деталі вже автоматизовано до рівня, коли на вхід подається креслення, а решту робить вбудоване програмне забезпечення 3Д-принтеру, чи автоматичної фрези. Саме цю складну задачу автоматизації руху робочої кінцівки роботизованого агента для виконання узагальненого завдання досліджувала у своїй роботі пані Вітюк.

Окремо варто відмітити високу публікаційну активність та зростаючий загальний інтерес до систем штучного інтелекту, що базуються на навчанні з підкріпленням (навчанні без вчителя), як у даній роботі.

Формалізуючи сказане, актуальність розробки моделей, адаптивних методів та програмних засобів для управління роботизованою системою з

захватним пристроєм, яким присвячена дисертація А.Є. Вітюк, не викликає сумнівів.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Тези дисертаційного дослідження представлені у контексті сучасного стану відповідного напрямку науки і технології та логічно обґрунтовані.

Достовірність наукових результатів підтверджена даними випробувань їх програмної реалізації у віртуальному середовищі для розв'язку ряду тестових завдань. Коди програм частково наведені у тексті дисертації.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження ґрунтовно сформульована у дисертації. Треба відзначити, що новизна роботи полягає не у висуненні фундаментально нових ідей в галузі машинного навчання, а в пропозиції певного комбінування відомих моделей та алгоритмів для розв'язування задачі дослідження.

1. Для автоматизації програмного управління роботизованою кінцівкою, що отримує інформацію про стан середовища з камери, запропоновано використати сімейство нейроеволюційних алгоритмів машинного навчання на основі гіперкуба, які дозволяють поєднувати конструктивні властивості роборуки та геометрію сцени з топологією нейронної мережі; в межах даного сімейства авторкою відібрані як найперспективніші алгоритми з пошуком новизни. В тезах цей пункт новизни поданий як два окремих, але я об'єднав би їх у загальну комплексну ідею, що дозволяє прискорити процес розробки системи управління для нових задач та мінімізувати участь людини-розробника в адаптації робота.

2. Для точнішої реконструкції тривимірних сцен, зокрема, при використанні рухомих камер (на маніпуляторі роборуки) запропоновано метод калібрування шляхом мінімізації середньоквадратичної похибки локалізації елементів, що розташовані на пласкій поверхні від відомого положення цієї поверхні. Даний пункт новизни підтверджено патентом США.

Варто відмітити також практичне значення результатів виконаних досліджень та розробленого програмного забезпечення, оскільки воно є важливим кроком на шляху до створення комерційних роботизованих збірочних систем з автоматичним налаштуванням на задачу.

Поставлене наукове завдання виконано повністю.

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

За своїм змістом дисертаційна робота Вітюк А.Є. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям інженерії програмного забезпечення. Текст тез дозволяє стверджувати, що здобувачка оволоділа методологією наукової діяльності.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Вітюк Альони Євгеніївни 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. У дисертаційній роботі авторка дотримується принципів академічної доброчесності.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана нормативною українською мовою з використанням загальноприйнятих наукових термінів, визначень та понять, ясно і зрозуміло. Використані в роботі терміни, визначення та поняття не порушують діючі в Україні термінологічні стандарти.

Стиль тексту – логічний і послідовний, відповідає прийнятим нормам подання результатів наукових досліджень; висновки конкретні та відображають основні результати; тези розумно структуровані.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації – 185 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційного дослідження, сформульовано його об'єкт, предмет, мету і завдання, висвітлено наукову новизну, практичне значення, анонсовані основні наукові результати.

У першому розділі наведено аналіз існуючих методів розробки автоматизованого програмного управління роботизованими системами, які можуть бути представлені у вигляді взаємодії агента і середовища для виконання цільової задачі. Розглянуто еволюційні методи та їх застосування для глибокого навчання нейромереж у програмних системах управління роботизованим агентом. Проведений аналіз існуючого програмно-алгоритмічного забезпечення. Зроблено ґрунтовний висновок про доцільність розробки засобів автоматичного управління, що базуються на нейроеволюційних методах.

У другому розділі описано особливості використання рухомої камери для програмного управління задачами роботизованого агента. Проаналізовано вплив похибок камери на ефективність задачі захвату цільового об'єкту. Описана реалізація програми для оцінки точності реконструйованої моделі та наведені результати експериментального дослідження залежності точності реконструкції положення та орієнтації плоскої поверхні від похибок параметрів камери.

У третьому розділі описані нейроеволюційні методи та програмні засоби управління роботизованою системою з маніпулятором. Розглянуто загальну схему алгоритму автоматизації управління роботизованою кінцівкою на основі машинного навчання з підкріпленням. Досліджено адаптацію нейроеволюційного підходу для використання в управлінні роборукою.

У четвертому розділі подано результати експериментального дослідження у тестових віртуальних середовищах програмного засобу, розробленого авторкою на основі бібліотечних реалізацій алгоритмів нейроеволюції для адаптивного навчання контролерів роборуки з камерою і зроблено висновки про ефективність такого підходу.

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 9 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях категорії «Б», включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у інших виданнях та 1 патент США.

Результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Опубліковані праці достатньо повно висвітлюють наукові результати, що представлені в дисертації та висунуті на захист. У роботах, що написані у співавторстві, визначено особистий внесок авторки.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Роботі бракує огляду публікацій про застосування інших методів машинного навчання до тієї ж задачі навчання захвату об'єкту маніпулятором з камерою. Таких публікацій багато.

2. Роботі бракує експериментального порівняння ефективності використання нейроеволюційних алгоритмів з іншими методами, зокрема – з нейронними мережами глибокого навчання, на які є посилання в тексті роботи.

3. Наведені в дисертації описи та порівняльні таблиці програмних бібліотек і систем я вважаю скоріш зайвими, тим більше, що в решті обсяг тез значно перевершує вимоги діючого порядку присудження PhD. Для наукової роботи інженерні питання – не суттєві. Досить було послатись на програми, дійсно використані в розробці та тестуванні.

4. Починаючи з 2016 р. світ переживає перехід до принципів відкритої науки. Тут можна послатись і на найновіші рішення типу прийнятої місяць тому Барселонської декларації про відкриту дослідницьку інформацію, і на багато старіших рішень: рекомендацію ЮНЕСКО щодо відкритої науки 2021 р., рекомендацію Єврокомісії 2018 р. щодо доступу до наукової інформації та її збереження, Директиву ЄС 2019/1024 щодо відкритих даних та повторного

використання інформації державного сектора тощо. В Україні національний план щодо відкритої науки затверджено розпорядженням КМУ від 8.10.2022 р. № 892-р. Відповідно до європейських принципів відкритої науки, зокрема, відкриті коди розробленої програми треба оприлюднити в одному з відповідних репозиторіїв (GitHub, GitLab, Bitbucket), і дані для експериментів – теж (у одному з відповідних репозиторіїв), щоб інші дослідники могли відтворити проведені експерименти. Хоча це не передбачено ні у порядку присудження PhD, ні у процедурі захисту, я раджу це зробити до захисту.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними, не ставлять під сумнів наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів і не впливають на загалом позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Вітюк Альони Євгеніївни на тему «Методи і програмні засоби для автоматизації управління роботизованою кінцівкою» 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 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 КМУ від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Вітюк Альона Євгеніївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Офіційний опонент:

завідувач відділу автоматизації програмування
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова
Національної академії наук України
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник



Вадим ТУЛЬЧИНСЬКИЙ

«09» травня 2024 року