

## **РЕЦЕНЗІЯ**

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.**

Складність, притаманна сучасним роботизованим системам, вимагає відповідних програмних засобів для управління ними. Інтелектуальні засоби управління, засновані на штучному інтелекті потенційно спроможні подолати розрив між технічними можливостями роботизованих систем та вимогами складних сценаріїв управління, зокрема, на основі комп'ютерного зору. Серед усіх засобів штучного інтелекту нейронні мережі з адаптивними структурами є такими, що найбільш пристосовані для сценаріїв, де класичні алгоритми оптимізації не можуть забезпечити швидкий пошук моделі управління.

Роботизовані системи на сьогодні широко використовуються в медицині, промисловості, у військовій сфері. Різноманіття застосування ставить перед розробниками нові виклики, що пов'язані з підвищенням точності управління, його швидкої адаптації до нових середовищ, використанням відеоінформації для прийняття рішень. Тому дисертаційне дослідження, що спрямоване на підвищення ефективності розроблення програмного управління на основі комп'ютерного зору для автономних роботизованих систем, зокрема, роботизованої руки, є актуальним.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано метод пошуку новизни в нейроеволюції для автоматизації створення моделі програмного управління роботизованою кінцівкою, що дозволяє прискорити процес розробки системи управління для нових задач роботизованої кінцівки, зокрема для адаптації конфігурації кінцівки або середовища, що підтверджується за допомогою навчання у тестових середовищах та оцінки отриманої моделі. Представлений метод відрізняється від існуючих тим, що не потребує ресурсів розробника для ручного налаштування параметрів управління роботизованою кінцівкою з

метою отримання найбільш ефективної стратегії вирішення кожної окремої задачі управління.

2. Вперше запропоновано метод навчання на основі гіперкуба для програмного управління в задачах агента-роборуки, що отримує інформацію про стан середовища з камери. Використання методу на основі гіперкуба для програмного управління агентом на основі зображень з камери покращує ефективність навчання моделі за рахунок використання відображення геометрії фенотипу субстрату штучної нейронної мережі на його шаблон зв'язків на основі гіперкубу, сприяючи розвитку більш універсальних і потужних архітектур нейронних мереж.

3. Вперше розроблено метод підвищення якості вхідних даних з камери, які використовуються для автоматизованого управління роботизованою кінцівкою, що надає можливість навчання роботизованих агентів на тестових середовищах в умовах, що наближені до реальних, адже враховують похибки камери. Цей метод дозволяє налаштовувати конфігурацію камери у навчальній системі для адаптації моделі до реальної конфігурації роботизованої системи, що забезпечує зменшення похибок параметрів камери під час калібрування та суттєве підвищення успішності стійкого захвату кінцівкою.

Слід відмітити впевнене використання автором сучасних методів штучного інтелекту, зокрема нейроеволюції наростаючих топологій (NEAT), та методів комп'ютерного зору для вирішення складних завдань з розробки програмного управління роботизованою рукою. Автор дослідження експериментально підтверджує ефективність розроблених методів, використовуючи відомі симулятори роботизованих систем OpenAI Gym для перевірки якості нейроеволюційних алгоритмів для дво- та тривимірних моделей середовищ. Інформацію про стан середовища роботизований агент при цьому отримує з камери, що імітує роботу системи наближено до умов реального світу.

Достовірність та обґрунтованість отриманих наукових результатів забезпечується використанням методів машинного навчання, імітаційного моделювання, теорії математичної статистики та методу експериментального дослідження.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі інформатики та програмної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом професора кафедри інформаційних систем та технологій, доктора фізико-математичних наук, професора Дорошенка Анатолія Юхимовича.

Отже, в дисертаційній роботі вирішено науково-прикладне завдання створення та вдосконалення методів та програмних засобів автоматизованої розробки адаптивних моделей управління роботизованою системою з захватним пристроєм, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.



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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Вітюк А. Є. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення та напрямам досліджень освітньо-наукової програми третього (освітньо-наукового) рівня «Інженерія програмного забезпечення».

Дисертація є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям розробки програмного забезпечення для управління роботизованими системами.

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, не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело. Принципи академічної доброчесності не були порушені.

#### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою, складається з анотації, написаної українською та англійською мовами, вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 185 сторінок.

Текст дисертації викладений логічно та послідовно, має належну редакторську якість та відповідає чинним вимогам до оформлення дисертацій, автор дотримується наукового стилю та використовує загальноприйняту термінологію.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційного дослідження, наведені його мета і завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну результатів дисертаційного дослідження та їх практичне значення, вказано апробацію та публікації.

У першому розділі автор розглядає актуальні проблеми розробки програмного управління роботизованою рукою та сучасні методи навчання роботизованого агента для виконання задач маніпуляції цільовими об'єктами робочою кінцівкою, а також порівнює існуючі методи автоматизації управління роботизованим агентом.

Другий розділ містить аналіз методів комп'ютерного зору для обробки візуальної інформації, що використовується роботизованим агентом як вхідні дані для управління. Автором запропоновано метод та програмне забезпечення для оцінки впливу похибок параметрів камери на якість реконструйованої моделі середовища за отриманими відеоданими.

Третій розділ містить опис методів нейроеволюції для управління роботизованою системою з маніпулятором. Розглянуто алгоритм NEAT для автоматизації розробки програмного управління роботизованою кінцівкою. Представлено навчальне середовище для автоматизованої розробки моделі позиціонування роботизованої руки та методи адаптації нейроеволюційного підходу для використання в цільових задачах роботизованої руки.

У четвертому розділі наведено опис розробленого програмного засобу для адаптивного навчання контролерів роборуки на основі нейромереж з використанням нейроеволюції для задач, де вхідні дані представлені у вигляді зображень з камери. Запропоновано реалізацію програмного рішення для навчання роботизованої руки заданої конфігурації.

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, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, 1 стаття в інших виданнях, 1 патент, зареєстрований у United States Patent, та 3 публікації у матеріалах міжнародних наукових конференцій, одна з яких індексована у базі даних Scopus.

Результати дисертації доповідались на 3 наукових фахових конференціях.

У наведених публікаціях достатньо повно представлено результати дисертаційної роботи. Порухення академічної доброчесності в них не виявлено. Особистий внесок здобувача у публікаціях, зазначений у дисертації, свідчить про його авторство у відповідних наукових досягненнях.

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

#### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Навчання моделі та дослідження ефективності запропонованого методу навчання виконується на симуляторі, точність відтворення якого автором не досліджена. Тому відкритим залишається питання щодо необхідності виконувати донавчання для роборуки, що вироблена з реальних матеріалів та функціонує в реальних умовах.

2. Метод підвищення якості вхідних даних з камери, який розроблено, дає змогу враховувати похибки камери, що наближає умови тестових середовищ до реальних. Проте в тексті дисертації не наведені результати тестування методу на фізичних роботизованих системах.



3. У дисертації запропоновано метод навчання на основі гіперкуба для програмного управління в задачах агента-роборуки, що отримує інформацію про стан середовища з камери. Водночас, не наведено опис інших алгоритмів, які використовують візуальні дані для навчання з підкріпленням. Це дозволило б більш повно описати переваги представленого методу.

4. Необхідно описати можливість застосування отриманих результатів в інших задачах роботизованих агентів з захватною кінцівкою для підвищення ефективності розробки програмного управління.

Вважаю, що висловлені 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 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 Кабінету Міністрів України 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.

#### **Рецензент:**

професор кафедри  
інформатики та програмної інженерії  
КПІ ім. Ігоря Сікорського,  
доктор технічних наук, професор

М.П.

« 17 » 05

