

## ВІДГУК

офіційного опонента – доктора фізико-математичних наук, професора,  
професора кафедри дослідження операцій факультету комп'ютерних наук  
та кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Самойленка Ігоря Валерійовича

на дисертаційне дослідження Літвінчук Юлії Анатоліївни на тему  
«Побудова самоадаптивних алгоритмів на основі нейронних мереж»,

поданої на здобуття наукового ступення доктора філософії за

спеціальністю 113 – «Прикладна математика»

галузі знань – 11 «Математика та статистика»

**Актуальність теми виконаної роботи.** Еволюційні алгоритми є потужними інструментами, що широко застосовуються в різних галузях, таких як прикладна математика, комп'ютерне програмування та штучний інтелект. Їх ефективність впливає з їхньої здатності знаходити оптимальні розв'язки у складних просторах проектування. Об'єднання еволюційних алгоритмів з нейронними мережами є потужною стратегією знаходження рішень складних систем. Цей симбіоз використовує сильні сторони як еволюційних алгоритмів, так і нейронних мереж, що призводить до підвищення продуктивності та адаптивності системи. Слід відзначити, що еволюційні алгоритми чудово оптимізують гіперпараметри нейронних мереж за рахунок переміщень по великих і складних просторах пошуку, пов'язаних з такими параметрами як швидкість навчання, розміри шарів, кількість шарів тощо, задля підвищення ефективності нейронних мереж.

Об'єднання еволюційних алгоритмів та нейронних мереж обіцяє створення адаптивних, ефективних та високопродуктивних систем, які застосовуються до широкого спектру завдань, починаючи від завдань оптимізації і закінчуючи складними процесами прийняття рішень.

Дисертація Юлії Анатоліївни Літвінчук присвячена побудові розширеного алгоритму CMA-ES, зокрема з акцентом на оптимізацію гіперпараметрів нейронних мереж. Крім того, у її роботі представлено самоадаптивний алгоритм

оптимізації розміру суміші CMA-ES, що доповнює розширений алгоритм CMA-ES для оцінки параметрів у складних системах, що характеризуються завданнями оптимізації виду:  $f(x) \rightarrow \text{extr}$ ,  $x \in S \subset R^d$ , де  $f: R^d \rightarrow R$  - невідома функція, а  $d$  - розмірність простору пошуку.

Таким чином, враховуючи наведене вище, вважаю дисертаційну роботу Літвінчук Ю. А. повноцінним, важливим та актуальним науковим дослідженням у галузі еволюційних алгоритмів.

**Основні результати роботи.** Дисертація складається із вступу, трьох розділів, висновків, бібліографії та додатку.

**У вступі** описано актуальність теми дослідження, мету, завдання, предмет, об'єкт та методологію дослідження, підкреслюється наукова новизна та практична значимість отриманих результатів, аналізується зв'язок із попередніми науковими дослідженнями, оцінюється особистий внесок дисертантки. Крім того, в ньому окреслено структуру та обсяг дисертації.

**У першому розділі** проводиться всебічний огляд наукової літератури щодо досліджень еволюційних алгоритмів, що включає важливі ідеї з теорії складних мереж. Докладно розглядаються генетичні алгоритми та еволюційні стратегії, а також їх застосування. У розділі ретельно аналізується хронологічна еволюція метаевристичних алгоритмів оптимізації складних систем. Зокрема, обговорюються існуючі методи оптимізації параметрів нейронних мереж з використанням генетичних алгоритмів, описуються етапи роботи та пояснюється математична модель генетичних алгоритмів.

**У другому розділі** представлено розширений самоадаптивний алгоритм CMA-ES, призначений для оптимізації в обмежених областях. Цей алгоритм враховує обмеження, використовуючи виключно однопікові розподіли та цільові функції. Хоча він здатен добре впоратися з багатьма завданнями, він може демонструвати неефективність для функцій із численними екстремумами. Модифікований алгоритм є перспективним з точки зору вирішення завдань оптимізації, які характеризуються складними обмеженнями на поведінку цільової функції. Крім того, у розділі описується удосконалений самоадаптивний алгоритм CMA-ES для

оптимізації параметрів складних систем, зокрема нейронних мереж. На відміну від традиційних підходів, цей алгоритм динамічно регулює кількість піків у суміші розподілу під час виконання, тим самим уникаючи надлишкових обчислень.

**У третьому розділі** розглядається задача пошуку оптимального керування динамічними системами, що описуються стохастичним диференціальним рівнянням Іто з пуассонівськими збуреннями та марковськими перемиканнями. Подано достатні умови для синтезу оптимального управління стохастичною динамічною системою випадкової структури з пуассонівськими збуреннями та марковськими перемиканнями з акцентом на стабілізацію системи. З іншого боку, у розділі представлені загальні дослідження оптимального керування для стохастичної динамічної системи з випадковою структурою. Окрім теоретичних внесків, третій розділ містить порівняльний аналіз класичних евристичних алгоритмів, спрямованих на пошук оптимальних елементів керування для різних значень задач оптимізації. Виділено кілька переваг і недоліків нового розширеного алгоритму CMA-ES, насамперед щодо частоти викликів цільових функцій і точності оптимальних рішень.

### **Наукова новизна і ступінь обґрунтованості результатів дисертації.**

В дисертаційному дослідженні Літвінчук Ю. А. міститься кілька важливих та нових результатів, отриманих або розроблених автором, зокрема:

- Якісний порівняльний аналіз класичних еволюційних алгоритмів для оптимізації параметрів у складних системах.
- Розширений алгоритм еволюційної стратегії з адаптацію коваріаційної матриці (CMA-ES) для оцінки параметрів у складних системах. Цей алгоритм використовує багатопікові моделі на основі суміші нормальних розподілів.
- Самоадаптивний алгоритм оптимізації розмірності суміші в розширеному алгоритмі CMA-ES. Цей алгоритм зменшує кількість звернень до цільової функції, демонструючи ефективність запропонованого підходу.
- Розширений алгоритм CMA-ES для конструювання оптимального керування в задачах синтезу для стохастичних диференціальних рівнянь із випадковими збуреннями.

**Повнота викладу матеріалів дисертації в публікаціях та апробація результатів дослідження.** Результати дисертаційного дослідження було представлено на 5 наукових конференціях із публікацією тез чи матеріалів доповідей. Основні результати дослідження були опубліковані в чотирьох наукових статтях, одна з яких індексуються в базах даних Scopus та/або Web of Science. Обсяг основного тексту дисертації відповідає вимогам, встановленим освітньо-науковою програмою «Прикладна математика» Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Дисертація Літвінчук Ю.А. відповідає чинним вимогам до оформлення дисертації.

**Зауваження та побажання.** До зауважень та побажань слід віднести наступне:

1. У роботі наявний ряд описок та непорозумінь, наприклад, в формулі (2.7) загублено  $\log$  в правій частині після суми, Теорема 3.4 на с.112 та її наслідок на с.120 мають однакову назву та нумерацію, що спричиняє непорозуміння в посиланнях, нумерація теорем на с. 124-126 є незрозумілою та нелогічною тощо;
2. Деякі теореми наведено без детального доведення, отже незрозуміло чи належать вони автору, чи є відомими результатами;
3. У різних представлених моделях одні й ті самі позначення або терміни характеризують різні показники чи поняття і навпаки, наприклад, не дуже зрозуміло чи позначають  $\log$  в формулі (2.7) та  $\ln$  в (2.11) логарифм за однаковою основою, застосовано терміни «перемикання» та «переключення» до однакових понять тощо;
4. Основні модельні приклади для порівняння результатів із класичними алгоритмами, розглянуті для  $R^d$ . Варто було б розглянути декілька прикладів для оптимізаційних задач на обмежених областях;
5. Для перевірки складності розширеного CMA-ES алгоритму на основі методу Монте-Карло та проведення порівняння, варто було б використати більше методів для класичних еволюційних алгоритмів.

**Висновок.** Дисертаційна робота Літвінчук Ю.А. «Побудова самоадаптивних алгоритмів на основі нейронних мереж» є завершеним науковим дослідженням, яке за актуальністю, науково-технічним рівнем, новизною постановки та розв'язання проблем, практичним значенням отриманих результатів відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 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 (із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №341 від 21.03.2022 р. та №502 від 19.05.2023), а її авторка Літвінчук Юлія Анатоліївна заслуговує на присудження їй ступеня доктора філософії у галузі знань 11 – Математика та статистика за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Офіційний опонент:

доктор фізико-математичних наук, професор,  
професор кафедри дослідження операцій  
факультету комп'ютерних наук та кібернетики  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка



Ігор САМОЙЛЕНКО

Підпис засвідчую  
Вчений секретар НАЧ  
КАРАУЛЬНА Н.В.  
28.03.2024р.

