

## ВІДГУК

офіційного опонента – доктора фізико-математичних наук, професора, завідувача відділу математичних методів дослідження операцій № 130 інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України Кнопова Павла Соломоновича 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.** Актуальність даного дисертаційного дослідження зумовлена необхідністю активно досліджувати та застосовувати методи еволюційних алгоритмів у різноманітних сферах людської діяльності, особливо у оптимізаційних задачах. Еволюційні алгоритми стали невід'ємними інструментами прикладної математики, майбутнім комп'ютерного програмування та штучного інтелекту. Ці алгоритми допомагають орієнтуватися у складних ландшафтах проектування, сприяючи прийняттю ефективних інженерних рішень. В областях, що охоплюють математику еволюційні алгоритми знаходять застосування у таких завданнях, як кластеризація, мультимодальна оптимізація тощо. Крім математики, ці алгоритми виявляються неоціненними в природничих науках, допомагаючи в налаштуванні параметрів та оптимізації рішень.

Центральне місце в ефективності еволюційних алгоритмів займає оптимізація, яка лежить в основі вирішення прикладних завдань, особливо в галузі штучного інтелекту, машинного навчання та налаштуванні гіперпараметрів нейронних мереж. Саме ці аспекти є об'єктом дисертаційного дослідження Літвінчук Ю.А.

**Структура та зміст дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота має наступну структуру: вступ, три розділи, висновки до кожного розділу, загальні

висновки, список літератури, що містить 210 джерел, додаток зі списком публікацій, що стосуються теми дисертації.

**У першому розділі** представлений всебічний огляд поточних наукових досліджень еволюційних алгоритмів, з особливим акцентом на генетичні алгоритми, еволюційні стратегії та їхні модифікації.

**У другому розділі** дисертації розглядаються проблеми мультимодальності в алгоритмі CMA-ES, зокрема сценарії, що включають численні локальні екстремуми, які можуть перешкоджати здатності алгоритму досягти глобального оптимуму. Щоб подолати це обмеження пропонується розширена версія CMA-ES, що використовує суміш нормальних розподілів. Цей підхід розширює можливості алгоритму орієнтуватись у складних ландшафтах цільових функцій, полегшуючи пошук оптимальних рішень.

**Третій розділ** присвячений аспектам теорії управління, що стосуються стохастичним диференціальним рівнянням з марківськими перемикачами.. Практичне застосування результатів цього розділу демонструється на модельних прикладах, включаючи порівняльний аналіз класичних еволюційних алгоритмів та самоадаптивного розширеного алгоритму CMA-ES.

**Обґрунтованість і достовірність** наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечена публікаціями відповідних результатів у рейтингових рецензованих міжнародних виданнях. Чотири статті (одна стаття у виданні, що індексується у наукометричній базі даних SCOPUS, три статті у наукових фахових виданнях України) за темою дисертації повністю охоплюють проблематику та основні положення наукової роботи. Апробація основних результатів дисертації відбулася під час представлення доповідей на 5 Всеукраїнських та Міжнародних науково-практичних конференціях. Розгорнутий та повний огляд наукової літератури з тематики представлено дослідження, аналіз та застосування сучасних підходів до розв'язання задач

дослідження свідчать про те, що дисертантка повністю володіє необхідною методологією наукового дослідження.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.** Дисертаційне дослідження містить ряд нових та значущих результатів, отриманих дисертанткою:

1. В роботі запропоновано розширений алгоритм еволюційної стратегія з адаптацією коваріаційної матриці для оцінки параметрів складних систем на основі суміші нормальних розподілів для оптимізаційної задачі  $f(x) - \text{extr}$ .
2. За допомогою симуляції методом Монте-Карло проведено порівняльний аналіз метаевристичних алгоритмів оптимізації оцінки параметрів складних систем та показано, що з ростом кількості піків для розширеного CMA-ES алгоритму кількість звернень до цільової функції спадає і таким чином підтверджує ефективність запропонованого розширеного алгоритму CMA-ES.
3. Запропоновано новий самоадаптивний алгоритм оптимізації розмірності суміші для розширеного CMA-ES алгоритму, при якому мінімізується кількість звернень до цільової функції. Основним завданням алгоритму є визначення умов, за яких збільшуватиметься чи зменшуватиметься кількість піків  $k(m)$  на кожній ітерації виклику алгоритму.
4. Застосовано розширений CMA-ES алгоритм конструювання оптимального керування в задачах синтезу оптимального керування для стохастичних диференціальних рівнянь з випадковими збуреннями.

Результати, отримані у дисертаційному дослідженні, роблять значний внесок у розвиток теорії та практики еволюційних алгоритмів. Запропоновані алгоритми та методи можуть бути використані для вирішення задач оптимізації в різних галузях науки та техніки.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Обраний напрям дослідження відповідає науковому напрямку кафедри прикладної математики та інформаційних технологій Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Дослідження дисертаційної роботи було проведено в рамках науково-дослідної теми кафедри «Математичне моделювання і числово-аналітичні методи дослідження динамічних та інформаційних процесів» (номер державної реєстрації 0102U006591)

**Зауваження та побажання.** Загалом позитивно оцінюючи отримані результати дослідження, їх наукову новизну та практичну значущість, водночас, вважаю за доцільне звернути увагу на деякі недоліки:

1) Робота містить деякі описки, невідформатовані елементи тексту та невдалі словосполучень тощо.

2) Іноді використовуються поняття, які не були означені і, хоча, вони є загальноновживаними, це ускладнює читання та розуміння тексту, особливо для вузькопрофільних спеціалістів.

3) У роботі наведено загальний алгоритм побудови самоадаптивного алгоритму оптимізації та наведена достатня кількість модельних прикладів порівняння. Проте бажано зацентувати свою увагу на підборі сумішей для нейронних мереж.

4) У розділі 3 варто відзначити недоліки розширеного CMA-ES алгоритму на прикладі втрати точності оптимального керування.

5) На мою думку, згаданих вище зауважень можна було б уникнути за рахунок зменшення оглядової частини, яка здається занадто деталізованою. Натомість, в основній частині варто було б більш детально описати деякі поняття та властивості, які використовуються без належних пояснень.

**Відсутність порушень академічної доброчесності.** Кваліфікаційне дослідження є самостійною науковою працею авторки. Висновки, рекомендації та пропозиції, що характеризують наукову новизну кваліфікаційного

дослідження, одержані авторкою особисто. При використанні праць інших вчених для аргументації актуальних положень дослідження обов'язково вказано посилання на відповідні праці.

**Висновок про дисертаційну роботу.** Вважаю, що дисертаційна робота на здобуття наукового ступення доктора філософії Літвінчук Юлії Анатоліївни на тему «Побудова самоадаптивних алгоритмів на основі нейронних мереж» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів доброчесності та є завершеним науковим дослідженням, що має важливе значення для розвитку еволюційних алгоритмів.

Дисертаційне дослідження 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:

Член-кор. НАН України

доктор фізико-математичних наук, професор

завідувач відділу математичних методів

дослідження операцій

Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова

НАН України

*Літвінчук Ю.С. Кнопов*  
*Учений секретар*



*Павло КНОПОВ*

Павло КНОПОВ

*Сергій Ершов*  
26.03.2024