

ВІДГУК
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

МАШТАЛІРА ВОЛОДИМИРА ПЕТРОВИЧА,

доктора технічних наук, професора кафедри інформатики
Харківського Національного Університету Радіоелектроніки

на дисертаційну роботу на дисертаційну роботу

Лобачева Івана Михайловича на тему

«Моделі та методи підвищення ефективності розподілених трансдюсерних
мереж на основі машинного навчання та периферійних обчислень»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

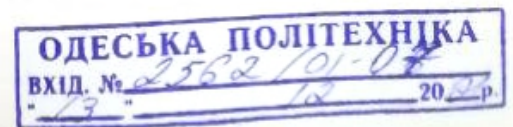
галузь знань 12 – Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню важливої науково-практичної задачі підвищення ефективності розподілених трансдюсерних мереж на основі розробки моделей та методів машинного навчання та периферійних обчислень та є актуальною.

Не викликає сумнівів затребуваність у системах Інтернету Речей, важливою складовою якої є розподілені трансдюсерні мережі постільки сьогодні нейромережеві технології проникають у всі сфери життя, дозволяють ефективно вирішувати завдання в різних прикладних областях, де є потреба у обробці великих об'ємів даних. Однак існуючі обмеження та вимоги до реалізації систем Інтернету Речей не дозволяють широко використовувати нейромережеві технології. Для їх застосування в реальному часі потрібні значні обчислювальні та енергетичні ресурси. Тому адаптація існуючих нейромережевих технологій для роботи в умовах периферійних обчислень, в якій агрегація та аналіз даних відбувається в безпосередній близькості від місць їх отримання є ефективним напрямом для підвищення ефективності розподілених трансдюсерних мереж у системах Інтернету Речей.

Дисертаційна робота Лобачева Івана Михайловича виконана відповідно до планів наукової і науково-технічної діяльності Державного університету «Одеська політехніка», який є спадкоємцем Одеського Національного



Політехнічного Університету, в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи: «Інноваційна інтелектуальна інформаційна технологія аналізу та синтезу енергоефективних гідроаеродинамічних елементів та систем» (№ ДР 0121О111720).

2. Структура та обсяг дисертації

У вступі наведена загальна характеристика роботи, а саме: її актуальність, поставлені мета й задачі досліджень, представлені методи досліджень, вказані новизна і практичне значення отриманих результатів, сформульовані основні положення, що виносяться на захист, наведені відомості про апробацію, публікації та реалізацію результатів дослідження.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз проблем використання розподілених трансдюсерних мереж на основі машинного навчання при побудові систем Інтернету Речей, розглянуті методи обробки та аналізу даних у цих системах, показана затребуваність та ефективність застосування глибинних нейронних мереж у якості методів машинного навчання. Сформульовано мету та задачі дослідження.

У другому розділі розроблено ієрархічну нейромережеву модель периферійних обчислень для аналізу мультисенсорних даних та метод попередньої обробки та форматування даних з сенсорів.

Проведено аналіз ефективності розробленої ієрархічної нейромережевої моделі периферійних обчислень на задачі розпізнавання дій людини та завдання ідентифікації людей за рухами. Показано, що для цих задач запропонована модель краще ніж моделі-аналоги як за достовірністю, так і за споживаною енергією та часом одержання результатів.

У третьому розділі розроблено метод компресії нейронних мереж з метою зниження вимог до обчислювальних та енергетичних ресурсів за рахунок скорочення множини зв'язків між нейронами мережі. Метод дозволив на основі обчислення ймовірності виключати нейронів з урахуванням параметра надмірності. Новим підходом у рамках даного методу є використання спеціальної нейронної мережі-компресора, яка приймає на вхід

вагу нейрону кожного шару вихідної мережі, обчислює параметр надмірності та отримує показник ймовірності виключення для кожного нейронного прихованого шару.

Проведено дослідження цього методу на різних задачах (класифікація дій людини, розпізнавання рукописних цифр, розпізнавання мови), яке довело ефективність запропонованого методу компресії нейронних мереж.

У четвертому розділі розроблено інструментальні засоби, що реалізують запропоновані рішення. Проведено дослідження обсягу мережевого трафіку, який генерується, та часу реакції розподіленої трансдюсерної мережі при використанні запропонованої ієрархічну нейромережеву модель периферійних обчислень. Показано суттєве підвищення ефективності, що свідчить про те, що поставлену мету дослідження виконано.

У загальних висновках викладено основні наукові та практичні результати виконаного дослідження, з якими можна погодитися.

У додатках представлено довідки впровадження, фрагменти розробленого програмного забезпечення.

Анотація дисертації стисло відображає її основні положення.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації роботи достатньою мірою обґрунтовані, оскільки базуються на аналізі сучасних та загальновизнаних літературних джерел в галузях як нейромережевих технологій та аналізу даних та зображень, так і розподілених мереж та Інтернету Речей та великій кількості експериментальних досліджень. Такий підхід підтверджує достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій. Достовірність отриманих теоретичних результатів підтверджується їх узгодженістю з результатами проведених експериментів для різних прикладних завдань.

Крім того, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, даними комп'ютерних досліджень та практичними результатами, які підтверджуються

наведеними у додатках дисертації довідками.

4. Практична значимість розроблених моделей та методів

підтверджується їх використанням розроблених інструментальних засобів для вирішення задач мультисенсорного аналізу даних на основі навчання та периферійних обчислень.

Розроблені інструментальних засобів можуть бути використані для моделювання роботи розподілених трансдюсерних мереж у різних галузях застосування систем Інтернету Речей.

Результати роботи впроваджено у діяльності науково-виробничого підприємства "КАРЕ" (м. Одеса) та товариства з обмеженою відповідальністю «НАФТОГАЗХІМ СЕРВІС» та знайшли відображення у навчальному процесі та науковій діяльності Державного університету «Одеська політехніка».

5. Новизна наукових положень, висновків та рекомендацій

В роботі визначено ряд нових наукових результатів, які є значущими для підвищення ефективності розподілених трансдюсерних мереж шляхом адаптації технологій машинного навчання для роботи в умовах периферійних обчислень:

1. вперше запропоновано ієрархічну нейромережеву модель периферійних обчислень з використанням згорткових та рекурентних нейронних мереж для аналізу мультисенсорних даних, що дозволило організувати нейромережеві обчислення за ієрархічним принципом без використання централізованого хмарного серверу та забезпечити підвищення ефективності функціонування РТМ;
2. удосконалено метод попередньої обробки та форматування вхідних даних з показників сенсорів різного типу, особливістю якого є урахування їх просторових та часових характеристик, що дозволяє отримати дані для аналізу у вигляді тензору зі заданою розмірністю та забезпечити подальший аналіз мультисенсорних даних за ієрархічною нейромережевою моделлю;

3. отримав подальший розвиток метод компресії нейронних мереж на основі обчислення ймовірності виключення нейронів з урахуванням параметра надмірності, що дозволило зменшити часові та енергетичні витрати на здійснення виведення нейронної мережі.

6. Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Розроблені в дисертаційній роботі моделі і методи доцільно використовувати для адаптації технологій машинного навчання при організації периферійних обчислень при обробці та аналізі мультисенсорних даних в системах Інтернету Речей.

Розроблено програмне забезпечення та інструментальні засоби можуть бути використані у широкому колі прикладних завдань, які виникають при розробці систем Інтернет Речей та систем аналізу даних на основі нейромережових технологій.

Запропоновані автором рішення доцільно використовувати в навчальних цілях при викладанні дисциплін пов'язаних з нейромережевими моделями та методами.

7. Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутність порушення академічної доброчесності

Основні положення і практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на таких конференціях: міжнародна конференція з технологій, електроніки та мобільних комунікацій IEMCON-2016 (м. Ванкувер, Канада, 2016 рік), українсько-німецькій науково-практичній конференції «Інформатика. Культура. Техніка»: IKT-2018 (м. Одеса, 2018 рік), міжнародній конференції мобільних систем, сервісів та технологій DESSERT-2018 (м. Київ, 2018 рік), міжнародних студентських конференціях «Сучасні інформаційні технології»: MIT-2017, MIT-2018 (м. Одеса, 2017 та 2018 рік відповідно), міжнародних науково-практичних конференціях r3m-2016 (м. Одеса, 2016 рік).

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 14 публікаціях, з них: 4 статі у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 2 публікації у зарубіжних наукових періодичних виданнях з наряду, з якого підготовлено дисертацію, що індексується наукометричною базою SCOPUS, 8 публікацій у працях і матеріалах наукових конференцій.

Таким чином, чинні вимоги до кількості публікацій виконано.

Публікація автором результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. В цілому у дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

8. Зауваження згідно змісту та оформлення дисертаційної роботи

1. Перший розділ значно перевантажено довідковою інформацією щодо стандартів мереж, підходів до аналізу даних та нейронних мереж, більшість з якої далі не застосовано.

2. Не в повній мірі розглянуті та не обґрунтовані вибрані методи оцінки якості результатів. Так, оцінки макро-середня F1 та мікро-середня F1 є абсолютно прийнятними, але використання точності (accuracy – частки правильних відповідей) є проблематичним внаслідок можливого порушення балансу класів для вирішуваного завдання.

3. При обговоренні проблем аналізу даних, наприклад, зображень йдеться про різні чинники (освітлення, масштаб, можливі завади тощо), але при проведенні досліджень автор про них не згадає. Можливо одержані результати були б не такими?

4. У розділі 3 автор при описі ідеї запропонованого методу компресії автор вживає термін «підібрати» ймовірність (стор. 86), хоча раніш було «обчислити» ймовірність (стор. 8). Бажано було б пояснити механізм знаходження ймовірності виключення нейрона.

5. У роботі не досить повно обґрунтовано розробку ієрархічної нейромережевої моделі периферійних обчислень.

6. У роботі мають місце окремі стилістичні та синтаксичні неточності. Наведені зауваження не впливають суттєво на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи та не знижують науковий рівень і практичну цінність рецензованої дисертації.

9. Загальний висновок

В цілому вважаю, що дисертаційна робота Лобачева Івана Михайловича «Моделі та методи підвищення ефективності розподілених трансдюсерних мереж на основі машинного навчання та периферійних обчислень» є завершеною кваліфікаційною науковою роботою. Вона містить не захищені раніше наукові положення і нові науково обґрунтовані результати в галузі аналізу зображень. Результати дисертації можуть бути рекомендовані до використання в організаціях і науково-дослідних установах, які розробляють системи Інтернету Речей та розподілені трансдюсерні мережі на основі машинного навчання та периферійних обчислень.

Дисертаційна робота «Моделі та методи підвищення ефективності розподілених трансдюсерних мереж на основі машинного навчання та периферійних обчислень» за своїм змістом відповідає вимогам Тимчасового Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженому Кабінетом Міністрів України, №167 від 06.03.2019 зі змінами згідно Постанови КМУ №979 від 21.10.2020 та №609 від 09.06.2021 року та чинним вимогам МОН України, а її автор, Лобачев Іван Михайлович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю – 122 Комп'ютерні науки, галузь знань – 12 Інформаційні технології.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
професор кафедри інформатики
Харківського національного
університету радіоелектроніки

Підпис проф. Машталіра В.П. засвідчую
Учений секретар



В.П. Машталір

І.В.Магдаліна