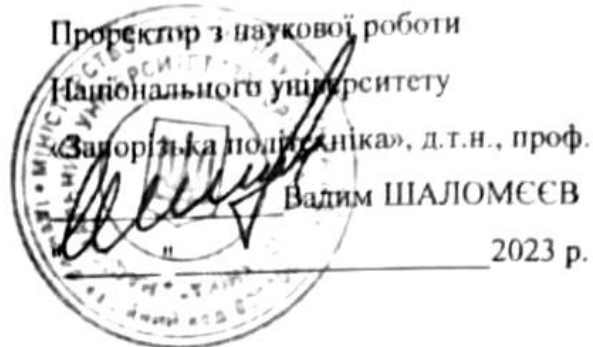


ЗАТВЕРДЖУЮ



ВИТЯГ

з протоколу № 10

розширеного засідання кафедри програмних засобів
факультету комп'ютерних наук і технологій

Національного університету «Запорізька політехніка» (НУ «Запорізька політехніка»)
від "5" травня 2023 р.

ПРИСУТНІ:

Головуючий на засіданні – Поляков М.О. – професор кафедри електричних та електронних апаратів, професор кафедри програмних засобів за сумісництвом, доктор техн. наук, професор;

Секретар – Зайко Т. А. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук, доцент

20 співробітників кафедри програмних засобів:

Субботін С. О. – завідувач кафедри програмних засобів, доктор техн. наук, професор;

Олійник А. О. – професор кафедри програмних засобів, доктор. техн. наук, професор;

Капліснко Т. І. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук, доцент;

Колпакова Т. О. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук, доцент;

Льовкін В. М. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук, доцент;

Пархоменко А. В. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук, доцент;

Степаненко О. О. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук, доцент;

Федорончак Т. В. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук, доцент;

Гладкова О. М. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук;

Гофман Є. О. – доцент кафедри програмних засобів, канд. техн. наук;

Дейнега Л. Ю. – старший викладач кафедри програмних засобів;

Федорченко Є. М. – старший викладач кафедри програмних засобів;

Качан О. І. – старший викладач кафедри програмних засобів;

Андрєєв М. О. – завідувач лабораторії програмних засобів;

Липовець М. В. – завідувач лабораторії кафедри програмних засобів;

Кашина Т. Г. – завідувач лабораторії кафедри програмних засобів;

Леощенко С. Д. – асистент кафедри програмних засобів;

Туленков А. В. – асистент кафедри програмних засобів;

Каврін Д. В. - асистент кафедри програмних засобів;

Федорченко Ю. В. – асистент кафедри програмних засобів;

7 запрошених:

Скрупський С.Ю. – доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж, доцент кафедри програмних засобів за сумісництвом, канд. техн. наук, доцент;

Нарівський О.Е. – професор кафедри фізичного матеріалознавства, доктор. техн. наук, професор;

Ільяшенко М.Б. – доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж, канд. техн. наук, доцент;

Петребко В.В. – завідувач кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, доктор техн. наук, професор;

Пухальська Г.В. – доцент кафедри технології машинобудування, канд. техн. наук, доцент;

Боровіков А.Г. – аспірант кафедри програмних засобів;

Шкарупіло В.В. – доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки Національного університету біоресурсів і природокористування України, канд. техн. наук, доцент.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ

1. Про попередній розгляд дисертації аспіранта кафедри програмних засобів Леощенка Сергія Дмитровича на тему «Методи синтезу рекурентних нейромережових моделей для діагностування» (наукові керівники: завідувач кафедри програмних засобів, доктор технічних наук, професор С.О. Субботін, професор кафедри програмних засобів, доктор технічних наук, професор А.О. Олійник).

СЛУХАЛИ: Доповідь аспіранта С. Д. Леощенка по завершенню дисертаційної роботи.

ПИТАННЯ: Під час обговорення учасники засідання поставили доповідачу 17 запитань.

Степаненко О. О.: Сформулюйте головні результати Вашого дисертаційного дослідження.

Леощенко С.Д.: Головними результатами дисертаційного дослідження є: генетичний метод синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж, який використовує механізм секвенування на етапі кодування інформації, а також критерії регулювання розміру та напрямку розвитку нейромереж; паралельний генетичний метод синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж з імплементацією механізмів селективного тиску; метод структурної оптимізації діагностичних нейромоделей для підвищення характеристик інтерпретабельності моделей, що полягає у використанні генетичних операторів та критеріального відбору для визначення структурного спрощення нейронної мережі; система індикаторів для оцінювання рівня складності задачі з метою визначення механізмів доналаштування параметрів нейронних мереж.

Каплієнко Т.І.: Поясніть, будь ласка, як формуються вибірки історичних даних про об'єкт діагностування?

Леощенко С.Д.: Вихідні вибірки формуються та накопичуються фахівцями у предметній області, що відповідає вирішуваним практичним завданням технічного або біомедичного діагностування. Ці вибірки далі розділяються на навчальні та тестові та використовуються, відповідно, для синтезу діагностичних моделей та перевірки їх узагальнювальних можливостей.

Льовкін В.М.: Чи є якісь перспективи подальших досліджень у напрямку Вашої роботи?

Леощенко С.Д.: Можливі напрями продовження досліджень за тематикою дисертації можуть бути пов'язані з розробленням методів та механізмів компактного кодування інформації про нейронні мережі під час виконання процесу синтезу на основі використання ймовірнісних структур даних, з метою скорочення ресурсоемності зберігання та оброблення інформації про такі нейромоделі для застосування та практичного використання у різних галузях науки і техніки, пов'язаних зі створенням інтелектуальних систем діагностування, зокрема у авіабудування, приладобудуванні, медицині, військовій промисловості, тощо.

Колпакова Т.О.: Поясніть характер впровадження результатів Вашої роботи в університеті?

Леощенко С.Д.: Результати роботи використовуються у навчальному процесі – у лекційних курсах з дисциплін «Інтелектуальні системи», «Основи обчислювального інтелекту», «Інтелектуальний аналіз даних» на кафедрі програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка» для студентів спеціальностей 121 «Інженерія

програмного забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки». Результати роботи також використовуються при виконанні науково-дослідних робіт, дипломному та курсовому проєктуванні.

Гладкова О.М.: Чи потрібно виконувати якусь попередню обробку даних перед використанням запропонованих Вами методів?

Леощенко С.Д.: Бажано, але не обов'язково, щоб дані були подані у такій формі, коли кількість ознак, що характеризують об'єкти діагностування, є мінімальною, а ознаки – високо інформативними. Якщо цього можна досягти за рахунок якогось спеціального методу попередньої обробки даних або застосування експертних знань, то їх можна використовувати. Проте, варто відзначити, що запропоновані методи дозволяють виконувати синтез діагностичних нейромоделей і на основі необроблених наборів даних.

Зайко Т. А.: Наскільки можна бути упевненим у конкретному випадку, що діагностичні моделі, побудовані на основі Ваших методів, будуть приймати надійні рішення?

Леощенко С.Д.: Надійність прийняття рішень за синтезованою діагностичною моделлю для конкретної задачі у середньому може бути оцінена помилкою, що визначається на основі тестової вибірки даних. Якщо тестова вибірка є достатньо великою та репрезентативною, а помилка діагностичної моделі для неї є прийнятною для користувача, то діагностична модель може вважатися надійною.

Поляков М.О.: Чи можна застосувати Ваші методи синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж для побудови діагностичних моделей у іншому базисі, наприклад, на основі глибоких нейронних мереж або ж, навпаки, нейронних мереж прямого поширення?

Леощенко С.Д.: Так, це можливо. Проте варто зауважити, що для кожного конкретного методу побудови діагностичних моделей треба врахувати його вимоги щодо вибірки даних та ресурсоемності.

Поляков М.О.: Чи мають Ваші методи якісь обмеження у застосуванні?

Леощенко С.Д.: Так, звичайно. Як правило, будь-які методи мають недоліки і обмеження у застосуванні. Для можливості застосування розроблених методів на практиці повинна бути задана навчальна вибірка, що містить значення ознак і вихідного параметра. Додаткових вимог не висувається, оскільки нейроеволюційні методи, що використовуються як базис для синтезу рекурентних діагностичних нейромоделей, не накладають обмежень і не висувають додаткових вимог до цільової функції. Проте, ефективність застосування розроблених методів може бути недостатньою у випадку великої кількості спостережень

навчальної вибірки та невеликій кількості обчислювальних вузлів паралельної системи, що викликано необхідністю розрахунку значення вихідного параметру для кожного спостереження за допомогою синтезованої моделі для оцінювання її ефективності. Зазначене обмеження може бути знято при використанні іншого, більш потужного апаратного забезпечення, що характеризується великою кількістю обчислювальних ядер.

Гофман Є. О.: Поясніть детальніше у чому полягає відмінність між отриманими у Вашій роботі результатами та відомими методами?

Леощенко С.Д.: У роботі запропоновано набір методів для синтезу рекурентних діагностичних нейромоделей на основі нейроеволюційного підходу та паралельних обчислень. Запропоновані методи у порівнянні з існуючими дозволяють підвищити швидкість процесу синтезу діагностичної моделі, а також збільшити рівень інтерпретовності та узагальнення даних синтезованої моделі.

Скрупський С. Ю.: Розроблений Вами паралельний генетичний метод з імплементацією механізмів селективного тиску передбачає використання багатобатьківського схрещування. Поясніть, будь ласка, чи є якісь обмеження на кількість батьківських особин для проведення такого схрещування?

Леощенко С.Д.: Запропонований паралельний генетичний метод з імплементацією механізмів селективного тиску передбачає використання оператора рівномірного схрещування, який дійсно дозволяє організувати багатобатьківське схрещування. І теоретично розмір батьківського пулу – необмежений. Проте найбільш прийнятні показники роботи методу спостерігаються при розмірі батьківського пулу 2 та 7 особин. При інших кількостях батьків співвідношення використаних ресурсів та часу роботи до точності вихідної нейромоделі – не задовільні. Також можна відмітити, що кількість батьківських особин для схрещування більше 10 не має сенсу, адже при великих значеннях часу виконання та накладних витрат на пересилання даних точність значно погіршується.

Дейнега Л.Ю.: Чи вимагають Ваші методи незалежності ознак об'єкта діагностування при використанні?

Леощенко С.Д.: Ні, можливе використання взаємопов'язаних ознак. Але для більшої інтерпретовності діагностичної моделі буде краще, якщо ознаки будуть незалежними. Крім того, варто відзначити, що використання запропонованого методу структурного доналаштування нейромоделі дозволяє видалити зв'язки, які кодують зашумлені або малоінформативні дані, що опосередковано дає змогу підвищити точність роботи діагностичної моделі.

Федорченко Є.М.: Які з зазначених Вами недоліків відомих методів побудови діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж і яким чином Вам вдалося усунути?

Леощенко С.Д.: Обмеженість на структуру (початкову топологію та структуру на основі обраної топології) синтезованої нейромоделі вдалося вирішити шляхом використання нейроеволюційного підходу, що передбачає поступові модифікацію та розвиток нейронної мережі. Відсутність можливості модифікування виду функції активації і її параметри вдалося усунути за допомогою використання адаптивних механізмів динамічного розвитку мережі. Підвищені вимоги до репрезентативності вибірки прецедентів вдалося знизити за допомогою використання стохастичного пошуку генетичних методів. Низьку швидкість процесу синтезу діагностичних рекурентних мереж вдалось підвищити за рахунок використання паралельних обчислень.

Качан А.І.: За якими ознаками дослідження Вашої дисертаційної роботи відповідають планам науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка» та кафедри програмних засобів?

Леощенко С.Д.: Дисертаційне дослідження виконувалося в межах трьох держбюджетних тем: «Розроблення та дослідження методів синтезу діагностичних моделей на основі методів обчислювального інтелекту» (номер державної реєстрації – 0119U100360), «Розроблення методів та засобів для аналізу та прогнозування динамічної поведінки нелінійних об'єктів» (номер державної реєстрації – 0121U107499), «Інтелектуальні методи та засоби діагностування та прогнозування стану складних об'єктів» (номер державної реєстрації – 0122U000972). У зазначених НДР участь приймалася у якості виконавця, було удосконалено та розроблено методи нейроеволюційного синтезу рекурентних нейронних мереж.

Андрєєв М.О.: Для якого виду систем технічного діагностування спрямовано Ваші методи: функціонального чи тестового діагностування?

Леощенко С.Д.: Розроблені методи орієнтовано для створення діагностичних моделей для побудови автоматизованих систем функціонального діагностування. Проте, якщо є розроблений генератор тестів, то пропоновані методи можна використати і для побудови систем тестового діагностування. Також варто зауважити, що розроблені методи відносяться до методів діагностування на основі даних, оскільки не вимагають проведення фізичних, руйнівних експериментів та не вимагають наявності аналітичних формул, що описують досліджувані об'єкти діагностування.

Пархоменко А.В.: Яким має бути розмір вибірки, щоб вдалося побудувати діагностичну модель?

Леощенко С.Д.: Це визначається складністю конкретної вирішуваної задачі та способом отримання даних. Якщо є можливість, то при пасивному експерименті доцільно використати усі доступні для вимірювання ознаки та зразки-екземпляри спостережень. Наявна при цьому надлишковість даних буде усунена у процесі побудови діагностичної моделі. Якщо діагностична модель будується при активному експерименті, то мають бути включені до вибірки усі можливі стани об'єкту діагностування і забезпечене повне покриття простору ознак.

Степаненко О.О.: Якщо є вже навчена нейромодель, навіщо використовувати запропонований Вами метод структурної оптимізації діагностичних нейромоделей?

Леощенко С.Д.: Штучні нейронні мережі можуть успішно застосовуватися в різних областях – там, де потрібне вирішення завдань прогнозування, класифікації та управління. Проте вибір структури мережі, тобто числа шарів, числа нейронів і числа зв'язків для кожного нейрона – є однією з найбільш складних проблем. Більш того, сучасні архітектури нейронних мереж можуть гарантувати високу точність, проте через складну структуру (наявність зворотних зв'язків, декілька прихованих шарів) швидкість їх роботи є недостатньою, що значно обмежує їх реальне застосування для технічного та біомедичного діагностування у реальному часі. Так, під час роботи із великими даними застосування складних топологій нейронних часто обмежується обчислювальними ресурсами. Саме тому структурна оптимізація дозволяє отримати полегшену та проріджену структуру попередньо синтезованої нейромоделі. Це гарантує не тільки зменшення навантаження на обчислювальну систему, а й пришвидшення роботи такої нейромережі. Більш того, у якості побічного ефекту структурної оптимізації іноді може спостерігатися підвищення точності роботи, адже частина вузлів та зв'язків для кодування зашумлених даних може бути видалена.

Колпакова Т. О.: Чи будуть діагностичні моделі, отримані на основі різних методів, розроблених Вами, тотожними між собою?

Леощенко С.Д.: Ні, не будуть. Це пояснюється як властивістю варіативності нейромоделей, так і різними принципами побудови їхньої структури у різних методах, а також використанням нейроеволюційного підходу при їх синтезі.

ВИСТУПИЛИ: Наукові керівники: доктор технічних наук, професор С. О. Субботін та доктор технічних наук, професор А. О. Олійник, які відзначив актуальність проведеного

наукового дослідження, практичне і теоретичне значення одержаних результатів, виступив із позитивною оцінкою щодо впровадження розроблених методів синтезу діагностичних моделей. Наукові керівники також надали позитивну характеристику особі здобувача та його науковій діяльності. Підкреслили, що дисертаційна робота відповідає вимогам щодо дисертацій доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» і може бути рекомендована до подання у разову спеціалізовану вчену раду на розгляд.

О. О. Степаненко (рецензент), Т. В. Федорончак (рецензентка) – відзначили актуальність та складність поставленої проблеми, високий рівень роботи та глибоке теоретичне опрацювання питань, що досліджено в дисертації, практичну значущість отриманих результатів; позитивно охарактеризували повноту публікацій та впровадження результатів дисертаційного дослідження.

УХВАЛИЛИ: Прийняти такий висновок щодо дисертаційної роботи С. Д. Леоценка.

ВИСНОВОК

наукового семінару кафедри програмних засобів факультету комп'ютерних наук і технологій НУ «Запорізька політехніка» про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Методи синтезу рекурентних нейромережевих моделей для діагностування» здобувача ступеня доктора філософії Сергія ЛЕОЩЕНКА за спеціальністю 121 Комп'ютерні науки (галузь знань 12 Інформаційні технології)

Актуальність теми. Для забезпечення довговічності і надійності функціонування складних об'єктів і систем використовують методи діагностування. Як правило, в більшості практичних випадків об'єкти діагностування не є повністю дослідженими, оскільки теоретичні або експериментальні знання про такі системи є неповними або ж навпаки кількість експериментальних знань надлишкова, що значно ускладнює їх подальше опрацювання. У таких випадках доцільно використовувати методи діагностування, керовані даними, які здатні будувати моделі за історичними даними про систему (об'єкт). Проте класичні методи діагностування погано працюють для моделювання багатовимірних, нелінійних залежностей: через структурні та параметричні особливості такі моделі не можуть в повній мірі інтерпретувати складні, нелінійні зв'язки між усіма параметрами та складовими системи, а відповідно точність таких моделей може бути недостатньою.

Методи обчислювального інтелекту (зокрема, методи машинного навчання, штучні нейронні мережі та нейроеволюція) є перспективним базисом для створення моделей при

розробці систем діагностування, оскільки дозволяють будувати нелінійні моделі складних багатовимірних об'єктів за спостереженнями. Рекурентні нейронні мережі є різновидом повнозв'язаних мереж та завдяки структурним особливостям (наявність зворотних зв'язків та внутрішньої пам'яті), дозволяють діагностувати та прогнозувати динамічну поведінку або стан діагностованої системи в часі.

Значний внесок у розвиток обчислювального інтелекту, зокрема штучних нейронних і рекурентних мереж та еволюційних обчислень, внесли А. Бергель, І. Боєрс, Г. Куйпер, Г. Блокдик, Ф. Ґруау, Т. Сугено, О.Г. Івахненко, Є.В. Бодяньський, В.Д. Дмитриєнко та ін.

Проте процес побудови діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж оптимальної структури є високоітеративним. Відомі методи синтезу рекурентних нейронних мереж характеризуються значними витратами часу, а синтезовані моделі, як правило, мають надлишкову структуру та недостатню точність, що спричиняє низькі рівні узагальнення даних та інтерпретабельності. Це суттєво обмежує практичне застосування рекурентних нейронних мереж.

Тому актуальною науково-прикладною проблемою є підвищення точності та зменшення часу побудови діагностичних моделей, збільшення їхніх інтерпретовності та узагальнювальних здатностей шляхом розроблення нових та удосконалення існуючих методів синтезу рекурентних нейромережевих діагностичних моделей, які поєднують принципи інтелектуальних та паралельних обчислень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка» у межах держбюджетних тем: «Розроблення та дослідження методів синтезу діагностичних моделей на основі методів обчислювального інтелекту» (номер державної реєстрації – 0119U100360), «Розроблення методів та засобів для аналізу та прогнозування динамічної поведінки нелінійних об'єктів» (номер державної реєстрації – 0121U107499), «Інтелектуальні методи та засоби діагностування та прогнозування стану складних об'єктів» (номер державної реєстрації – 0122U000972). У зазначених НДР здобувач брав участь як виконавець, удосконалив та розробив методи нейроеволюційного синтезу рекурентних нейронних мереж.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні проблеми розроблення та дослідження методів синтезу діагностичних моделей, які поєднують інтелектуальні та паралельні обчислення для підвищення швидкості процесу побудови діагностичних моделей, збільшення їх інтерпретовності та узагальнювальних можливостей, а саме:

Основні результати, які визначають наукову новизну роботи, полягають у такому:

– вперше запропоновано генетичний метод синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж, який використовує механізм секвенування на етапі кодування інформації про популяції нейронних мереж з метою компактного збереження та передачі інформації, а також критерії регулювання розміру та напрямку розвитку нейромереж, що дозволяє підвищити адаптивність вибору мутації структури нейромоделі для підтримки генетичного різноманіття та уникнення завчасної збіжності з врахуванням перешкоджання безмірного збільшення мережі, і таким чином дозволяє підвищити точність синтезованих моделей та оптимізувати витрати ресурсів пам'яті обчислювальної системи під час синтезу для подальшого підвищення якості діагностування;

– вперше запропоновано паралельний генетичний метод синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж з імплементацією механізмів селективного тиску, в якому основні етапи процесу нейроеволюційного синтезу рекурентних нейромоделей виконуються на паралельних обчислювальних вузлах, а використання механізмів селективного тиску та рівномірного схрещування дозволяє підтримувати розміри популяції, скорочуючи обчислювальні витрати на опрацювання малоприспособованих особин, більш того такі генетичні оператори дозволяють скоротити високоітеративну природу еволюційних та паралельних обчислень, враховувати додаткові структурні та параметричні показники якості нейронних мереж в популяції, більш контролювано використовувати механізм багатобатьківського схрещування та знизити вимоги до ресурсів пам'яті та обчислювальних потужностей електронно-обчислювальних машин під час синтезу моделей;

– вперше запропоновано метод структурної оптимізації діагностичних нейромоделей для підвищення характеристик інтерпретабельності моделей, що направлено на оптимізацію роботи складних топологій нейронних мереж із великими даними, за рахунок спрощеної та прорідженої структури попередньо синтезованої нейромоделі, що полягає у використанні генетичних операторів та критеріального відбору для визначення структурного спрощення нейронної мережі, що дозволяє прорідити та оптимізувати структуру нейронної мережі, прискорюючи роботу нейромоделі та видаляючи міжнейронні зв'язки, що кодують зашумлені дані;

– удосконалено систему індикаторів для оцінювання рівня складності задачі з метою визначення механізмів доналаштування параметрів нейронних мереж, яка відрізняється врахуванням характеристик вхідного набору даних та характеристик задачі, серед яких: рівень можливого спрощення структури, загальна кількість суттєвих та несуттєвих факторів, рівень точності вимірювань та рівень можливого контролю та управління, що дають можливість точно обрати варіант доналаштування діагностичної моделі, без використання надмірних обчислювальних ресурсів для повторного синтезу нейромоделей або додаткової

побудови моделі, що значно знижує ресурсоемність.

Ступінь вірогідності проведених досліджень. Для вирішення завдань, поставлених у дисертаційній роботі, використано методи: теорії рекурентних нейронних мереж – як базис для синтезу діагностичних моделей; теорії нейроеволюційного підходу до синтезу – для створення нових методів синтезу рекурентних нейронних мереж; теорії паралельних обчислень – для розроблення паралельних методів синтезу рекурентних діагностичних нейромоделей; стохастичного пошуку та лінійної алгебри для створення нових методів синтезу рекурентних нейронних мереж; математичної статистики – для аналізу ефективності розроблених методів синтезу діагностичних нейромоделей та перевірки достовірності отриманих результатів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що запропоновані методи синтезу діагностичних моделей доведені до рівня практичної реалізації та дозволяють виконувати побудову та структурну оптимізацію діагностичних моделей, що базуються на рекурентних нейронних мережах та відрізняються високими рівнями точності, інтерпретабельності і зручні для подальшого аналізу та використання на практиці.

Результати практичної реалізації показали, що застосування запропонованих у дисертаційній роботі методів синтезу рекурентних діагностичних нейромоделей дозволило значно підвищити швидкість синтезу діагностичних моделей у порівнянні з методами, які передбачають послідовну реалізацію обчислень, збільшити рівні інтерпретовності та узагальнення даних синтезованих моделей. Розроблені методи можуть застосовуватися до широкого кола задач діагностування, де є недостатніми експертні знання про системи та об'єкти діагностування (або природа яких є недостатньо вивченою), є адаптивними відносно історичних даних отриманих на базі експериментальних спостережень та можуть бути використані при синтезі діагностичних моделей на основі великих вибірок даних. Розроблені методи синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж рекомендуються до застосування на практиці при створенні інтелектуальних систем діагностування у різних галузях, зокрема у авіадвигунобудуванні, військовій промисловості, приладобудуванні, медицині тощо.

Впровадження результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи апробовано та впроваджено Наукові положення, висновки і рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, використано при підготовці дисциплін «Інтелектуальні системи», «Основи обчислювального інтелекту», «Інтелектуальний аналіз даних» та НДР на кафедрі програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка»

Результати дисертаційної роботи апробовано та впроваджено у практичну діяльність Товариства з обмеженою відповідальністю «Аптека Магнолія», у практичну діяльність Товариства з обмеженою відповідальністю «Запорізький ливарно-механічний завод».

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора. Основні положення та результати дисертації опубліковано у 30 публікаціях, з яких 25 наукових публікацій розкривають основний зміст дисертації, зокрема опубліковано 8 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (7 статей включено у міжнародні наукометричні бази Scopus та/або Web of Science), 1 розділ монографій, що опубліковані у закордонних виданнях мовами країн ЄС. Опубліковано 21 теза доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій (15 англійською мовою, включені в міжнародну наукометричну базу Scopus).

Список публікацій Леоценка С.Д., в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Leoshchenko, S. Modification and parallelization of genetic algorithm for synthesis of artificial neural networks / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, V. Lytvyn, V. Shkarupylo // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2019. – № 4. – P. 68–82. (Web of Science)

2. Leoshchenko, S. Usage of swarm intelligence strategies during projection of parallel neuroevolution methods for neuromodel synthesis / Serhii Leoshchenko, Andrii Oliinyk, Sergey Subbotin, Tetiana Zaiko // Technology audit and production reserves. – 2020. – Vol. 5, Issue 2/55. – P. 12–17.

3. Leoshchenko, S. Implementation of the indicator system in modeling complex technical systems / S. Leoshchenko, S. Subbotin, A. Oliinyk, O. Narivs'kiy // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2021. – № 1. – P. 117–126. (Web of Science)

4. Леоценко, С.Д. Синтез та використання нейромережевих моделей з ймовірнісним кодуванням структури / С. Д. Леоценко, А. О. Олійник, С. О.Субботін, Є. О. Гофман, М. Б. Льяшенко // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2021. – № 2. – P. 93–104. (Web of Science)

5. Леоценко, С.Д. Метод структурного доналаштування нейромережевих моделей для забезпечення інтерпретабельності / С. Д. Леоценко, А. О. Олійник, С. О.Субботін, Є. О. Гофман, О. В. Корнієнко // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2021. – № 3. – P. 86–96. (Web of Science)

6. Leoshchenko, S. Synthesis of a neural network model of industrial construction processes using an indicator system / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, V. Netrebko, Ye.

Gofman // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2021. – № 4. – P. 69–77. (Web of Science)

7. Subbotin, S.A. Neuromodeling of operational processes / [S.A. Subbotin, H.V. Pukhalska, S.D. Leoshchenko, A.O. Oliinyk, Ye. O. Gofman] // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2022. – № 1. – P. 120-129. (Web of Science)

8. Leoshchenko, S. Neural network diagnostics of aircraft parts based on the results of operational processes / [S. Leoshchenko, H. Pukhalska, S. Subbotin, A. Oliinyk, Ye. Gofman] // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2022. – № 2. – P. 69-79. (Web of Science)

які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Leoshchenko, S. Method of Artificial Neural Network Synthesis for Using in Integrated CAD / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, S. Shylo, V. Shkarupylo // The experience of Designing and Application of CAD systems (CADSM): 15th International Conference CADSM'2019, Polyana (Svalyava), 26 February – 2 March 2019 : proceedings of the conference. – Lviv : Lviv Polytechnic National University, 2019. – P. 24-29. (Scopus)

10. Leoshchenko, S. Modification of the genetic method for neuroevolution synthesis of neural network models for medical diagnosis / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, N. Gorobii, V. Shkarupylo [Electronic resource] // Proceedings of the Second International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2019), Zaporizhzhia, Ukraine, April 15-19, 2019. – P. 143-158. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2353). – Access mode: <http://ceur-ws.org/Vol-2353/paper12.pdf> . (Scopus)

11. Leoshchenko, S. Parallel genetic method for the synthesis of recurrent neural networks for using in medicine / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Skrupsky, S. Subbotin, V. Lytvyn [Electronic resource] // Proceedings of the Second International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2019), Zaporizhzhia, Ukraine, April 15-19, 2019. – P. 1-17. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2353). – Access mode: <http://ceur-ws.org/Vol-2353/paper1.pdf> . (Scopus)

12. Leoshchenko, S. Parallel Method of Neural Network Synthesis Based on a Modified Genetic Algorithm Application / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Skrupsky, S. Subbotin, T. Zaiko [Electronic resource] // Proceedings of the Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science (MoML&T&DS-2019), Shatsk, Ukraine, 2-4 June 2019. – P. 11-23. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2386). – Access mode: <http://ceur-ws.org/Vol-2386/paper2.pdf>. (Scopus)

13. Leoshchenko, S. A. Implementation of Selective Pressure Mechanism to Optimize Memory Consumption in the Synthesis of Neuromodels for Medical Diagnostics / S. Leoshchenko,

A. Oliinyk, S. Subbotin, T. Zaiko, N. Gorobii // Proceedings of the 2nd International Workshop on Informatics and Data-Driven Medicine IDDM 2019, Lviv, 11–13 November 2019 : proceedings of the workshop. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2019. – P. 109–120. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2488). (Scopus)

14. Leoshchenko, S. Smart crossover mechanism for parallel neuroevolution method of medical diagnostic models synthesis / S. Leoshchenko, S. Subbotin, A. Oliinyk, V. Lytvyn, M. Ilyashenko [Electronic resource] // Proceedings of the Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020), Zaporizhzhia, Ukraine, April 27-May 1, 2020. – P. 57-69. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2608). – Access mode: <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper5.pdf> (Scopus)

15. Using neuromodels for evaluating and determining productivity of technical processes / S. Leoshchenko, O. Nazarenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, T. Zaiko, V. Donenko // Proceedings of the International Conference "Problems of Infocommunications. Science and Technology" (PIC S&T 2020), Kyiv, Ukraine, 6-9 October 2020 : proceedings of the conference. – Kharkiv : Kharkiv National University of Radio Electronics, 2020. - P.442-446 DOI: 10.1109/PICST51311.2020.9468053 (Scopus)

16. Implementation of swarm procedures for parallelization neuroevolution methods / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, Y. Gofman, V. Lytvyn // Proceedings of the 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COIA 2020), Baku, Azerbaijan, 26-28 August 2020 : proceedings of the conference. – Baku : Baku State University, 2020. – P. 221-224. (Web of Science)

17. Leoshchenko, S. Adaptive Mechanisms for Parallelization of the Genetic Method of Neural Network Synthesis / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin // Proceedings of the 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT 2020), Deggendorf, Germany, 16-18 September 2020 : proceedings of the conference. – Ternopil : West Ukrainian National University, 2020. – P. 446-450. (Scopus)

18. Sequencing for encoding in neuroevolutionary synthesis of neural network models for medical diagnosis / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, T. Zaiko, S. Shylo, V. Lytvyn // Proceedings of the 3rd International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM 2020), Växjö, Sweden, 19-21 October 2020 : proceedings of the conference. – Lviv : Lviv Polytechnic National University, 2020. (Scopus)

19. Leoshchenko, S. Using the Actor-Critic method for population diversity in neuroevolutionary synthesis / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, V. Shkarupylo // Proceedings of the 2nd International Workshop on Intelligent Information Technologies and

Systems of Information Security (IntelITSIS'2021), Khmelnytskyi, Ukraine, 24-26 March 2021- P. 99–107. (Scopus)

20. Leoshchenko, S. Implementation of Probabilistic Data Structures in the Processes of Neuroevolutionary Synthesis / S. Leoshchenko, S. Subbotin, A. Oliinyk, V. Lytvyn, O. Korniienko [Electronic resource] //Proceedings of The Fourth International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2021), Zaporizhzhia, Ukraine, April 27 2021. – P. 59-72. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2864). (Scopus)

21. Leoshchenko, S. Implementation of reinforcement learning strategies in the synthesis of neuromodels to solve medical diagnostics tasks / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, V. Lytvyn, O. Korniienko // Proceedings of The Fourth International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM-2021), Valencia, Spain, November 19-21 2021. – P. 34-43. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 3038). (Scopus)

22. Leoshchenko, S. Mechanisms of fine tuning of neuroevolutionary synthesis of artificial neural networks / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, M. Zaiko [Electronic resource] //Proceedings of The Fourth IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT-2021), Lviv, Ukraine, September 21-25 2021. – P. 122-127. (Scopus)

23. Leoshchenko, S. Neuroevolutionary mechanisms in the synthesis of spiking neural networks / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, M. Ilyashenko, A. Borovikova // Proceedings of The Fifth International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems CMIS-2022), Zaporizhzhia, Ukraine, May 12 2022. – P. 88-97. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 3137). (Scopus)

які додатково відображають наукові результати дисертації:

24. Методи та засоби оброблення великих даних в системах діагностування та розпізнавання образів : монографія / [С. О. Субботін, А. О. Олійник, В. М. Льовкін, Т. О. Колпакова, М. Ю. Пришляк, С. Д. Леощенко, О. В. Корнієнко, Д. А. Каврін, Є. О. Гофман, О. Ю. Благодарьов] ; під заг. ред. С. О. Субботіна, А. О. Олійника. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 228 с.

25. Leoshchenko, S. Using recurrent neural networks for data-centric business / S. Leoshchenko, A. Oliinyk, S. Subbotin, T. Zaiko // Data-Centric Business and Applications - Evolvments in Business Information Processing and Management // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. – Cham, Switzerland: Springer, 2020. – P. 73-91.

Співавтори з особистим внеском Леощенка С.Д. згодні.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертаційна робота є завершеним і цілісним дослідженням, її матеріал є досить добре структурованим і логічно викладеним. Роботу написано коректно з використанням сучасної науково-технічної термінології. Оформлення дисертації відповідає встановленим вимогам до докторських дисертацій згідно «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а також вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Застосована в роботі наукова термінологія є загально визнаною, стиль викладення наукових положень, результатів роботи та висновків логічний, обґрунтований та забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на міжнародних конференціях і семінарах: 15th International Conference «The experience of Designing and Application of CAD systems (CADSM)», Polyana (Svalyava), 26 February – 2 March 2019; 2nd International Workshop on «Computer Modeling and Intelligent System»s (CMIS-2019), Zaporizhzhia, Ukraine, April 15-19, 2019; Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science (MoML&T&DS-2019), Shatsk, Ukraine, 2-4 June 2019; 2nd International Workshop “Informatics and Data-Driven Medicine (IDDM 2019)”, 11–13 November 2019 (Lviv); 3rd International Workshop on «Computer Modeling and Intelligent Systems» (CMIS-2020), Zaporizhzhia, Ukraine, 27 April – May 1, 2020; International Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PIC S&T 2020); 7th International Conference on «Control and Optimization with Industrial Applications» (COIA 2020), Baku, Azerbaijan, 26-28 August 2020; 10th International Conference on «Advanced Computer Information Technologies» (ACIT 2020), Deggendorf, Germany, 16-18 September 2020; 3rd International Conference on «Informatics & Data-Driven Medicine» (IDDM 2020), Växjö, Sweden, 19-21 October 2020; 2nd International Workshop on «Intelligent Information Technologies and Systems of Information Security» (IntelITSIS'2021), Khmelnytskyi, 24-26 March 2021; 4th International Workshop on «Computer Modeling and Intelligent Systems» (CMIS-2021), Zaporizhzhia, Ukraine, April 27 2021; 4th «International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine» (IDDM-2021), Valencia, Spain, 19-21 November 2021; 4th IEEE International Conference on «Advanced Information and Communication Technologies» (AICT-2021), Lviv, Ukraine, 21-25 September 2021; 5th International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems CMIS-2022), Zaporizhzhia, Ukraine, 12 May 2022.

УХВАЛИЛИ: з урахуванням зазначеного, на розширеному засіданні кафедри програмних засобів НУ «Запорізька політехніка».

Дисертація Сергія ЛЕОЩЕНКА «Методи синтезу рекурентних нейромережових моделей для діагностування» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано важливу науково-прикладну проблему розроблення та дослідження методів синтезу діагностичних моделей, які поєднують принципи інтелектуальних та паралельних обчислень, що має важливе значення для галузі ІТ Інформаційні технології.

У 30 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 8 статей у наукових фахових виданнях України; 8 статей у виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз.

Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44).

З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Сергія ЛЕОЩЕНКА дисертація «Методи синтезу рекурентних нейромережових моделей для діагностування» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

Присутні на розширеному засіданні кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка» подають вченій раді закладу пропозицію щодо кандидатур до складу разової ради для розгляду та захисту дисертаційної роботи Сергія ЛЕОЩЕНКА у такому складі:

1. ПОЛЯКОВ Михайло Олексійович, д.т.н., професор, професор кафедри електричні та електронні апарати Національного університету «Запорізька політехніка» – голова ради;
2. ШАХОВСЬКА Наталія Богданівна, д.т.н., професор, завідувач кафедри систем штучного інтелекту Національного університету «Львівська політехніка» – опонент;
3. БЕРЕЗЬКИЙ Олег Миколайович, д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії Західноукраїнського національного університету – опонент;
4. СТЕПАНЕНКО Олександр Олексійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка» – рецензент;
5. ФЕДОРОНЧАК Тетяна Василівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка» – рецензент.

Результати голосування: за рекомендацію дисертації Сергія Дмитровича Леошенка «Методи синтезу рекурентних нейромережкових моделей для діагностування» до захисту – 29, проти – 0, утримались – 0.

Головуючий на засіданні,
доктор технічних наук, професор



Михайло ПОЛЯКОВ

Секретар,
доцент кафедри програмних засобів,
кандидат технічних наук, доцент



Тетяна ЗАЙКО