Висновок
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Моделі і методи прийняття рішень при створенні клінічних діагностичних систем»
здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки
(галузь знань 12 – Інформаційні технології)

Актуальність теми дисертації. Машинне навчання успішно застосовується в сучасному світі для вирішення широкого класу задач обробки даних, зокрема і для задач опрацювання медичних даних. Важливою складовою машинного навчання є оптимізація. В медицині методи машинного навчання успішно застосовуються для вирішення широкого класу задач, зокрема не лише з метою аналізу даних об'єктивного обстеження та аналізів, в тому числі виконаних з допомогою медичного обладнання (наприклад, МРТ, КТ, ЕКГ, ЕЕГ), та моніторингу стану пацієнта, а й прогнозування та діагностики захворювань. При цьому використовуються різні методи машинного навчання як із вчителем, так і без вчителя.

У процесі постановки та розв'язування задач машинного навчання при опрацюванні медичних даних сучасними медичними засобами та формуванні діагностичних висновків і рекомендацій щодо лікування часто виникають невизначеності. Тому аналіз, побудова та удосконалення моделей класичного, глибокого та наукового машинного навчання, що описують перебіг захворювань та патологічні процеси з врахуванням невизначеності (епістемічної та алеаторної), є важливим науковим завданням.

Можна підсумувати, що розвиток методів класичного, глибокого та наукового машинного навчання в умовах невизначеності із використанням мінімаксного підходу, що полягає у розробці та реалізації загальної схеми побудови моделі машинного навчання на основі системних медичних досліджень є актуальним завданням, особливо в сучасних умовах розвитку інформаційних технологій в медицині та телемедицині.

Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри. Дисертація виконана на кафедрі кібербезпеки у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

Дисертаційне дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського, зокрема наукової теми «Кібер-фізичне моделювання в дослідженнях медико-біологічних процесів», номер держреєстрації №0119U000509.

Також дисертаційне дослідження виконане в межах програми Європейського Союзу «Еразмус +» для освіти в рамках гранту KA2 (проєкт № 2020-1-PL01-KA203-082197 «Інновації для великих даних у реальному світі»).

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів. Усі наукові результати дисертаційної роботи сформульовані та отримані автором самостійно. Зокрема:

- Здійснено постановку задач класичного і глибокого машинного навчання в умовах епістемічної і алеаторної невизначеностей, запропоновано метод їх розв'язування на основі мінімаксного критерію. Розроблений алгоритм побудови моделі протестовано на класах розподілів навчальних та тестових даних на множині методів машинного навчання.

- Розроблено метод зменшення розмірності даних із втратою найменшої кількості інформації на основі методу головних компонент (МГК) в умовах алеаторної невизначеності, що дає можливість враховувати лише найбільш важливі атрибути на множині стратегій передискретизації, що розглядаються.

- Запропоновано метод наукового машинного навчання для розв'язування задачі класифікації кібер-фізичних біосенсорних систем.

- Отримали подальший розвиток методи машинного навчання на основі хмарних обчислень. Це дало змогу реалізувати прототип програми для розв'язування задач машинного навчання на віддалених платформах на основі даних електронних медичних записів з підтримкою технології Big Data для приросту даних.

- Запропоновано концептуальне представлення моделі для прийняття рішень у системних медичних дослідженнях на основі архітектури мікросервісів, для використання при проблемах профілактики, діагностики, лікування, та впровадження у шпитальні та лабораторні інформаційні системи на хмарних платформах. Це дає змогу в запропонованому підході підтримувати технологію Big Data.

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій.

Основні наукові результати дисертаційної роботи є обґрунтованими, наукові положення, висновки і рекомендації ґрунтуються на аналізі отриманих результатів та використанні наукових підходів. Використані методи системного та порівняльного аналізу, методи прийняття рішень, методи класичного та глибокого машинного навчання, що обґрунтовані у тексті дисертації. Розроблені в дисертації рішення мають наукову новизну та практичне значення. Зроблені висновки та рекомендації належним чином обґрунтовані та вирішують поставлені задачі досліджень. У ході розв'язання задач дослідження розроблено програмне та математичне забезпечення, пов'язане із прийняттям рішень в системних медичних дослідженнях, а саме: реалізація алгоритмів машинного навчання на основі хмарних обчислень, розробка методів на основі мінімаксного підходу до розв'язування задач класичного та глибокого машинного навчання, розвиток методів наукового машинного навчання в кібер-фізичних системах медико-біологічних процесів.

Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру.

Вперше здійснено постановку задач класичного і глибокого машинного навчання в умовах епістемічної і алеаторної невизначеностей, запропоновано

метод розв'язування на основі мінімаксного критерію. Це дозволило розробити алгоритм побудови моделі на класах розподілів навчальних та тестових даних на множині методів машинного навчання.

Вперше на основі методу головних компонент (МГК) в умовах алеаторної невизначеності розроблено метод зменшення розмірності даних із втратою найменшої кількості інформації, який дозволяє на множині стратегій передискретизації враховувати лише атрибути з найбільшими значеннями поясненої варіації.

Методи наукового машинного навчання отримали розвиток, що полягає у розв'язуванні задачі класифікації кібер-фізичних біосенсорних систем. Це дало можливість розробити алгоритм якісного аналізу динамічних моделей медико-біологічних процесів. Такий підхід дозволяє прогнозувати можливі стани кібер-фізичної біосенсорної системи, кількість яких здатна зростати у випадку технології Big Data.

Подано метод розв'язування задач машинного навчання у вигляді прототипу програми на віддалених платформах на основі даних електронних медичних записів з підтримкою технології Big Data для приросту даних, що удосконалює математичне і програмне забезпечення у системних медичних дослідженнях.

Удосконалено методи розробки архітектури інформаційних систем прийняття рішень на основі мікросервісів, що дало можливість отримати концептуальне представлення моделі прийняття рішень у системних медичних дослідженнях на основі архітектури мікросервісів для використання при проблемах профілактики, діагностики, лікування, та впровадження у шпитальні та лабораторні інформаційні системи на хмарних платформах

Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації:

1. Мілян Н.В. Марценюк В. П. Approach to Solving Machine Learning Problems Integrated with Data of the Systems with Open Code of Electronic Medical Records. Вісник ТНТУ. Т. : ТНТУ, 2019. Том 95. № 3. С. 105–116. ISSN 2522-4433 (Автором розв'язано задачу класичного машинного навчання інтегрованих з даними з систем з відкритим кодом електронних медичних записів).
2. Martsenyuk V., Milian N., Milian R. The minimax approach application for segmentation of retinal vessels. New York. TK Meganom LLC. Innovative Solutions in Modern Science. 7(43). 2020. P. 207-217. ISSN 2414-634X (Здобувачем розв'язано задачу глибокого машинного навчання із застосуванням критерію мінімаксу для бінарної крос-ентропії та часу навчання).
3. Марценюк В.П., Андрущак І.Є., Мілян Н.В. Мінімаксний підхід в машинному навчанні: сучасний стан та перспективи розвитку. "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво"Луцьк, 2021. Випуск № 42, С. 164-171. ISSN 2524-0552 (Частка всіх авторів однакова).

Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо:

4. Martsenyuk V., Mayhruk Z., Karpinski M., Milian N., Andrushchak I., Veselska O., "On implementation of decision tree induction in cloud platforms" 2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET), Dubai, United Arab Emirates, 2019, P. 1-6, doi: 10.1109/ICASET.2019.8714450. ISBN: 978-1-5386-8271-5. (Частка всіх авторів однакова).
5. Milyan N., Martsenyuk V. On application of cloud platforms for implementation of decision-making algorithms. Przetwarzanie, transmisja i bezpieczeństwo informacji . Bielsko – Biała, 2018. Tom 2. P. 143-153. ISBN: 978-83-65182-92-0, ISBN: 978-83-65182-94-4 (Tom 2) (Здобувачем проаналізовано можливості хмарних платформ для реалізації алгоритмів дерева рішень).
6. Milyan N., Andrushchak I., Sverstiuk A, Martsenyuk V. Microservices Architecture of One Solution for Emergency. Przetwarzanie, transmisja i bezpieczeństwo informacji . Bielsko – Biała, 2019. Tom 2. P. 15-25. ISBN: 978-83-66249-23-3, ISBN: 978-83-66249-25-7 (Tom 2) (Автром запропоновано рішення для екстреної медицини на основі архітектури мікросервісів).
7. Марценюк В., Мілян Н. Аналіз платформи Google Cloud Platform. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конф-ції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 1 – 2 лютого 2018 р.). Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. С. 73 – 74. (Частка всіх авторів однакова).
8. Марценюк В., Мілян Н. Роль і місце хмарних обчислень серед сучасних інформаційних технологій. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 100-річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100-річчя з дня смерті), (Тернопіль, 23–24 травня 2018 року). Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. С. 219 – 221. ISBN: 978-966-305-093-5. (Здобувачем розглянуто роль і місце хмарних обчислень серед сучасних інформаційних технологій).
9. Марценюк В., Мілян Н. Використання алгоритмів індукції дерева рішень для аналізу великих обсягів даних. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.). М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ТНТУ, 2018. С. 114 – 116. (Автором охарактеризовано алгоритм індукції дерева рішень для аналізу великих обсягів даних).
10. Мілян Н. Аналіз методів машинного навчання з вчителем. Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 26-27 квітня 2018 року. Т. : ТНТУ, 2018. Том 1. С. 51–52. (Частка всіх авторів однакова).
11. Спосіб кіберфізичного моделювання сенсорного масиву біопікселів. Патент України на корисну модель №139048 МПК G01N33/483 / Н.В. Мілян, В.П. Марценюк, А.С. Сверстюк, А.М. Клос-Вітковська. Заявка № u201901590. Заявл. 18.02.2019. Опубл. 26.12.2019. Бюл.№ 24. (Здобувачем запропоновано

метод розв'язування задачі класифікації кіберфізичих систем медико-біологічних процесів).

В опублікованих працях достатньо повно розкрито основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виконані здобувачем особисто.

Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати полягає у: застосуванні мінімаксного підходу для вибору моделей класичного і глибокого машинного навчання в умовах епістемічної та алеаторної невизначеностей; розробленому методі зменшення розмірності даних із втратою найменшої кількості інформації на основі аналізу головних компонент (МГК); запропонованому методі розв'язування задачі класифікації кібер-фізичних біосенсорних систем; реалізованому прототипі програми до розв'язування задач машинного навчання на віддалених платформах на основі даних електронних медичних записів з підтримкою технології Big Data для приросту даних; отриманому концептуальному представленні моделі для прийняття рішень у системних медичних дослідженнях на основі архітектури мікросервісів. Окремі результати роботи використано при проведенні лабораторних занять з дисциплін «Інтелектуальний аналіз даних» (освітній рівень - бакалавр) та «Методи та системи підтримки прийняття рішень» (освітній рівень - магістр) для студентів спеціальності 125 «Кібербезпека» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

В роботі отримані нові наукові та практичні результати:

Вперше реалізовано метод розв'язування задач класичного та глибокого машинного навчання на основі мінімаксного критерію в умовах епістемічної і алеаторної невизначеностей. Це дозволило розробити алгоритм побудови моделі на класах розподілів навчальних та тестових даних на множині методів машинного навчання. Розроблений алгоритм може бути використаним у проблемах профілактики, діагностики та лікування, та впровадженим у шпитальні та лабораторні інформаційні системи.

Для зменшення розмірності даних із втратою найменшої кількості інформації при розв'язуванні задач машинного навчання в умовах алеаторної невизначеності запропоновано модифікований метод головних компонент.

Запропоновано підхід до прогнозування можливих станів кібер-фізичних біосенсорних систем, кількість яких здатна зростати у випадку технології Big Data. Підхід базується на методі розв'язування задачі класифікації кібер-фізичних біосенсорних систем, що дало можливість розробити алгоритм якісного аналізу динамічних моделей медико-біологічних процесів.

Розроблено прототип програми на віддалених платформах на основі даних електронних медичних записів з підтримкою технології Big Data для приросту даних.

Запропоноване концептуальне представлення моделі прийняття рішень у системних медичних дослідженнях на основі архітектури мікросервісів для впровадження у шпитальні та лабораторні інформаційні системи на хмарних платформах.

Результати роботи впроваджено у навчальний процес Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (акт впровадження від 10.02.2021 р.) та Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського (акти впровадження від 4.02.2021 р.).

Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення. Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Текст дисертації характеризується науковим стилем викладення, робота виконана на високому теоретичному рівні, є оригінальним, завершеним науковим дослідженням.

Дисертація за структурою та стилем викладення відповідає вимогам Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167.

Висновок

Дисертація Міляна Назара Васильовича на тему «Моделі і методи прийняття рішень при створенні клінічних діагностичних систем», що подана у вигляді підготовленої кваліфікаційної наукової праці на правах рукопису є завершеним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальне наукове завдання, що полягає у розвитку методів класичного, глибокого та наукового машинного навчання, має наукову новизну та практичне значення, містить нові наукові положення та важливі результати проведених здобувачем досліджень в сфері інформаційних технологій та комп'ютерних наук зокрема.

Результати досліджень підтверджуються матеріалами, опублікованими у 11 наукових працях, зокрема: дві статті у наукових фахових періодичних виданнях України; одна стаття у закордонному фаховому періодичному виданні; отримано один патент на корисну модель; 7 публікацій у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових, науково-технічних конференцій. З них одна робота входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, дві роботи входять до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus. Крім того, наявні акти впровадження у навчальний процес.

Дисертація, що виконана здобувачем, відповідає освітньо-науковій програмі підготовки докторів філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки, вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії , затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167.

За змістом, обсягом та отриманими результатами дисертаційна робота Міляна Назара Васильовича «Моделі і методи прийняття рішень при створенні клінічних діагностичних систем» є завершеним науковим дослідженням у якому коректно сформульовані та успішно розв'язані поставлені задачі. Робота відповідає вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття

наукового ступеня доктора філософії, рекомендується до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензенти:

Професор кафедри
комп'ютерних наук, д.т.н. Ярослав ЛИТВИНЕНКО

Завідувач кафедри кібербезпеки
к.т.н., доцент Наталія ЗАГОРОДНА

Підписи рецензентів д.т.н., професора Ярослава Литвиненка та к.т.н., доцента Наталії Загородної засвідчую:

Проректор з наукової роботи Тернопільського
національного технічного університету
імені Івана Пулюя, д.т.н., професор Павло МАРУЩАК