

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
професору Олені ТОЛСТОЛУЗЬКІЙ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

Рецензія

офіційного рецензента, професора кафедри гігієни і соціальної медицини медичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, доктора фізико-математичних наук, професора Мартиненка Олександра Віталійовича на дисертаційну роботу Донця Володимира Віталійовича «Методи й моделі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу на основі мультиагентного підходу», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Предметом дослідження роботи були обрані математичні методи й моделі стратифікації даних щодо елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу. Такі системи потребують розширення використання технологій Інтернету речей, обробки великих обсягів різномірних даних і залучення обмеженої кількості фахівців для аналізу цих даних. Крім того, ці системи стикаються з проблемами високої складності та вартості розробки, впровадження та підтримки, а також з недостатнім розумінням медичними працівниками даних, що вони генерують.

Дослідження в цій сфері є важливим для ефективного застосування методів машинного навчання в аналізі та класифікації медичних даних. Воно може допомогти автоматизувати процес діагностики, підвищуючи точність і швидкість прийняття

медичних рішень. Крім того, це сприяє впровадженню систем для оптимального планування лікування та покращенню якості медичних послуг. Стратифікація даних включає багатоетапний процес визначення можливих станів, їх класифікацію та аналіз впливу різних змінних. Необхідність аналізу великих обсягів медичних даних за участі обмеженої кількості фахівців та складність розробки та розуміння комп'ютерних систем медичного моніторингу підкреслює потребу в розробці математичних методів та моделей для вирішення цих проблем. Це підтверджує актуальність проведення дисертаційного дослідження.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і одного додатку. Загальний обсяг дисертації становить 153 сторінки: у тому числі анотації на 10 сторінках, зміст на 2 сторінках, основний текст на 129 сторінках, список використаних джерел із 112 найменувань на 15 сторінках та один додаток на 5 сторінках. Робота містить 14 таблиць, 37 рисунків, з яких 1 на окремій 1 сторінці.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету і основні задачі, об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, визначено наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результаті, описано методи, які були використані у дослідженнях і зазначено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проаналізовано методи й моделі машинного навчання, що застосовуються в комп'ютерних системах медичного моніторингу. Були виявлені проблеми та особливості притаманні комп'ютерним системам медичного моніторингу, що дозволило поставити задачу й завдання дослідження. Також була запропонована концептуальна модель методу стратифікації на основі мультиагентного підходу, що є поєднанням методу кластеризації даних, їх класифікації та визначення інформативності змінних. Це все було показано в діаграмі реалізації комп'ютерної системи медичного моніторингу з підтримкою прийняття рішень та виділеною підсистемою стратифікації.

У **другому розділі** було розглянуто розробку методів стратифікації. Удосконалений мультиагентний метод нечіткої кластеризації, що використовувався для розбиття даних комп'ютерних систем медичного моніторингу. Удосконалений метод класифікації на основі штучної нейронної мережі, завдяки використанню методів прискореного навчання та підбору гіперпараметрів. Також удосконалені методи визначення загальної та поточної інформативності шляхом використання градієнтів сигналів, що поширюються в штучній нейронній мережі та використання методу інтегрованих градієнтів.

У **третьому розділі** були розглянуті програмні засоби реалізації методів і моделей стратифікації на основі мультиагентного підходу. Програмне забезпечення було розглянуте з точки зору трьох основних компонент як то мова програмування, підтримувані бібліотеки математичних обчислень та середа розробки, що дозволило визначити найбільш придатну мову програмування для реалізації Python, та відповідні бібліотеки з середовищем розробки. Також у розділі були розглянуті набори даних для тестування розроблених методів та їх поєднання, що включають класичні набори даних, та специфічні медичні набори. В кінці розділу представлений метод верифікації розробленого програмного забезпечення.

У **четвертому розділі** були показані результати перевірки розроблених методів на тестових даних та даних медичного моніторингу, були перевірені методи окремо, а також в комплексі. Також показані результати розширення функціоналу розроблених методів до систем економічного моніторингу.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. № 44), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри теоретичної і прикладної системотехніки факультету комп'ютерних наук Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Дисертація виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт «Моделювання інформаційних процесів у складних і розподілених системах» за 2021 – 2023 рр. (ДР № 0121U109183).

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено коректним використанням принципів та методів системного аналізу, мультиагентного підходу, а також застосуванням імітаційного та математичного моделювання, теорії математичної статистики, теорії множин, теорії ймовірностей, теорії графів, лінійну алгебру, методи математичної оптимізації, диференціального аналізу, теорії штучних нейронних мереж.

Достовірність і обґрунтованість отриманих результатів забезпечується апробацією на 3 міжнародних наукових конференціях.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць, серед яких: 3 публікації у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science; 2 публікації у

наукових виданнях, включених на дату опублікування до фахових видань України; 4 праці – у матеріалах і тезах конференцій.

Дисертант отримав наступні наукові результати.

1. *Вперше* розроблено модель комп'ютерної системи медичного моніторингу, особливістю якої є застосування та організація взаємодії методів стратифікації для вирішення проблеми кластеризації даних, класифікації станів пацієнтів та визначення інформативності змінних цього стану, що в сукупності забезпечує підвищення точності стратифікації даних в комп'ютерній системі медичного моніторингу.

2. *Удосконалено* мультиагентний метод нечіткої кластеризації, що відрізняється поєднанням нечіткої кластеризації *c-means* із мультиагентним відбором еліт, що дає можливість виконати модифікацію визначення щільності та роздільності отримуваних кластерів і як наслідок підвищити точність виділення станів пацієнтів в комп'ютерній системі медичного моніторингу.

3. *Удосконалено* метод класифікації станів пацієнтів повнозв'язною штучною нейронною мережею за допомогою поєднання процедур прискореного навчання та підбору гіперпараметрів моделі штучній нейронній мережі. Це дозволило ефективно оптимізувати ваги та архітектуру моделей штучній нейронній мережі для вирішення задачі класифікації станів по відповідним змінним.

4. *Удосконалено* методи визначення загальної інформативності змінних щодо стану пацієнтів комп'ютерної системи медичного моніторингу за рахунок виділення зв'язку між входами і виходами через поширення градієнтів в штучній нейронній мережі, а також поточної інформативності шляхом перетворення вагових показників методу інтегрованих градієнтів, що створює умови для виявлення найбільш впливових керованих і некерованих змінних стану й оцінки впливу виявлених змінних на конкретне прийняте рішення та дає можливість пояснити причини прийнятого медичного рішення.

5. *Дістав подальшого розвитку* метод верифікації програмного забезпечення стратифікації даних щодо елементів комп'ютерної системи медичного моніторингу, що відрізняється від існуючих виконанням комплексної перевірки як програмної реалізації, так і точності роботи розроблених методів і моделей, що дає можливість скоротити строки розробки програмного забезпечення.

6. Практичне значення одержаних результатів.

Отримані результати підтверджують можливість практичного використання запропонованої комп'ютерної системи медичного моніторингу із виділеною підсистемою стратифікації елементів. Обґрунтована можливість точного виділення можливих станів в наборі даних спостережень за допомогою розробленого мультиагентного методу нечіткої кластеризації. Показано, що застосування методу прискореного навчання і пошуку оптимального набору гіперпараметрів дозволяє автоматично налаштовувати моделі ШНМ необхідного об'єму задля забезпечення якісного й швидкого навчання для вирішення поставленої задачі. Показано, що розроблений метод визначення загальної інформативності дозволяє точно визначати впливи змінних на виходи навченої моделі ШНМ. Також показано, що модифікований метод інтегрованих градієнтів для визначення поточної інформативності дозволяє точно визначати впливи конкретних змінних на конкретні результати роботи навченої моделі ШНМ тим самим обґрунтовуючи результати її роботи.

7. Дотримання академічної доброчесності.

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Поруч з цим існують певні зауваження:

1. Другий розділ дисертаційного дослідження «Розробка методів стратифікації» містить опис існуючих методів, але не надає глибокого критичного аналізу їх обмежень та областей застосування. Варто було б провести детальний аналіз кожного методу, включаючи їх недоліки, обмеження та можливі проблеми при впровадженні. Наприклад, для методів нечіткої кластеризації слід детально розглянути проблеми з високою обчислювальною складністю та стійкістю до шуму. Для ШНМ – розглянути обмеження щодо великих обсягів даних і потребу в великих обчислювальних ресурсах. Додати порівняльні таблиці або графіки для візуалізації цих аспектів.

2. У другому розділі, де представлено мультиагентний метод нечіткої кластеризації (пункт 2.2.3), визначені чотири метрики для вимірювання відстані між елементами та центрами кластерів: Мангеттенська відстань, відстань Махаланобіса, відстань Махаланобіса з оберненою функцією приналежності та відстань Кульбака-Лейблера. Проте, вибір цих метрик не обґрунтований належним чином. Відсутні аргументи, чому саме ці метрики були обрані, і як вони впливають на результативність кластеризації в контексті медичних даних. Варто було б додати порівняльний аналіз різних метрик відстаней, включаючи не лише обрані, але й інші, широко використовувані в літературі. Такий аналіз дозволить краще зрозуміти, які метрики найбільш ефективні для кластеризації саме медичних даних, враховуючи їх специфіку та вимоги до точності.

3. В третьому розділі для наборів даних для тестування та налаштування використовуються наступні набори: набір даних ірисів Фішера, набір даних ідентифікації скла UCI, набір даних типів вина UCI та набір даних діагностики раку молочної залози Вісконсину. Використання стандартних наборів даних (перші три з перелічених) для налаштування та тестування методів стратифікації та класифікації у контексті медичних систем може бути недоцільним. Варто було б використовувати набори даних, які відповідають реальним умовам роботи медичних систем, наприклад, MIMIC-III (The Medical Information Mart for Intensive Care III), який є великим відкритим набором даних, що містить інформацію про пацієнтів, які перебували у відділеннях інтенсивної терапії медичного центру Beth Israel Deaconess Medical Center. Набір містить детальні дані про демографічні показники, лікарські

рецепти, лабораторні результати, життєво важливі показники, записи з моніторів та багато інших параметрів. Конкурси CinC (Computing in Cardiology) пропонують набори даних для різних задач у галузі кардіології. Ці набори даних містять реальні медичні сигнали та дані про пацієнтів.

4. Дані клієнтів оптового дистриб'ютора та економічного розвитку країн, що використовуються в пункті 3.2.6, не мають жодного зв'язку з медичними даними, для яких розроблені методи стратифікації. Використання цих даних не дозволяє адекватно оцінити ефективність методів у реальних умовах медичних систем.

5. Розроблені методи стратифікації, кластеризації та класифікації в дисертації не враховують стійкість до шуму в даних. Медичні дані часто містять шум, який може впливати на точність і надійність алгоритмів. Відсутність аналізу стійкості до шуму може призвести до недооцінки реальної ефективності розроблених методів у практичних умовах. Додавання експериментального аналізу стійкості до шуму дозволить краще оцінити надійність розроблених методів у реальних умовах. Це допоможе зрозуміти, наскільки ефективними є методи при роботі з медичними даними, які часто містять шум, і чи потребують вони додаткових вдосконалень для підвищення стійкості. Такі покращення значно підвищують наукову та практичну цінність дисертаційної роботи.

6. Блок-схеми, наведені в дисертаційному дослідженні, англійською мовою та не надають достатньої деталізації кожного етапу алгоритму. Відсутні підетапи та детальні пояснення для основних процесів. Деталізація кожного кроку алгоритму допомагає краще зрозуміти сутність кожного етапу і спрощує реалізацію алгоритму на практиці.

Тим не менш, зазначені зауваження не знижують загальну високу наукову і практичну цінність дисертаційної роботи.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Донця Володимира Віталійовича «Методи й моделі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу на основі мультиагентного підходу», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на

належному науково-теоретичному рівні з логічно- та доступно-викладеним матеріалом.

У роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання, яке полягає в удосконаленні або розробці нових математичних моделей та обчислювальних методів стратифікації даних щодо елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу, що мало на меті підвищення точності діагностування стану пацієнтів.

Здобувач Донець Володимир Віталійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Офіційний рецензент,
професор кафедри гігієни і соціальної
медицини медичного факультету
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна,
доктор фізико-математичних наук,
професор

Олександр МАРТИНЕНКО

Документ: рецензія_Мартиненко_ОВ.pdf

Розмір документа: 111450 Байт

Геш значення документа:

2007d0cad3f346e9bd2ba22167c56ef228cdfa3cd5a862ffe20e614a46019dd1

Кількість підписів: 1

Інформація про КЕП №" 1

Повне ім'я власника: МАРТИНЕНКО ОЛЕКСАНДР ВІТАЛІЙОВИЧ

Ідентифікаційний номер: 2241800976

Організація: ФІЗИЧНА ОСОБА

Область: Харківська область

Місто: Харків

Результат перевірки КЕПв: Підпис вірний

Час формування КЕП: 05.08.2024 11:46

Тип позначки часу: з підписом АЦСК

Час перевірки КЕП: 05.08.2024 10:46

Статус перевірки сертифікату: Сертифікат діє

СЕРТИФІКАТ КЕП

Термін дії: з 08.06.2024 11:58 до 08.06.2025 01:00

Час підпису: 05.08.2024 12:46 [час з підписом АЦСК]

Повне ім'я: МАРТИНЕНКО ОЛЕКСАНДР ВІТАЛІЙОВИЧ

РНОКПП: 2241800976

Організація: ФІЗИЧНА ОСОБА

Місто: Харків

SN: 3334C837D437AB135E7210371B7EB1CD0E70B250

ВИДАВЕЦЬ СЕРТИФІКАТУ

АЦСК: КНЕДП АБ "УКРГАЗБАНК"

Організація: АБ "УКРГАЗБАНК"

Місто: Київ

SN сертифіката видавця: UA-23697280-2110

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
професору Олені ТОЛСТОЛУЗЬКІЙ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

Рецензія

офіційного рецензента, в. о. завідувача кафедри теоретичної та прикладної інформатики факультету математики і інформатики, Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, кандидата технічних наук Меньяйлова Євгена Сергійовича на дисертаційну роботу Донця Володимира Віталійовича «Методи й моделі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу на основі мультиагентного підходу», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Предметом дослідження роботи були обрані математичні методи й моделі стратифікації даних щодо елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу. Комп'ютерним системам медичного моніторингу притаманні такі потреби, як розширення застосування технологій Internet of Thing, циркуляція великих об'ємів різнорідних даних та обмежена кількість спеціалістів для обробки й розуміння цих даних. Також таким системам притаманні проблеми високої складності та вартості розробки, впровадження та підтримки, а також недостатнє розуміння даних, що породжуються такими системами медичними працівниками. Комп'ютерні системи медичного моніторингу включають фізичні елементи (сенсори, датчики, комп'ютери) та програмні модулі для отримання нових даних.

Дослідження в цій галузі має велике значення для ефективного використання методів машинного навчання, тобто математичних методів і моделей в аналізі та класифікації медичних даних. Його результати можуть автоматизувати процес визначення станів пацієнтів, підвищуючи точність та швидкість у прийнятті медичних рішень. Крім того, це сприятиме впровадженню систем оптимального планування лікування та підвищенню якості медичного обслуговування. Стратифікація даних в таких системах означає багатоетапний процес визначення можливих станів, їх класифікацію та виявлення впливу змінних стану. Виявлені потреби аналізу великих об'ємів медичних даних із залученням обмеженого числа спеціалістів та існуючі проблеми складності розробки та розуміння даних комп'ютерних систем медичного моніторингу вказує на необхідність розробки математичних методів та моделей для вирішення цих проблем. Це все свідчить про актуальність проведення дисертаційного дослідження.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і одного додатку. Загальний обсяг дисертації становить 153 сторінки: у тому числі анотації на 10 сторінках, зміст на 2 сторінках, основний текст на 129 сторінках, список використаних джерел із 112 найменувань на 15 сторінках та один додаток на 5 сторінках. Робота містить 14 таблиць, 37 рисунків, з яких 1 на окремій 1 сторінці.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету і основні задачі, об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, визначено наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результаті, описано методи, які були використані у дослідженнях і зазначено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проаналізовано методи й моделі машинного навчання, що застосовуються в комп'ютерних системах медичного моніторингу. Були виявлені проблеми та особливості притаманні комп'ютерним системам медичного

моніторингу, що дозволило поставити задачу й завдання дослідження. Також була запропонована концептуальна модель методу стратифікації на основі мультиагентного підходу, що є поєднанням методу кластеризації даних, їх класифікації та визначення інформативності змінних. Це все було показано в діаграмі реалізації комп'ютерної системи медичного моніторингу з підтримкою прийняття рішень та виділеною підсистемою стратифікації.

У **другому розділі** було розглянуто розробку методів стратифікації. Удосконалений мультиагентний метод нечіткої кластеризації, що використовувався для розбиття даних комп'ютерних систем медичного моніторингу. Удосконалений метод класифікації на основі штучної нейронної мережі, завдяки використанню методів прискореного навчання та підбору гіперпараметрів. Також удосконалені методи визначення загальної та поточної інформативності шляхом використання градієнтів сигналів, що поширюються в штучній нейронній мережі та використання методу інтегрованих градієнтів.

У **третьому розділі** були розглянуті програмні засоби реалізації методів і моделей стратифікації на основі мультиагентного підходу. Програмне забезпечення було розглянуте з точки зору трьох основних компонент як то мова програмування, підтримувані бібліотеки математичних обчислень та середа розробки, що дозволило визначити найбільш придатну мову програмування для реалізації Python, та відповідні бібліотеки з середовищем розробки. Також у розділі були розглянуті набори даних для тестування розроблених методів та їх поєднання, що включають класичні набори даних, та специфічні медичні набори. В кінці розділу представлений метод верифікації розробленого програмного забезпечення.

У **четвертому розділі** були показані результати перевірки розроблених методів на тестових даних та даних медичного моніторингу, були перевірені методи окремо, а також в комплексі. Також показані результати розширення функціоналу розроблених методів до систем економічного моніторингу.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. № 44), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри теоретичної і прикладної системотехніки факультету комп'ютерних наук Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Дисертація виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт «Моделювання інформаційних процесів у складних і розподілених системах» за 2021 – 2023 рр. (ДР № 0121U109183).

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено коректним використанням принципів та методів системного аналізу, мультиагентного підходу, а також застосуванням імітаційного та математичного моделювання, теорії математичної статистики, теорії множин, теорії ймовірностей, теорії графів, лінійну алгебру, методи математичної оптимізації, диференціального аналізу, теорії штучних нейронних мереж.

Достовірність і обґрунтованість отриманих результатів забезпечується апробацією на 3 міжнародних наукових конференціях.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць, серед яких: 3 публікації у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science; 2 публікації у наукових виданнях, включених на дату опублікування до фахових видань України; 4 праці – у матеріалах і тезах конференцій.

Дисертант отримав наступні наукові результати.

1. *Вперше* розроблено модель комп'ютерної системи медичного моніторингу, особливістю якої є застосування та організація взаємодії методів стратифікації для вирішення проблеми кластеризації даних, класифікації станів пацієнтів та визначення інформативності змінних цього стану, що в сукупності забезпечує підвищення точності стратифікації даних в комп'ютерній системі медичного моніторингу.

2. *Удосконалено* мультиагентний метод нечіткої кластеризації, що відрізняється поєднанням нечіткої кластеризації c-means із мультиагентним відбором еліт, що дає можливість виконати модифікацію визначення щільності та роздільності отримуваних кластерів і як наслідок підвищити точність виділення станів пацієнтів в комп'ютерній системі медичного моніторингу.

3. *Удосконалено* метод класифікації станів пацієнтів повнозв'язною штучною нейронною мережею за допомогою поєднання процедур прискореного навчання та підбору гіперпараметрів моделі штучній нейронній мережі. Це дозволило ефективно оптимізувати ваги та архітектуру моделей штучній нейронній мережі для вирішення задачі класифікації станів по відповідним змінним.

4. *Удосконалено* методи визначення загальної інформативності змінних щодо стану пацієнтів комп'ютерної системи медичного моніторингу за рахунок виділення зв'язку між входами і виходами через поширення градієнтів в штучній нейронній

мережі, а також поточної інформативності шляхом перетворення вагових показників методу інтегрованих градієнтів, що створює умови для виявлення найбільш впливових керованих і некерованих змінних стану й оцінки впливу виявлених змінних на конкретне прийняте рішення та дає можливість пояснити причини прийнятого медичного рішення.

5. *Дістав подальшого розвитку* метод верифікації програмного забезпечення стратифікації даних щодо елементів комп'ютерної системи медичного моніторингу, що відрізняється від існуючих виконанням комплексної перевірки як програмної реалізації, так і точності роботи розроблених методів і моделей, що дає можливість скоротити строки розробки програмного забезпечення.

6. Практичне значення одержаних результатів.

Отримані результати підтверджують можливість практичного використання запропонованої комп'ютерної системи медичного моніторингу із виділеною підсистемою стратифікації елементів. Обґрунтована можливість точного виділення можливих станів в наборі даних спостережень за допомогою розробленого мультиагентного методу нечіткої кластеризації. Показано, що застосування методу прискореного навчання і пошуку оптимального набору гіперпараметрів дозволяє автоматично налаштовувати моделі ШНМ необхідного об'єму задля забезпечення якісного й швидкого навчання для вирішення поставленої задачі. Показано, що розроблений метод визначення загальної інформативності дозволяє точно визначати впливи змінних на виходи навченої моделі ШНМ. Також показано, що модифікований метод інтегрованих градієнтів для визначення поточної інформативності дозволяє точно визначати впливи конкретних змінних на конкретні результати роботи навченої моделі ШНМ тим самим обґрунтовуючи результати її роботи.

7. Дотримання академічної доброчесності.

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Як на мій погляд, є певні важливі аспекти, які в роботі здобувача залишились або поза межами уваги, або поза межами тексту дисертаційної роботи. До таких питань належать наступні.

1. Автором не наведено обґрунтування використання нечіткої кластеризації саме для медичних даних, які мають свою специфіку. У 4-му розділі розглянуто лише тестування розробленого алгоритму кластеризації як на стандартних даних так і даних медичного походження, проте без порівняння із стандартними методами кластеризації. На мій погляд, доцільно було б у роботі провести порівняльний аналіз стандартних методів кластеризації та розробленої автором.

2. У роботі рисунки та алгоритми, у вигляді блок-схем, наведено англійською мовою, що ускладнює розуміння. Доцільно було б у пояснювальній частині до рисунків навести означення обраних термінів.

3. У роботі не показано більш детально рішення проблеми перенавчання штучних нейронних мереж, використаних автором, що може впливати на результати класифікації для наборів медичних даних.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Донця Володимира Віталійовича «Методи й моделі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу на основі мультиагентного підходу», представлена на здобуття наукового ступеня доктора

філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно- та доступно- викладеним матеріалом.

У роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання, яке полягає в удосконаленні або розробці нових математичних моделей та обчислювальних методів стратифікації даних щодо елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу, що мало на меті підвищення точності діагностування стану пацієнтів.

Здобувач Донець Володимир Віталійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Офіційний рецензент,
кандидат технічних наук,
в. о. завідувача кафедри теоретичної
та прикладної інформатики
факультету математики і інформатики
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна

Євген МЕНЯЙЛОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 09:17:02 11.08.2024

Назва файлу з підписом: рецензія_Меняйлов_ЄС.pdf.p7s
Розмір файлу з підписом: 204.3 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: рецензія_Меняйлов_ЄС.pdf
Розмір файлу без підпису: 187.1 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: МЕНЯЙЛОВ ЄВГЕН СЕРГІЙОВИЧ

П.І.Б.: МЕНЯЙЛОВ ЄВГЕН СЕРГІЙОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 3338507797

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 09:17:01 11.08.2024

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000A6B24201C617C104

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
професорці Олені ТОЛСТОЛУЗЬКІЙ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

Відгук

офіційного опонента, професорки кафедри комп'ютерної інженерії та програмування Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", доктора технічних наук Гавриленко Світлани Юріївни на дисертаційну роботу Донця Володимира Віталійовича «Методи й моделі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу на основі мультиагентного підходу», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Предметом дослідження роботи були обрані математичні методи й моделі стратифікації даних щодо елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу. Комп'ютерним системам медичного моніторингу притаманні такі потреби, як розширення застосування технологій Internet of Thing, наявність великих об'ємів різномірних даних та обмежена кількість спеціалістів для обробки й розуміння цих даних. Також таким системам притаманні проблеми високої складності та вартості розробки, впровадження та підтримки, а також недостатнє розуміння даних, що породжуються такими системами медичними працівниками. Комп'ютерні системи медичного моніторингу включають фізичні елементи (сенсори, датчики, комп'ютери) та програмні модулі для отримання нових даних.

Дослідження в цій галузі має велике значення для ефективного використання методів машинного навчання, тобто математичних методів і моделей в аналізі та класифікації медичних даних. Його результати можуть автоматизувати процес визначення станів пацієнтів, підвищуючи точність та швидкість у прийнятті медичних рішень. Крім того, це сприятиме впровадженню систем оптимального планування лікування та підвищенню якості медичного обслуговування. Стратифікація даних в таких системах означає багатоетапний процес визначення можливих станів, їх класифікацію та виявлення впливу змінних стану. Виявлені потреби аналізу великих об'ємів медичних даних із залученням обмеженого числа спеціалістів та існуючі проблеми складності розробки та розуміння даних комп'ютерних систем медичного моніторингу вказують на необхідність розробки математичних методів та моделей для вирішення цих проблем. Це все свідчить про актуальність проведення дисертаційного дослідження.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і одного додатку. Загальний обсяг дисертації становить 153 сторінки: у тому числі анотації на 10 сторінках, зміст на 2 сторінках, основний текст на 129 сторінках, список використаних джерел із 112 найменувань на 15 сторінках та один додаток на 5 сторінках. Робота містить 14 таблиць, 37 рисунків, з яких 1 на окремій 1 сторінці.

У **вступі** обґрунтовано наведено та обґрунтовано актуальність дисертації, визначено мету, об'єкт та предмет дослідження, сформульовано наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результаті, описано методи, які були використані у дослідженнях. Відзначено особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертаційної роботи на конференціях та наведено відомості про публікації за темою роботи.

У **першому розділі** проаналізовано методи й моделі машинного навчання, що застосовуються в комп'ютерних системах медичного моніторингу. Виявлено проблеми та особливості притаманні комп'ютерним системам медичного моніторингу, що дозволило поставити задачу й завдання дослідження. Запропоновано концептуальну модель методу стратифікації на основі мультиагентного підходу, що є поєднанням методу кластеризації даних, їх класифікації та визначення інформативності змінних. Наведено діаграму реалізації комп'ютерної системи медичного моніторингу з підтримкою прийняття рішень та виділеною підсистемою стратифікації.

У **другому розділі** розглянуто розробку методів стратифікації. Удосконалено мультиагентний метод нечіткої кластеризації, що використовувався для кластеризації даних комп'ютерних систем медичного моніторингу. Удосконалено метод класифікації на основі штучної нейронної мережі, завдяки використанню методів прискореного навчання та підбору гіперпараметрів. Досліджено та удосконалено методи визначення загальної та поточної інформативності шляхом використання градієнтів сигналів, що поширюються в штучній нейронній мережі та використання методу інтегрованих градієнтів.

У **третьому розділі** досліджено програмні засоби реалізації методів і моделей стратифікації на основі мультиагентного підходу. Програмне забезпечення розглянуто з точки зору трьох основних компонент: мова програмування, наявність підтримки бібліотеки математичних обчислень та середовище розробки. Для подальших досліджень у якості мови програмування обрано Python з відповідними бібліотеками та середовищем розробки. Розглянуто наявні набори даних для тестування розроблених методів, що включають класичні набори та специфічні медичні набори. За результатами досліджень запропоновано метод верифікації розробленого програмного забезпечення.

У **четвертому розділі** наведено результати перевірки розроблених методів на тестових даних та даних медичного моніторингу. При цьому, були перевірені методи окремо, а також в комплексі. Також наведено результати розширення функціоналу розроблених методів до систем економічного моніторингу.

Висновки сформульовані у роботі, відображають результати дослідження та є результатом висунутих у дисертації завдань.

Список використаних джерел містить достатню кількість джерел та широко охоплює область дослідження.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. № 44), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри теоретичної і прикладної системотехніки факультету комп'ютерних наук Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Дисертація виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт «Моделювання інформаційних процесів у складних і розподілених системах» за 2021 – 2023 рр. (ДР № 0121U109183).

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено коректним використанням принципів та методів системного аналізу, мультиагентного підходу, а також застосуванням імітаційного та математичного моделювання, теорії

математичної статистики, теорії множин, теорії ймовірностей, теорії графів, лінійну алгебру, методи математичної оптимізації, диференціального аналізу, теорії штучних нейронних мереж.

Достовірність і обґрунтованість отриманих результатів забезпечується апробацією результатів досліджень на 3 міжнародних наукових конференціях.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць, серед яких: 3 публікації у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science; 2 публікації у наукових виданнях, включених на дату опублікування до фахових видань України; 4 праці – у матеріалах і тезах конференцій.

Дисертант отримав наступні наукові результати.

1. *Вперше* розроблено модель комп'ютерної системи медичного моніторингу, особливістю якої є застосування та організація взаємодії методів стратифікації для вирішення проблеми кластеризації даних, класифікації станів пацієнтів та визначення інформативності змінних цього стану, що в сукупності забезпечує підвищення точності стратифікації даних в комп'ютерній системі медичного моніторингу.

2. *Удосконалено* мультиагентний метод нечіткої кластеризації, що відрізняється поєднанням нечіткої кластеризації *c-means* із мультиагентним відбором еліт, що дає можливість виконати модифікацію визначення щільності та роздільності отримуваних кластерів і як наслідок підвищити точність виділення станів пацієнтів в комп'ютерній системі медичного моніторингу.

3. *Удосконалено* метод класифікації станів пацієнтів повнозв'язною штучною нейронною мережею за допомогою поєднання процедур прискореного навчання та підбору гіперпараметрів моделі штучній нейронній мережі. Це дозволило ефективно

оптимізувати ваги та архітектуру моделей штучній нейронній мережі для вирішення задачі класифікації станів по відповідним змінним.

4. *Удосконалено* методи визначення загальної інформативності змінних щодо стану пацієнтів комп'ютерної системи медичного моніторингу за рахунок виділення зв'язку між входами і виходами через поширення градієнтів в штучній нейронній мережі, а також поточної інформативності шляхом перетворення вагових показників методу інтегрованих градієнтів, що створює умови для виявлення найбільш впливових керованих і некерованих змінних стану й оцінки впливу виявлених змінних на конкретне прийняте рішення та дає можливість пояснити причини прийнятого медичного рішення.

5. *Дістав подальшого розвитку* метод верифікації програмного забезпечення стратифікації даних щодо елементів комп'ютерної системи медичного моніторингу, що відрізняється від існуючих виконанням комплексної перевірки як програмної реалізації, так і точності роботи розроблених методів і моделей, що дає можливість скоротити строки розробки програмного забезпечення.

6. Практичне значення одержаних результатів.

Отримані результати підтверджують можливість практичного використання запропонованої комп'ютерної системи медичного моніторингу із виділеною підсистемою стратифікації елементів. Обґрунтована можливість точного виділення можливих станів в наборі даних спостережень за допомогою розробленого мультиагентного методу нечіткої кластеризації. Показано, що застосування методу прискореного навчання і пошуку оптимального набору гіперпараметрів дозволяє автоматично налаштовувати моделі ШНМ необхідного об'єму задля забезпечення якісного й швидкого навчання для вирішення поставленої задачі. Показано, що розроблений метод визначення загальної інформативності дозволяє точно визначати

впливи змінних на виходи навченої моделі ШНМ. Також показано, що модифікований метод інтегрованих градієнтів для визначення поточної інформативності дозволяє точно визначати впливи конкретних змінних на конкретні результати роботи навченої моделі ШНМ тим самим обґрунтовуючи результати її роботи.

7. Дотримання академічної доброчесності.

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Як на мій погляд, є певні важливі аспекти, які в роботі здобувача залишились або поза межами уваги, або поза межами тексту дисертаційної роботи. До таких питань належать наступні.

1. У першому розділі методи визначення інформативності ознак розглянуто не в повній мірі. Було б доцільним дослідити методи Фільтри (filter), методи обгортки або оболонки (wrapper) та вбудовані методи які є досить ефективними при виборі ознак.

2. У роботі запропоновано діаграму реалізації комп'ютерної системи медичного моніторингу з підтримкою прийняття рішень та виділеною підсистемою стратифікації (рис.1.4). До складу діаграми входить модуль впливу змінних на визначення стану, модуль виявлення аномалій, але не описано принципи їх функціонування.

3. У якості моделі класифікації було використано штучну нейронну мережу. Було б доречно виконати порівняльний аналіз з іншими моделями класифікації даних.

4. Якість запропонованого методу нечіткої кластеризації не є достатньою та потребує подальшого дослідження. Крім того, метод був оцінений тільки на

розмічених даних за допомогою метрик якості класифікації. Перевірка методу на нерозмічених даних не виконувалась.

5. Тестування мультиагентного методу кластеризації було апробовано в тому числі й на незбалансованих даних. Це призводить до зміщення центрів кластерів у бік більшості та втрату інформації про меншість. У такому випадку, зазвичай, виконується балансування на основі методів Undersampling, Oversampling та їх комбінації, що підвищує якість моделі.

6. Для оцінки точності результатів класифікації краще використовувати метрики: Precision, Recall або F1-score а не матрицю конфузів. Так Precision та Recall характеризують різні сторони якості класифікатора. Це особливо важливо для знаходження балансу між помилками першого та другого роду.

7. У розділі 4.2 описано процес використання моделі ШНМ на лабораторних даних урологічних досліджень. Вважаю, що 40 записів – це замало для навчання та тестування моделі.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Донця Володимира Віталійовича «Методи й моделі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу на основі мультиагентного підходу», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії, є завершеною науково-дослідною роботою, містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки».

У роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання, яке полягає в удосконаленні або розробці нових математичних моделей та обчислювальних методів

стратифікації даних щодо елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу, що мало на меті підвищення точності діагностування стану пацієнтів.

Здобувач Донець Володимир Віталійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
професорка кафедри комп'ютерної
інженерії та програмування
Національного технічного університету
"Харківський політехнічний інститут"

Світлана ГАВРИЛЕНКО

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ

створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 17:19:29 08.08.2024

Назва файлу з підписом: відгук_Гавриленко_СЮ.pdf.asice

Розмір файлу з підписом: 208.9 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: відгук_Гавриленко_СЮ.pdf

Розмір файлу без підпису: 228.1 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Гавриленко Світлана Юріївна

П.І.Б.: Гавриленко Світлана Юріївна

Країна: Україна

РНОКПП: 2314501080

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 17:19:28 08.08.2024

Сертифікат виданий: КНЕДП ДПС

Серійний номер: 3FAA9288358EC00304000000D0DF0900AC66C400

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
професору Олені ТОЛСТОЛУЗЬКІЙ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

Відгук

офіційного опонента, професора інформаційних управляючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки, доктора технічних наук Чалого Сергія Федоровича на дисертаційну роботу Донця Володимира Віталійовича «Методи й моделі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу на основі мультиагентного підходу», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню задачі підвищенню точності виявлення станів пацієнтів в комп'ютерних системах медичного моніторингу на основі розробки й удосконалення моделей та методів стратифікації даних щодо елементів таких комп'ютерних систем. На сьогодні системи медичного моніторингу характеризуються застосуванням технологій Internet of Thing, що приводить до формування великих об'ємів різномірних даних в таких системах. Проте використання цих даних для оперативного встановлення стану пацієнтів пов'язано із труднощами, оскільки їх обробка та узагальнення потребує великої кількості кваліфікованих спеціалістів. Наявність потреби в аналізі великих обсягів медичних даних для визначення станів пацієнтів за участі обмеженої кількості спеціалістів свідчить про необхідність розробки нових методів стратифікації, що забезпечують

багатоступеневий процес визначення можливих станів пацієнтів, їх класифікацію з урахуванням впливу змінних стану. Зазначене свідчить про актуальність теми дисертаційного дослідження.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і одного додатку. Загальний обсяг дисертації становить 153 сторінки: у тому числі анотації на 10 сторінках, зміст на 2 сторінках, основний текст на 129 сторінках, список використаних джерел із 112 найменувань на 15 сторінках та один додаток на 5 сторінках. Робота містить 14 таблиць, 37 рисунків, з яких 1 на окремій 1 сторінці.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, представлено мету, задачі, об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, наукову новизну роботи, а також інформацію про апробацію дисертаційної роботи та публікації із зазначенням особистого внеску здобувача.

У **першому розділі** проведено аналіз сучасного стану досліджень щодо використання методів і моделей машинного навчання в комп'ютерних системах медичного моніторингу для діагностування стану пацієнтів. Виявлено проблему аналізу потоків різнотипних даних при вирішенні задачі діагностування стану пацієнтів. Дана проблема є наслідком протиріччя між практичною потребою оперативно встановити поточні стани пацієнтів для подальшого коригування їх лікування та складністю автоматичного аналізу таких різнотипних даних. З урахуванням визначеної проблеми сформульовано мету та завдання дослідження. Запропоновано концептуальний підхід до стратифікації на основі мультиагентного підходу, що поєднує методи кластеризації даних, їх класифікації та визначення інформативності змінних. В рамках даного підходу запропоновано модель комп'ютерної системи медичного моніторингу з підсистемою стратифікації, що орієнтована на вирішення задачі класифікації станів пацієнтів.

У **другому розділі** запропоновано методи стратифікації для використання в рамках комп'ютерних систем медичного моніторингу. Удосконалено мультиагентний метод нечіткої кластеризації даних в комп'ютерних системах медичного моніторингу з можливістю модифікації визначення щільності та роздільності отримуваних кластерів. Удосконалено метод класифікації станів пацієнтів з використанням штучної нейронної мережі шляхом інтеграції прискореного навчання та підбору гіперпараметрів. Удосконалено методи визначення загальної та поточної інформативності для оцінки впливу найбільш важливих змінних стану на конкретне прийняте рішення шляхом, відповідно, використання градієнтів сигналів, що поширюються в штучній нейронній мережі, та використання методу інтегрованих градієнтів.

У **третьому розділі** було обґрунтовано вибір програмних засобів реалізації запропонованих моделей та методів стратифікації на основі мультиагентного підходу. Запропоновано метод верифікації програмного забезпечення стратифікації даних щодо елементів комп'ютерної системи медичного моніторингу. Метод, зокрема, верифікує реалізацію мультиагентного методу нечіткої кластеризації даних в комп'ютерних системах медичного моніторингу з урахуванням точності розділення, реалізацію методу класифікації станів пацієнтів з використанням прискореного навчання й підбору гіперпараметрів ШНМ з урахуванням точності класифікації, а також перевіряє методи визначення загальної та поточної інформативності змінних з урахуванням сумарної інформативності та кількості змінних.

У **четвертому розділі** представлено результати експериментальної перевірки розроблених методів на наборах даних з результатами медичного моніторингу, а також практичні рекомендації щодо використання запропонованих моделей та методів в системах медичного моніторингу. Результати експериментальної перевірки підтверджують ефективність розроблених методів. Показано можливість використання запропонованих підходів в рамках економічного моніторингу.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи у повній мірі відображають наукову новизну та практичну значимість проведених досліджень.

Список використаних джерел містить переважно публікації за останні 5 років. Зазначене свідчить, що отримані в дисертаційній роботі результати базуються на результатах аналізу сучасних наукових досліджень у даному напрямку.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. № 44), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри теоретичної і прикладної системотехніки факультету комп'ютерних наук Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Дисертація виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт «Моделювання інформаційних процесів у складних і розподілених системах» за 2021 – 2023 рр. (ДР № 0121U109183).

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Аналіз змісту дисертації дає можливість зробити висновок про належну обґрунтованість наукових положень дисертаційної роботи. Наукові результати та висновки, представлені у роботі, обґрунтовано результатами теоретичного аналізу, експериментальної перевірки та практичного застосування розроблених моделі та методів. Дисертаційна робота завершена науковим дослідженням.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію на міжнародних наукових конференціях та опубліковані у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць, серед яких: 3 публікації у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science; 2 публікації у наукових виданнях, включених на дату опублікування до фахових видань України; 4 праці – у матеріалах і тезах конференцій.

Дисертант отримав наступні наукові результати.

1. *Вперше* розроблено модель комп'ютерної системи медичного моніторингу, особливістю якої є застосування та організація взаємодії методів стратифікації для вирішення проблеми кластеризації даних, класифікації станів пацієнтів та визначення інформативності змінних цього стану, що в сукупності забезпечує підвищення точності стратифікації даних в комп'ютерній системі медичного моніторингу.

2. *Удосконалено* мультиагентний метод нечіткої кластеризації, який відрізняється поєднанням нечіткої кластеризації c-means із мультиагентним відбором еліт, що дає можливість виконати модифікацію визначення щільності та роздільності отримуваних кластерів і, як наслідок, підвищити точність виділення станів пацієнтів в комп'ютерній системі медичного моніторингу.

3. *Удосконалено* метод класифікації станів пацієнтів повнозв'язною штучною нейронною мережею за допомогою поєднання процедур прискореного навчання та підбору гіперпараметрів моделі штучної нейронної мережі, що дає можливість ефективно оптимізувати ваги та архітектуру моделей штучних нейронних мереж для вирішення задачі класифікації станів пацієнтів по відповідним змінним.

4. *Удосконалено* методи визначення загальної інформативності змінних щодо стану пацієнтів комп'ютерної системи медичного моніторингу за рахунок виділення зв'язку між входами і виходами через поширення градієнтів в штучній нейронній мережі, а також поточної інформативності шляхом перетворення вагових показників

методу інтегрованих градієнтів, що створює умови для виявлення найбільш впливових керованих і некерованих змінних стану й оцінки впливу виявлених змінних на конкретне прийняте рішення та дає можливість пояснити причини прийнятого медичного рішення.

5. *Дістав подальшого розвитку* метод верифікації програмного забезпечення стратифікації даних щодо елементів комп'ютерної системи медичного моніторингу, який відрізняється від існуючих виконанням комплексної перевірки як програмної реалізації, так і точності роботи розроблених методів і моделей, що дає можливість скоротити строки розробки програмного забезпечення.

6. Практичне значення одержаних результатів.

Значимість отриманих наукових результатів полягає у розробці моделі комп'ютерної системи медичного моніторингу та комплексу методів стратифікації даних щодо елементів такої комп'ютерної системи, що дає можливість автоматизувати оперативне визначення стану пацієнтів на основі аналізу великих масивів різнорідних даних.

Практичне значення одержаних результатів полягає в доведенні теоретичних розробок дисертаційної роботи до практичних рекомендацій щодо застосування розроблених методів та моделі в медичній комп'ютерній системі.

7. Дотримання академічної доброчесності.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Відзначаючи новизну, важливість та повноту одержаних наукових та практичних результатів, слід відзначити й наступні недоліки.

1. В підрозділі 1.1 в рамках аналізу систем медичної діагностики як ключова розглядається проблема обробки великих об'ємів різнорідних даних, які використовуються при визначенні стану пацієнтів. Однак не виконано структурування таких даних для подальшого обґрунтування розроблених в роботі методів.

2. Представлена на рис. 1.4 діаграма реалізації комп'ютерної системи медичного моніторингу структурована на підсистему стратифікації та інші функціональні модулі, що ускладнює розуміння процесу прийняття рішень в такій системі. Доцільно було б виділити підсистеми даної системи на одному рівні деталізації з тим, щоб обґрунтувати можливості стратифікації елементів такої комп'ютерної системи.

3. Доцільно було б формалізувати постановку задачі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу з тим, щоб підкреслити зв'язок елементів комп'ютерної системи із різнорідними даними, що використовуються для визначення стану пацієнтів.

4. Розроблений в розділі 2 метод визначення поточної інформативності вхідних змінних дозволяє оцінити, як кожна вхідна змінна впливає на виходи моделі, тобто є аналогом методу побудови локальних пояснень LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations). Однак в роботі не наведено переваги або особливості використання розробленого методу у порівнянні з методом LIME.

5. У представленому у розділі 3 методі верифікації програмного забезпечення не обґрунтовано вибір кількості інформативних змінних в якості оцінки на етапах 4 та 5, оскільки така кількісна оцінка зазвичай використовується як оцінка складності пояснення щодо впливу вхідних даних на результат роботи системи.

6. В роботі також мають місце синтаксичні неточності, зокрема пов'язані із узгодженням відмінків на стор. 130.

Проте зазначені зауваження не впливають на високу позитивну характеристику дисертаційної роботи, не зменшують актуальність, наукову та практичну цінність дисертаційних досліджень.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Донця Володимира Віталійовича «Методи й моделі стратифікації елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу на основі мультиагентного підходу», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні.

У роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання, яке полягає в удосконаленні або розробці нових математичних моделей та обчислювальних методів стратифікації даних щодо елементів комп'ютерних систем медичного моніторингу з метою підвищення точності діагностування стану пацієнтів.

Подана дисертаційна робота відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6 – 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 12.01.2022 р. №44 із змінами, а здобувач Донець Володимир Віталійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
професор кафедри
інформаційних управляючих систем
Харківського національного
університету радіоелектроніки.

Сергій ЧАЛИЙ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 19:07:04 12.08.2024

Назва файлу з підписом: відгук_Чалий_СФ_.pdf.p7s
Розмір файлу з підписом: 220.4 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: відгук_Чалий_СФ_.pdf
Розмір файлу без підпису: 203.2 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ЧАЛИЙ СЕРГІЙ ФЕДОРОВИЧ
П.І.Б.: ЧАЛИЙ СЕРГІЙ ФЕДОРОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2366200679
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 19:07:03
12.08.2024
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F0400000022275F0166170D05
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)
Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00