

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Шаронової Наталії Валеріївни на дисертацію **Булаха Віталія Анатолійовича** «Інформаційна технологія класифікації впорядкованих масивів даних із фрактальними властивостями методами машинного навчання» – поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

1. Актуальність теми дисертації

Суттєвим явищем останнього часу є впровадження інформаційних технологій в різні області людської діяльності, зокрема існує нагальна потреба класифікувати різноманітні дані для систем підтримки прийняття рішень (СППР). У багатьох випадках виникають проблеми розпізнавання і класифікації фрактальних упорядкованих масивів даних, а також зростає інтерес до методів машинного навчання для аналізу і класифікації фрактальних даних. Використання методів машинного навчання дозволяє компенсувати похибки оцінювання фрактальних та інших статистичних характеристик при побудові класифікатора.

Тем не менш, на сьогоднішній день не розроблено інформаційної технології (ІТ), яка призначена до розв'язання задач класифікації упорядкованих масивів даних, та мала б задовольняти таким вимогам, як робота в on-line режимі, в умовах недостатньої кількості даних ІТ має використовувати методи моделювання для генерації даних з подібними фрактальними властивостями до аналізованих процесів; збереження в базі даних всіх результатів роботи ІТ; здібність проводити перенавчання моделі класифікації, тощо.

Слід визнати, що актуальність роботи полягає в розробці сукупності ефективних взаємопов'язаних методів та побудові інформаційної технології класифікації впорядкованих масивів даних із фрактальними властивостями методами машинного навчання. Вважаю, що створення інформаційної технології класифікації упорядкованих масивів даних із фрактальними властивостями методами машинного навчання для підвищення точності

класифікації є **важливим і актуальним** науковим завданням. Булах Віталій Анатолійович виявив наукову проблему, визначив мету дисертаційного дослідження та часткові задачі, що дозволяють системно й логічно коректно досягти мети.

Для розв'язання окремих завдань був використаний сучасний математичний апарат, а саме методи машинного навчання; методи математичної статистики – для статистичного аналізу упорядкованих масивів даних та для аналізу якості моделей машинного навчання, аналізу точності класифікації методами машинного навчання; методи теорії хаосу – для обчислення фрактальних та рекурентних характеристик.

Наукова новизна положень дисертації, їх значимість для науки й практики

Вперше розроблено інформаційну технологію класифікації фрактальних упорядкованих масивів даних, яка заснована на поєднанні методів дерев рішень та нейронних мереж, враховує самоподібні та мультифрактальні властивості упорядкованих даних і дозволяє збільшити точність класифікації.

Вперше запропоновано метод оцінювання показника Херста за значеннями часового ряду, який засновано на застосуванні класифікаційних методів машинного навчання, що дозволяє суттєво збільшити точність оцінювання.

Вперше застосовано рекурентні характеристики часових рядів як ознаки для класифікації часових рядів на основі їхніх фрактальних властивостей методами машинного навчання, що дозволило збільшити точність класифікації.

Отримав подальший розвиток метод генерації фрактальних реалізацій на основі стохастичного мультиплікативного біноміального каскаду, який на відміну від існуючих використовує аналітичне визначення параметрів несиметричного бета-розподілу, що дозволяє генерувати упорядковані масиви даних із заданими мультифрактальними властивостями.

Отримали подальший розвиток методи бінарної класифікації часових рядів із фрактальними властивостями, що засновані на використанні дерев

прийняття рішень та нейронних мереж, які, на відміну від існуючих, використовують як ознаки фрактальні та рекурентні характеристики, що загалом дозволяє збільшити точність класифікації.

Наукові результати отримані автором особисто із застосуванням сучасних математичних методів і в цілому складають рішення поставлених наукових завдань.

Практичне значення дисертаційного дослідження полягає у тому, що в результаті виконаного дослідження створено комплекс методів, алгоритмів і програм, які дозволяють вирішити завдання класифікації фрактальних упорядкованих масивів даних. Всі теоретичні розробки дисертації доведені автором до конкретних методів і покладені в основу функціонування інформаційної технології класифікації впорядкованих масивів даних із фрактальними властивостями методами машинного навчання. Запропонований метод оцінювання показника Херста, який програмно реалізовано, дозволяє покращити точність його оцінювання за упорядкованими даними, а саме зменшує довірчий інтервал оцінки в декілька разів.

Результати досліджень впроваджені на підприємстві ПрАт “Фарлеп-Інвест” для зменшення негативного впливу кібер-атак на інформаційні системи підприємства і в приватній компанії «ITSvit» для виявлення вторгнень в інформаційні системи підприємства, про що є відповідні документи.

Створена інформаційна технологія має перспективи розвитку та може бути використана для класифікації різноманітних упорядкованих даних і сигналів з фрактальними властивостями, зокрема детектування кібер-атак в інфокомунікаційних даних, уточнення діагнозу за даними записів ЕЕГ та ЕКГ, класифікації сейсмічних подій за сейсмограмами тощо.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, досягаються ретельним системним аналізом процесу створення конкретних методів і покладені в

основу функціонування інформаційної технології класифікації впорядкованих масивів даних із фрактальними властивостями методами машинного навчання, забезпеченням використання сучасних теорій, доведенням отриманих результатів на науково-технічних конференціях і семінарах, коректним використанням математичного апарату, програмним та апаратним моделюванням. Теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях. Достовірність нових, отриманих автором результатів, підтверджується комп'ютерним моделюванням, а також результатами, які відображені у документах впровадження. Отримані теоретичні результати узгоджені з відомими фактами.

Вищенаведене дозволяє зробити висновок про достатню обґрунтованість та достовірність результатів дисертаційної роботи.

3. Повнота публікації основних наукових результатів дисертації

Основні наукові результати отримані автором особисто і опубліковані у 24 наукових працях, в тому числі: 11 статей: 3 у наукових спеціалізованих виданнях, що входять до переліку фахових видань України, в яких публікуються результати досліджень з технічних наук, 4 у міжнародних зарубіжних періодичних виданнях, 4 статі у зарубіжних колективних монографіях; 7 праць міжнародних IEEE конференцій та 5 тез доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях. Зміст автореферату повністю відображає основні положення дисертації.

4. Оцінка змісту дисертації

Дисертація Булаха Віталія Анатолійовича написана структуровано й технічно грамотною мовою. Послідовність викладу в ній матеріалів, наукових положень й висновків забезпечує їхнє сприйняття й розуміння фахівцями з інформаційних технологій. В дисертації достатньою мірою наведено графічний та табличний матеріал результатів дослідження.

Робота являє собою завершену кваліфікаційну наукову працю.

Дисертаційна робота й автореферат за змістом й оформленням відповідає вимогам до кандидатських дисертацій. Автореферат досить повно й правильно відображає зміст дисертації. Зміст дисертації відповідає спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології та вимогам до дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Тем не менш, робота не є вільною від зауважень.

5. Зауваження щодо змісту і оформлення дисертації та автореферату

1. У першому розділі основний акцент зроблено на опис самоподібних і мультифрактальних властивостей упорядкованих даних і методів машинного навчання, в той час як недостатньо уваги приділено основним поняттям і вимогам інформаційних технологій. Було б доцільно навести приклади і провести порівняльний аналіз розроблених іншими авторами інформаційних технологій, пов'язаних з машинним навчанням і класифікацією даних.

2. Автором використовуються такі поняття, як сильно, середньо і слабо виражені мультифрактальні властивості. Ці поняття вводяться в третьому розділі, про описі класифікації фрактальних упорядкованих масивів даних. На наш погляд, було б доцільно охарактеризувати ці властивості у другому розділі, де представлені методи генерування упорядкованих масивів, і описати діапазон мультифрактальних властивостей для кожного методу.

3. Для класифікації фрактальних даних (3-ій розділ) були обрані методи на основі дерев рішень і нейронні мережі, без відповідного обґрунтування цього вибору. Також велика увага приділена порівняльному аналізу методів Bagging та Random forest, які досить близькі між собою. Було б доцільно провести порівняння з принципово іншими алгоритмами класифікації.

4. Автором запропоновано використовувати в якості ознак для класифікатора рекурентні характеристики упорядкованих масивів. Однак у всіх дослідженнях, описаних в роботі, для класифікації були використані одночасно і рекурентні, і фрактальні характеристики. Було б цікавим проаналізувати класифікацію тільки на основі рекурентних ознак.

5. При описі розробленої автором інформаційної технології недостатньо детально представлено опис бази даних та її функціонування: структура, яким чином в ній зберігаються дані, як дані вилучаються повторно та ін.

Разом з тим, зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку отриманих автором наукових результатів.

7. Загальні висновки по дисертації

Дисертаційна робота Булаха Віталія Анатолійовича є завершеним науковим дослідженням, присвяченим вирішенню актуального наукового завдання – розробки інформаційної технології класифікації впорядкованих масивів даних із фрактальними властивостями методами машинного навчання з метою підвищення точності класифікації для аналізу та діагностування впорядкованих даних різної природи. Вважаю, що за актуальністю, новизною отриманих наукових результатів, практичною значущістю, повнотою опублікування матеріалів в статтях і доповідях на конференціях дисертація Булаха Віталія Анатолійовича повністю відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 року та п.п. 9, 11, 12 Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів» від 24 липня 2013 року № 567, а її автор, Булах Віталій Анатолійович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри
інтелектуальних комп'ютерних систем
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

 Наталія ШАРОНОВА

Учений секретар НТУ «ХПІ»
д.т.н., проф.



Олександр ЗАКОВОРОТНИЙ