

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Жука Івана Сергійовича

на тему «Математичні моделі і методи виявлення за публічно доступними даними підозрілих на фіксований результат футбольних матчів»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 11 – Математика та статистика

за спеціальністю 113 – Прикладна математика

Актуальність теми дисертації.

Застосування формальних підходів для виявлення артефактів, при використанні математичних моделей матиме позитивну динаміку ще довгий час, бо різноманіття таких застосування постійно збільшується. Приклад, що наведений в роботі, а саме договірні футбольні матчі, є типових прикладом пошуку таких артефактів. Один з найбільш адекватних методів для виявлення підозрілих на фіксований результат матчів базується на використанні статистичних методів, використання яких є обґрунтованим через особливості вхідних даних. Зокрема, дані характеризуються малою кількістю дискретних числових значень, а також невідомими законами розподілу ймовірностей. Ця специфіка надає впевненість в результаті, якому можна довіряти і перевіряти без участі і впливу суб'єктивних факторів. Таким чином можна стверджувати, що тема дослідження є актуальною, надає можливість формально виявити ознаки впливу на результат гри зовнішніх факторів.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розроблено метод виявлення підозрілих щодо фіксованості результату футбольних матчів, який відрізняється від відомих застосуванням конформного аномального детектора із запропонованою мірою неконформності поточного матчу, що забезпечує можливість визначення порогу прийняття рішення у відповідності до заданого значення апіорної ймовірності появи аномальних даних.

2. Запропоновано метод виявлення підозрілих щодо фіксованості результату футбольних матчів, який відрізняється від відомих застосуванням степеневого мартингалу і правилом прийняття рішення на основі порівняння поточного значення степеневого мартингалу з попереднім, що дозволяє за рахунок зміни параметра чутливості налаштовувати степеневий мартингал на

виявлення аномалій відповідного рівня і знаходити їх.

3. Розроблено **новий метод** виявлення підозрілих щодо фіксованості результату футбольних матчів, який відрізняється від відомих застосуванням інтегрального мартингалу і правилом прийняття рішення на основі порівняння поточного значення інтегрального мартингалу з попереднім, що дає змогу виявляти аномальні матчі без налаштування параметрів.

- Доведені **нові властивості** степеневого мартингалу: за яких завгодно малих значень ступеня конформності (p -value) поточного спостереження значення степеневого мартингала для поточного спостереження є більшим за значення цього ж мартингала для попереднього спостереження; збільшення значення степеневого мартингала для поточного спостереження по відношенню до попереднього еквівалентно виконанню правила конформного аномального детектора зі значенням рівня аномальності, який дорівнює $\frac{1}{\eta^{1-\eta}}$, де η — параметр чутливості степеневого мартингалу $M_k^{(\eta)}$.

Достовірність наукових результатів забезпечується великою кількістю проведених автором експериментальних досліджень, які представлені обчислювальними експериментами з використанням сучасного програмного забезпечення та обладнання. Наведені у роботі наукові положення, висновки та практичні рекомендації повністю обґрунтовані, базуються на фактичних даних, які представлені у дисертаційній роботі та у супутніх публікаціях в табличному та графічному вигляді.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі кафедри прикладної математики КПІ ім. Ігоря Сікорського згідно затвердженого плану наукової роботи кафедри під керівництвом професора кафедри прикладної математики, д.т.н., проф. Чертова Олега Романовича. Запропоновані в дисертації методи використані у науково-дослідних роботах:

- в рамках науково-дослідної роботи № 2310п «Інформаційно-аналітична система для математичного моделювання та управління соціальними ризиками з застосуванням у техніці та медицині» (номер державної реєстрації — 0120U102216);
- в рамках міжнародного наукового проекту «Cyber Rapid Analysis for Defense Awareness of Real-time Situation» (CyRADARS) / «Оперативний аналіз кіберзагроз для володіння ситуацією в умовах реального часу» за програмою NATO SPS (номер проекту: SPS G5286).

Таким чином, поставлене наукове завдання підвищення ефективності виявлення підозрілих на фіксований результат футбольних матчів на базі обробки виключно загальнодоступних публічних даних за результатами сезону

футбольного турніру виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Жука І.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 113 Прикладна математика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям 11 Математика та статистика.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Жука Івана Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертаційної роботи повністю відповідає вимогам щодо грамотності та стилю викладення результатів. Можна відзначити послідовність та доступність представлення основних положень дисертаційної роботи. Автор роботи при викладенні матеріалу дотримується сучасної загальноприйнятої у даній сфері науки термінології.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації становить 164 сторінок.

У вступі обґрунтована актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, сформульовані мета та завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження, наукова та практична новизна отриманих результатів, наведені відомості з апробації та публікації результатів дисертації.

У першому розділі проведено огляд поточного стану і викликів, проаналізовано методи інтелектуального аналізу даних, що використовуються для пошуку аномалій та наведено варіанти використання навчання для вирішення поставленої наукової задачі.

У другому розділі представлено формальна постановка задачі дослідження, формування початкових даних для побудови імітаційної моделі, розраховується ймовірність основних показників на реальних даних, будується імітаційна модель та алгоритм моделювання.

У третьому розділі визначено міри неконформності поточної гри, запропоновано метод виявлення підозрілих матчів за допомогою конформного аномального детектора, зроблено порівняльний аналіз методів виявлення підозрілих матчів, а також розробка методів виявлення підозрілих матчів з використанням степеневого та інтегрального мартингалів.

У четвертому розділі проведено аналіз методів за даними окремих класів, зроблено порівняльний аналіз запропонованих методів, а також проаналізовано методи виявлення підозрілих матчів на основі реальних даних.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 у наукових фахових виданнях України, з яких 2 статті у виданні, проіндексованому у базі даних Scopus та віднесеному до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Усі публікації здобувача мають високий науковий рівень, в них достатньо повно та всебічно описані головні наукові здобутки, що представлені у 3 та 4 розділах дисертації. Особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих у співавторстві та зарахованих за темою дисертації, є вагомим. В усіх публікаціях дотримуються принципи академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В другому розділі розподілення команд у групи, для застосування методу К-середніх, автор виконав декларативно, жодних обґрунтувань, доведень на жаль не зроблено.

2. Застосування самого методу К-середніх в другому розділі також не має обґрунтування, враховуючи те, що він не дає можливості гарантувати досягнення глобального мінімуму сумарного квадратичного відхилення, а локальних може бути декілька.

3. Автор виходить з того, що зловмисник намагається зробити результат матчу аномальним, щоб він був неочікуваним, але інша стратегія, що не врахована в роботі, це коли зловмисник робить таким чином, що результат матчу дуже близький до очікуваного, для того щоб приховати свої наміри і зробити їх непомітними.

4. Підвищення якості і точності моделі можна було досягнути за рахунок введення додаткових критеріїв, таких як поточний (стабільний) склад команди, ступень втоми від попередніх матчів, фізичний стан форвардів і т.і., це досить суттєво може впливати на результат гри і адекватність моделі до цільової функції.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Жука Івана Сергійовича на тему «Математичні моделі і методи виявлення за публічно доступними даними підозрілих на фіксований результат футбольних матчів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 11 – Математика та статистика. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.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 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Жук Іван Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 11 – Математика та статистика за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Рецензент:

Завідувач кафедри обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського, д.т.н., проф.

М.П.

  Сергій СТИРЕНКО

10 січня 2024 року