

18.05.2020
16-05.64

ВІДГУК

офіційного опонента **Данилова Валерія Яковича**,
професора кафедри математичних методів системного аналізу Національного
технічного університету України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
доктора технічних наук, професора,
на дисертаційну роботу **Захожая Олега Ігоровича**
«Моделі, методи та інформаційна технологія гібридного розпізнавання
образів для консолідований обробки неоднорідних даних в складних
системах», яка подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних
наук зі спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології

Актуальність теми дисертації.

Створення ефективних інформаційних технологій обробки даних завжди було і залишається актуальним у різних сферах людської діяльності. Складні системи мають в цьому аспекті особливе значення, так як обробка даних в них не може повністю бути формалізована.

Визначена в роботі проблема, дійсно, є актуальною, так як намагання підвищувати точність отримання результату обробки даних призводить до необхідності врахування додаткових інформаційних ознак, що призводить до збільшення операцій співставлення та збільшенню часової складності. При цьому, інформативність та «цінність» таких даних може значно змінюватися. Особливої уваги заслуговують випадки навмисного перекручування даних і включення їх до обробки, що буде спричинити підвищення часової складності отримання результату, та зменшувати його точність.

Висвітлена в роботі проблема є актуальною не тільки для складних систем, а й для інших, де є необхідність обробки великої кількості різноманітних даних, які за різних умов мають різну інформаційну цінність.

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

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до пріоритетних напрямів науково-дослідних робіт Луганського національного університету імені Тараса Шевченка.

Результати дисертаційного дослідження були використані при виконання науково-дослідних робіт:

- «Розробка інформаційної технології моделювання та оцінювання фінансово-економічних ризиків із врахуванням невизначеностей різної природи» (№ ДР 0113U000650);
- «Розробка методології системного аналізу моделювання та оцінювання фінансових ризиків» (№ ДР 0115U000356);
- «GreenCo – Green Computing and Communication» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR);
- «Розробка і дослідження методів синтезу індивідуальних стратегій управління в адаптивних навчальних системах на основі World wide web-технологій» (№ ДР 0109U007908);
- «Розробка та дослідження методів синтезу адаптивних комп’ютерних мультимедіа систем» (№ ДР 0198002639).

Таким чином, на підставі вищеперечисленого, тема дисертаційної роботи, спрямована на дослідження методів, моделей та інформаційних технологій для підвищення достовірності та зниження часової складності обробки даних в складних системах, безперечно, є актуальну.

Загальна оцінка змісту дисертаційної роботи.

У *вступі*, повною мірою розкрити питання актуальності обраного напрямку дослідження, висвітлена наукова проблема, сформульовано мету, для реалізації якої визначена послідовність завдань до вирішення, визначено об'єкт, предмет, методи досліджень, представлено наукову гіпотезу, яка підлягає перевірці, а також нові наукові результати, що були отримані в процесі дослідження та їхня практична цінність.

В *першому розділі* проводиться аналіз складних систем, в результаті якого визначається основна проблема, пов'язана з певним рівнем невизначеності впливу вхідних даних і, як наслідок, складність у виборі чи розробці математичної моделі, що забезпечує формалізований опис поведінки на основі апріорної інформації. В зв'язку з цим, аргументовано використання методів і алгоритмів розпізнавання, які реалізують інтелектуальний аналіз даних, при якому не має необхідності у побудові повної математичної моделі опису складної системи. Таким чином, для складних систем, найефективнішим підходом є аналіз не параметрів, а стану, на основі якого приймаються рішення. Проведений аналіз існуючої матричної інформаційної моделі показав, що вона не враховує динамічної зміни умов отримання ознак складної системи і, як наслідок, різну їхню інформативність. З іншого боку показано, що якість інформаційного процесу обробки даних в складних системах залежить від двох основних характеристик: достовірності розпізнавання та часової складності аналізу даних. Які фактично є конкуруючими.

На основі проведеного аналізу, визначається науково-технічна проблема підвищення достовірності та оперативності прийняття рішень щодо класифікації в складних системах з неоднорідними даними та різними проявами перешкод і викривлень, формулюються задачі, а також гіпотеза, яка підлягає перевірці під час дослідження.

В *другому розділі* представлений принцип консолідації неоднорідних даних в складних системах який базується на використанні сукупності образів, ознаки яких мають різну природу виникнення. На основі нового принципу консолідації, здійснюється модифікація існуючої матричної інформаційної моделі складної системи через введення до неї сукупності образів з ознаками різної природи виникнення. Таким чином, збільшується кількість ознак, які описують складну систему, але ці ознаки, за різних проявів зовнішніх умов, мають різну інформативність.

На основі нового принципу консолідації даних та модифікованої матричної інформаційної моделі запропонована концепція гібридного розпізнавання образів, яка є подальшим розвитком теорії комбінованого розпізнавання. При гібридному розпізнавання опису об'єкту здійснюється ознаками різної природи виникнення, а не різного характеру інформації. Це й дозволяє здійснювати достовірну класифікацію за умови широкої зміни різноманітності перешкод і викривлень.

З метою зменшення кількості даних для аналізу і прийняття рішення розроблена ситуаційно-подійна модель гібридного розпізнавання образів, в якій вводяться характеристики інформативності образів та, на основі поточних умов спостереження як прояву ситуації, здійснюється селекція найбільш інформативних для аналізу даних. Селекція даних здійснюється на основі методу визначення інформативності, згідно якого, у будь-який момент часу забезпечується прийняття рішення на основі аналізу меншої сукупності але найбільш інформативних даних. Це забезпечує отримання результату з заданим рівнем достовірності та зменшує часові витрати на процес обробки. Також, характеристики інформативності образів використовуються в подальшому для ранжування інформативних образів та визначення черг обробки даних.

Для визначення послідовності співставлення ознак образів складної системи, в розділі здійснюється узагальнення моделі розумової активності людини стосовно технічних систем. Згідно цієї моделі, пріоритет в обробці даних отримують ті ознаки, які, у порівнянні з попереднім циклом аналізу, набули більшої зміни.

В третьому розділі, на основі моделей, представлених в попередньому розділі, розроблені методи консолідації неоднорідних даних та гібридного розпізнавання образів для складних систем з різноманітними проявами перешкод і викривлень.

В розділі представлено два підходи до побудови методів розпізнавання: спільній і роздільний аналіз, та вказано, що найбільше переваг гібридного

роздільному аналізу. Також зазначено, що спільний аналіз, фактично, призводить до прийняття рішення на основі класичних методів комбінованого розпізнавання.

Саме на основі роздільного аналізу розроблений метод гібридного розпізнавання на основі пошуку груп ідентичних класифікацій. Згідно цього методу, в процесі порівняння ознак образів складної системи визначаються класифікаційні рішення з яких формуються групи. Кількісні показники чисельності груп є підставою до формування остаточного результату класифікації, тобто найчисельніші групи вказують на результат аналізу, який має найбільшу достовірність.

Для випадку отримання багатоальтернативного рішення, коли кілька груп ідентичних класифікацій вказують на достовірний результат, розроблена інформаційна модель прийняття рішення, яка дозволяє на основі ранжування груп ідентичних класифікацій представити результати класифікації у порядку зниження їхньої достовірності. Остаточний результат, в цьому випадку, визначається експертною оцінкою.

Для зниження кількості співставлень в процесі розпізнавання, розроблений метод екстенсіонально-інтенсіонального аналізу ознак, який полягає у початковій обробці узагальнених характеристик складної системи, і тільки у випадку недосягнення завданого рівня достовірності результату здійснюється його уточнення на основі аналізу деталізованих ознак. Таким чином, узагальнені ознаки мають пріоритет при побудові черги обробки даних.

Четвертий розділ присвячено розробці інформаційної технології гібридного розпізнавання образів для аналізу неоднорідних даних в складних системах. В основу інформаційної технології покладено побудову багатопоточної черги обробки даних, в якій кожен потік містить ознаки образів складної системи, ранковані в порядку зменшення інформативності. Також, застосовується ранжування і саміх потоків, що відповідають кожному образу на основі критеріїв інформативності, розроблених у розділі 2. Таким

чином, вибудовується черга таким чином, щоб у будь-який момент часу здійснювати аналіз найбільш інформативних даних.

Етапи інформаційної технології включають використання методів і моделей, розроблених у попередніх розділах і дозволяють отримати результат класифікації на основі мінімальної кількості співставлень ознак.

П'ятий розділ присвячений розробці прикладних інформаційних технологій гібридного розпізнавання. Гібридне розпізнавання використовується для трьох застосувань: аналізу просторового розподілу температури коксового пирога, ультразвукового вимірювання відстані та перевірки тексту на унікальність.

В інформаційній технології аналізу просторового розподілу температури, за рахунок використання гібридного розпізнавання вдалося реалізувати просторовий аналіз температури по поверхні коксового пирога без використання великої кількості пірометричних датчиків. Достовірність такого аналізу отримана на рівні похибки пірометричного датчику. В системі ультразвукового вимірювання забезпечується підвищення достовірності та діапазону вимірювання, а в системі перевірки текстових даних збільшується точність визначення ступеня його унікальності.

У **висновках** наводяться основні наукові та практичні результати дослідження із зазначенням переваг, що отримуються через використання розробленої інформаційної технології.

В **додатках** наводяться таблиці експериментальних даних, що були отримані під час апробації результатів у виробництві, акти впровадження, перелік публікацій за результатами дисертаційного дослідження.

Обґрунтованість висновків і одержаних результатів дисертаційної роботи підтверджується коректним використанням математичного апарату, експериментальними чисельними дослідженнями, експериментальними дослідженнями в умовах лабораторії, теоретичними й експериментальними результатами, отриманими в галузі автоматизованих систем переробки даних

на основі гібридного розпізнавання образів, перевіркою запропонованих технічних рішень в трьох реальних системах обробки інформації різної структурної організації та призначення.

Достовірність результатів дисертаційної роботи підтверджується експериментальною перевіркою, яка була проведена, в тому числі, в умовах діючого виробництва та з використанням методів математичного планування експерименту та обробки результатів.

Найбільш вагомі наукові результати, отримані в дисертаційній роботі.

- отримала подальший розвиток теорія комбінованих систем розпізнавання образів, в якій опис об'єкту розпізнавання здійснюється ознаками різної природи виникнення, а не різного характеру інформації, що дозволяє здійснювати достовірну класифікацію за умови широкої зміни різнорідних перешкод і викривлень;
- вперше розроблений метод консолідації неоднорідних даних при гібридному розпізнаванні, який оснований на теорії грубих множин та визначенні стаціонарних і нестаціонарних критеріїв інформативності, в залежності від наявних перешкод і викривлень, та дозволяє здійснити селекцію образів складної системи з метою зменшення кількості співставлень даних для отримання рішення;
- вперше розроблено метод та інформаційна модель визначення послідовності обробки даних, які базуються на узагальненні моделі емоційних процесів людини, представленої Аткінсоном-Шифріном, для складних систем з неоднорідними даними та різнорідним проявом перешкод і викривлень, що дозволяє в динаміці системи зменшити кількість даних, які підлягають співставленню та отриманню достовірного результату;
- вперше розроблений метод та інформаційна технологія гібридного розпізнавання образів, які основані на роздільному аналізі інформативних

ознак та пошуку груп образів з ідентичною класифікацією, що дозволяє забезпечити апріорно заданий рівень достовірності результату консолідований обробки неоднорідних даних в складних системах з різноманітним проявом перешкод і викривлень.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що отримані наукові результати доведені до конкретних прикладних застосувань, що були реалізовані в умовах діючого виробництва.

Також, результати наукової роботи мають цінність для використання в освітньому процесі, в області інтелектуального аналізу даних, підтримки прийняття рішень, тощо. Цей аспект також підтверджений актом впровадження в освітній процес.

Рекомендації щодо використання наукових результатів.

Окремі положення, а також розроблена інформаційна технологія гібридного розпізнавання образів може бути використана для різноманітних складних систем, які описуються сукупністю неоднорідних даних, інформативність яких набуває змін відповідно до зовнішніх факторів.

Завершеність, стиль виконання, публікації.

Аналіз наукових результатів, поданих в роботі Захожая О.І., свідчить про їх цілісність, аргументованість, послідовність викладення і особистий вклад в науку щодо розробки інформаційних технологій обробки неоднорідних даних в широкому спектрі складних систем.

За тематикою дисертаційного дослідження опубліковано 42 наукові праці, в тому числі: 10 праць у фахових виданнях, рекомендованих МОН України для опублікування результатів наукових робіт; 16 статей в фахових виданнях, рекомендованих МОН України та таких, що входять до наукометричних баз даних Scopus та ін.; 1 стаття в іноземному виданні, що входить до наукометричних баз даних Web of Science та ін; 9 тез доповідей.

на міжнародних та всеукраїнських конференціях; отримано 6 патентів України.

Наукові положення, що виносяться на захист, повністю опубліковані і відображені у публікаціях.

Окремі положення наукової роботи обговорювалися на 15 міжнародних наукових конференціях.

Автореферат повністю відповідає змісту, основним положенням та висновкам, які викладені в дисертаційному дослідженні.

Недоліки та зауваження по роботі.

1. В роботі відсутнє чітке обґрунтування обраного терміну «гібридне розпізнавання образів» та його місце в загальній класифікації систем розпізнавання образів.

2. В роботі розглядається використання методів, моделей, інформаційної технології розпізнавання для обробки в складних системах. При цьому, не вказано, чи є обмеження на використання розроблених засобів для інших різновидів систем.

3. В роботі робиться акцент на обробку даних в умовах наявності завад і викривлень, при цьому відсутній аналіз ефективності прийнятих технічних рішень у випадку умисних перекручувань даних, що є досить актуальним в сучасних умовах.

4. Відсутня чітка аргументація обмежень на використання комбінованого розпізнавання для аналізу неоднорідних даних в складних системах. Цей аспект потребує додаткового пояснення.

5. В роботі не вказано, на підставі яких фактів робиться упор на кооперативній багатозадачності.

Висновок.

Загальна оцінка дисертаційної роботи позитивна. Вказані зауваження не знижують цінності отриманих наукових та практичних результатів. Дисертаційна робота Захожая О.І. виконана на високому науковому рівні, є

завершеною науковою працею, має суттєве практичне значення та направлена на вирішення важливої науково-технічної проблеми. Дисертаційна робота «Моделі, методи та інформаційна технологія гібридного розпізнавання образів для консолідований обробки неоднорідних даних в складних системах» відповідає вимогам пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженному Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (зі змінами та доповненнями) та паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології. Здобувач Захожай Олег Ігорович заслуговує на присвоєння наукового ступеня доктор технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології.

Професор кафедри математичних методів
системного аналізу Національного
технічного університету України
«КПІ імені Ігоря Сікорського»,
д.т.н., професор

 В. Я. Данилов

Підпис д.т.н., професора Данилова В. Я, засвідчую:



