

20.04.2021
116-05.120

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Швед Альони Володимирівни
«Моделі і методи нормативної теорії синтезу інформаційних технологій в
умовах наявності НЕ-факторів різної природи»,
що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.13.06. – інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Важливою проблемою, що виникає в процесі розв'язання цілої низки задач інтелектуального аналізу даних, які забезпечують підтримку процесів синтезу та прийняття управлінських рішень є аналіз і управління різними видами невизначеностей (НЕ-факторів), що обумовлено різноманіттям цілей, властивостей і особливостей досліджуваних об'єктів, процесів, явищ. Формалізація такого роду невизначеностей є дуже важливою, оскільки процеси створення інтелектуальних технологій завжди протікають в умовах суперечливості, неповноти, неточності, невизначеності вихідних даних та відношень між ними. Разом з цим, досить часто сучасні методи інтервальної математики, нечіткої логіки, ймовірно-статистичного висновку, байєсовські та нейрони мережі, генетичні алгоритми та ін. використовуються без належного аналізу природи НЕ-факторів, пов'язаних із існуючою системою знань щодо аналізованого (досліджуваного) процесу або явища, що в свою чергу може привести до побудови неадекватних моделей та висновків. В цьому контексті набуває значення формалізація процесів синтезу інформаційних технологій (ІТ), основу яких складають механізми ідентифікації та обґрунтованого вибору математичного апарату моделювання виявлених видів НЕ-факторів під впливом яких формується управлінське рішення.

Тому тема дисертаційної роботи Швед А. В., яка присвячена розв'язанню важливої науково-практичної проблеми створення і розвитку основ нормативної теорії синтезу інформаційних технологій, що орієнтовані на інтелектуальне забезпечення процесів підтримки прийняття рішень (ППР) в умовах різного роду НЕ-факторів (незнання) є безумовно актуальною.

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

Дисертаційна робота виконана на кафедрі інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету ім. Петра Могили Міністерства освіти і науки України.

Основні наукові результати отримано в рамках шести держбюджетних науково-дослідних робіт: «Розробка системи підтримки прийняття рішень при експертному оцінюванні якості програмних продуктів в умовах невизначеності та ризиків» (№0112U001101), «Розробка інформаційно-комунікаційних технологій підтримки прийняття стратегічних рішень військово-цивільного призначення в умовах багатокритеріальності та невизначеності» (№0117U007144); «Розроблення найсучаснішого інтерактивного навчально-тренажерного та аналітично-консультативного

комплексу військово-цивільного призначення» (№0118U000193); «Розробка інформаційно-аналітичної системи військово-цивільного застосування як чинника захисту інформації в умовах багатокритеріальності, невизначеності та ризику» (№0120U101222); «Науково-практичне обґрунтування та визначення стенобіонтного підходу щодо забезпечення національної екологічної безпеки водних екосистем України» (№0120U101959); «Розробка новітніх інформаційно-комунікаційних технологій управління інтелектуальними ресурсами для підтримки процесів прийняття рішень органами оперативного управління» (№0121U107831). В цих НДР дисертант брав участь в якості відповідального виконавця та наукового керівника.

Частина досліджень виконувалась в рамках договору про науково-технічне співробітництво між Національним університетом кораблебудування ім. адм. Макарова та ДП «ЗОРЯ»-«МАШПРОЕКТ» (№ 2002 від 17.03.2015 р.), та договору про науково-технічне співробітництво між Чорноморським національним університетом ім. Петра Могили та ДП «Експериментальне виробництво Інституту Імпульсних процесів і технологій НАН України» (№ 4/02 від 15.02.2020 р.).

3. Структура та зміст дисертаційної роботи.

Дисертація складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел з 483 найменувань та 4 додатків. Оформлення дисертації виконано відповідно до діючих вимог.

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету та задачі дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про апробацію й впровадження результатів дослідження.

Перший розділ містить аналіз літературних джерел щодо можливостей моделювання різних видів незнання (нечіткість, невизначеність, неоднорідність, неповнота, неточність та ін.). Проаналізовано підходи до систематизації та класифікації основних видів незнання, розкрито їх сутність, встановлено взаємозв'язок між ними. Розглянуто основні особливості процесів обробки даних та знань, що протікають під впливом таких видів незнання, як невизначеність, неоднорідність, неточність, нечіткість. Визначено математичні теорії моделювання відповідних видів незнання. Сформульовано постановку задачі дисертаційного дослідження.

У другому розділі запропоновано концепцію та методологію нормативної теорії синтезу інформаційної технології, які орієновані на забезпечення інтелектуальної підтримки процесів прийняття рішень в умовах НЕ-факторів різної природи. В рамках цієї методології викладені основні принципи синтезу інформаційних технологій, що інваріантні до типу розв'язуваної задачі і способу представлення вхідної інформації, розроблено комплекс правил та математичних моделей процесу прийняття рішень на основі врахування НЕ-факторів. Запропоновано процедуру вибору методів моделювання НЕ-факторів, що дозволяє коректно оперувати даними і

знаннями в умовах НЕ-факторів різної природи. Наведено основні етапи процедури синтезу інформаційної технології моделювання НЕ-факторів.

У третьому розділі запропоновано методи аналізу та структуризації даних та експертних знань в умовах неоднорідності та невизначеності. Розроблено технологію структуризації групових експертних оцінок, сформованих в різних шкалах (абсолютній, порядковій шкалі та шкалі відношень). Запропоновано методiku синтезу та структуру інформаційної технології аналізу експертних оцінок, сформованих в умовах невизначеності з використанням методів ймовірнісного висновку, в рамках якої розроблено підхід до агрегування групових оцінок експертів.

Четвертий розділ присвячено розробці комплексу моделей та методів аналізу та структуризації даних та експертних знань в умовах складних форм незнання, що породжені комбінаціями НЕ-факторів. Запропоновано метод кластеризації вихідної сукупності групових експертних оцінок, сформованих в рамках нотації теорії свідоцтв, з метою виділення узгоджених підгруп. Запропоновано метод агрегування групових експертних оцінок, що враховує різні форми представлення оцінок експертів (інтервальні, нечіткі та точкові) та метод вибору оптимального правила комбінування експертних свідоцтв сформованих в рамках моделі Шейфера.

У п'ятому розділі досліджено задачу структуризації групових експертних оцінок в умовах невизначеності, неповноти та неточності. Запропоновано комплекс моделей та інформаційних технологій ППР для випадків видобування знань із масивів невпорядкованих (необроблених, грубих) даних та в умовах неповноти експертних знань. Розроблено інформаційну технологію для вирішення задачі класифікації невпорядкованих масивів даних на основі використання ідей теорії грубих множин, математичний апарат якої дозволяє проводити «неточну класифікацію».

В шостому розділі розроблено архітектуру системи підтримки прийняття рішень (СППР), що реалізує підходи, які є основою запропонованої методології синтезу інформаційних технологій підтримки прийняття рішень. Проведено апробацію результатів дисертаційного дослідження шляхом створення СППР для аналізу та структуризації даних та експертних знань, сформованих в умовах НЕ-факторів різної природи. Розроблені підходи до розв'язання низки практичних задач, а саме: задачі вибору та класифікації проектів реконструкції муніципальних систем теплопостачання; задачі статистичної обробки результатів поліметричних вимірювань; задачі аналізу та вибору оптимальної організаційної структури підприємства. Запропоновано удосконалений метод некритеріального вибору Парето-оптимального рішення з використанням методу теорії свідоцтв та методу міркувань за прецедентами на основі математичного апарату теорії грубих множин з метою класифікації прецедентів та їх подальшого пошуку в базі прецедентів.

Додатки містять результати дослідження впливу структури і кардинальності фокальних елементів на рівень конфлікту та протиріччя

експертних свідоцтв; рішення з проектного забезпечення запропонованої СППР; акти про використання та впровадження отриманих результатів; перелік публікацій здобувача.

4. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень.

Дисертаційні дослідження виконано з коректним застосуванням методів моделювання НЕ-факторів, зокрема методів математичної та робастної статистики при моделюванні неоднорідності; методів теорії ймовірності при моделюванні невизначеності; методів теорії грубих множин при моделюванні неточності; методів теорії свідоцтв та теорії правдоподібних та парадоксальних міркувань при моделюванні складних форм незнання, зумовлених одночасною присутністю двох та більше видів незнання; методів теорії нечітких множин при моделюванні нечіткості.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що отримані у дисертаційній роботі, підтверджується аналітичними викладками, результатами комп'ютерного моделювання і порівнянням з іншими методами інтелектуального аналізу даних.

Одержані результати та розроблені методи та моделі не суперечать відомим, а в окремих випадках можуть розглядатись, як їх узагальнення. Наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовуються глибокими теоретичними дослідженнями, а застосування одержаних результатів для розв'язання практичних задач підтвердили їх сутність.

Таким чином, сформульовані в дисертації висновки мають належний рівень наукової обґрунтованості, основні положення та висновки дисертаційної роботи є достовірними.

5. Наукова новизна наукових положень та висновків.

В результаті виконання наукових досліджень в дисертаційній роботі отримали подальший розвиток інформаційні технології, орієнтовані на управління незнанням (НЕ-факторами) різної природи на основі системного застосування методів моделювання різних видів НЕ-факторів.

Серед найсуттєвіших оригінальних наукових результатів автора, що одержані в дисертації, слід відзначити такі.

1. Вперше сформульовані основні положення нормативної теорії та методології синтезу інформаційної технології інтелектуальної підтримки процесів прийняття рішень в умовах різного роду НЕ-факторів. Це дало змогу формалізувати процеси пов'язані із отриманням, обробкою вихідної множини даних та експертних знань, що протікають в умовах різного роду незнання, і вибору математичного апарату їх моделювання з метою отримання коректних і адекватних результатів аналізу при вирішенні типових задач прийняття рішень.

2. Вперше сформульовано систему критеріїв та правил ідентифікації різних видів незнання (невизначеності, неоднорідності, неточності), що впливають на процеси, пов'язані із видобуванням та аналізом експертних знань та даних, з метою їх формалізації та обґрунтованого вибору математичного апарату їх моделювання з урахуванням специфіки вихідних даних та типу розв'язуваної задачі.

3 Вперше запропоновано метод агрегування групових експертних свідоцтв (ЕС) з метою формування колективного рішення враховуючи інтервальну, нечітку та точкову форму представлення експертних оцінок. Такий підхід сприяє підвищенню якості та достовірності сформованих ЕС.

4 Вперше запропоновано метод кластеризації групових ЕС з метою визначення узгоджених підгруп ЕС. Метод вигідно відрізняється від існуючих методів кластеризації, оскільки дозволяє обробляти довільну структуру ЕС; визначати групи узгоджених свідоцтв із заданим граничним рівнем конфлікту.

5. Вперше запропоновано метод вибору правила комбінування ЕС, сформованих в рамках моделі Шейфера, що забезпечує отримання комбінованої маси ймовірності з найменшим досяжним рівнем невизначеності, враховуючи структуру ЕС та порядок їх комбінування. Такий підхід дозволяє формалізувати процедуру вибору техніки комбінування ЕС, оскільки на даний час не існує уніфікованих критеріїв вибору відповідних технік (правил) комбінування.

6. Удосконалені теоретичні та методологічні основи синтезу ІТ орієнтованих на інтелектуальне забезпечення процесів прийняття рішень в умовах неоднорідності, невизначеності, неточності та складних форм незнання, основу яких складає системний багатоаспектний підхід до ідентифікації різних видів незнання, які впливають на процеси видобування і аналізу вихідної інформації, що створює умови для коректного вибору і застосування методів аналізу і структуризації вихідної інформації, та дозволяє отримувати ефективні результати при моделюванні відповідних предметних і проблемних галузей знань.

7. Удосконалено метод некритеріального вибору Парето-оптимального рішення, що спрощує процедуру вибору рішень на множині Парето за рахунок ранжування рішень, що включені до множини Парето методами теорії свідоцтв.

8. Удосконалено метод міркувань за прецедентами на основі математичного апарату теорії грубих множин за рахунок введення специфічних видів апроксимацій з метою класифікації прецедентів та їх подальшого пошуку в базі прецедентів. Такий підхід дозволяє скоротити час при розв'язанні задач пошуку, порівняння та класифікації прецедентів на 8-10% порівняно з метричними методами.

6. Практична цінність отриманих результатів.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в тому, що на основі розроблених нових моделей, методів та інформаційних технологій була програмно реалізована система підтримки прийняття рішень, структуризації та аналізу даних та експертних знань, що формуються в умовах НЕ-факторів різної природи.

За результатами проведеного дисертаційного дослідження отримані принципово нові методики аналізу експертних знань та обробки масивів невпорядкованих даних на основі запропонованих інформаційних технологій інтелектуальної ППР, на прикладі розв'язання задач вибору та класифікації проектів реконструкції муніципальних систем тепlopостачання; статистичної

обробки результатів поліметричних вимірювань; аналізу організаційної структури підприємства, що підтверджується відповідними актами про впровадження.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи використано і впроваджено на комерційних та державних підприємствах Миколаєва та Миколаївської області, зокрема в: КП «Теплопостачання та водоканалізаційне господарство» (м. Южноукраїнськ); ТОВ «АМІКО-Комплект» (м. Миколаїв); ТОВ «Миколаївбудресурси» (м. Миколаїв); ДП «ЗОРЯ»-«МАШПРОЕКТ» (м. Миколаїв); ДП «Експериментальне виробництво Інституту Імпульсних процесів і технологій НАН України» (м. Миколаїв); ДП «Баштанське лісове господарство» (м. Баштанка).

Також результати дисертаційної роботи застосовуються в навчальному процесі кафедри інженерії програмного забезпечення та кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили.

Моделі, методи та програми, що запропоновані в роботі, допускають їх інтеграцію в існуючі та розроблювані програмні комплекси, орієнтовані на розв'язання задач інтелектуального аналізу даних з метою підготовки інформації для прийняття обґрунтованих та ефективних рішень в умовах незнання (НЕ-факторів) різної природи та реалізацію на їх основі автоматизованих СППР різного призначення.

7. Повнота викладення результатів в опублікованих працях, апробація результатів дисертації

За матеріалами дисертаційних досліджень опубліковано 68 друкованих наукових працях, з них 28 статей у наукових виданнях, що включені до Переліку наукових фахових видань (з яких 5 статей опубліковано у періодичних виданнях, включених до категорії «А»), 4 статті у наукових періодичних виданнях інших держав (з них 2 статті, опубліковані у періодичних виданнях, включених до наукометричної бази даних Scopus), 2 статті в інших журналах.

За темою дисертації опубліковано дві монографії, у тому числі одна одноосібна.

Одержані в дисертації результати доповідались та обговорювались на міжнародних та всеукраїнських наук.-техн. та наук.-практ. конференціях (зокрема 10 матеріалів конференцій, що входять до наукометричної бази даних Scopus), та на наукових семінарах кафедри інженерії програмного забезпечення, кафедри інтелектуальних інформаційних систем, кафедри програмної інженерії та кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Чорноморського національного університету імені Петра Могили.

У тексті дисертаційної роботи та у публікаціях, що містять результати наукових досліджень А. В. Швед, порушень принципів академічної доброчесності (плагіату та самоплагіату, фабрикації та фальсифікації) не виявлено.

Автореферат дисертації повністю відображає основні результати роботи та відповідає вимогам, що пред'являються до авторефератів

докторських дисертацій. Таким чином, рівень публікацій та апробації результатів дисертації є високим та цілком відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України №1220 від 23.09.2019 «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук».

8. Зауваження по дисертаційній роботі.

В якості зауважень, виходячи зі змісту дисертації, слід зазначити такі.

1. В першому та другому розділах використовується поняття «комбіновані» види незнання (НЕ-фактори), наприклад, невизначеність + неузгодженість, але не зазначено причини їх виникнення і чому саме такі комбінації розглядаються у роботі. Бажано було б навести конкретні приклади таких «комбінованих» видів незнання.

2. У другому розділі при описі математичної моделі, яка є основою методології синтезу інформаційної технології моделювання НЕ-факторів (вираз (2.8)), автор використовує поняття «інформаційні процеси», але не розкриває його суті.

3. В третьому розділі при описі методу кластеризації групових експертних оцінок не зрозуміло яким чином задаються значення порогових рівнів (вираз (3.42)), які відповідають за приналежність експерта до підгрупи, що характеризується узгодженими оцінками.

4. Спірним є твердження автора (підрозділ 4.3, стор. 201), що при багатокритеріальному оцінюванні альтернатив використання методу парних порівнянь є більш легкою процедурою для експерта чим ранжування. Отримання узгодженої матриці парних порівнянь є достатньо трудомістким процесом з точки зору кількості порівнянь, що виконуються в шкалі відношень. Також існує проблема нетранзитивності оцінок експерта.

5. В п'ятому розділі недостатньо детально розкрито механізм визначення приналежності елемента універсума деякому певному класу, якщо за результатами групової експертизи, елементи універсума, що мають однаковий набір значень атрибутів-умов, будуть віднесені до різних класів.

6. В шостому розділі наведені приклади (табл. 6.2 та 6.4, стор. 293 та 296) реалізації етапів методики аналізу технічного стану об'єктів муніципальних систем теплопостачання. Ці приклади є достатньо тривіальними і не дозволяють в повній мірі оцінити ефективність запропонованих автором методів класифікації та ранжування об'єктів на основі математичного апарату теорії свідочтв Демпстера-Шейфера. Ті ж самі результати можна отримати за допомогою більш простих відомих методів (наприклад, як зважену арифметичну суму пріоритетів (бальних оцінок) експертів). Тому доцільно було б навести більш показові приклади.

7. У дисертаційній роботі запропоновано модифікований метод звуження множини Парето на основі математичного апарату теорії свідочтв. В роботі зазначено, що на сформованій множині Парето виділяється $2^{|A|}-1$ підмножин, де $|A|$ – кількість елементів множини Парето, але в прикладі (стор. 319), що ілюструє застосування цього методу, виділено максимум 3 підмножини із 15 можливих.

Вказані зауваження не носять принципового характеру і не зменшують відзначеної вище наукової та практичної цінності дисертаційного дослідження.

8. Висновки по роботі.

Дисертаційні дослідження проведені за актуальною темою. В роботі одержані нові науково обґрунтовані та практичні результати, які у сукупності є подальшим розвитком теорії і практики розв'язання проблеми формалізації процесів синтезу інформаційних технологій підтримки прийняття рішень в умовах різного роду невизначеностей.

Дисертаційна робота і автореферат характеризується цілісністю та логічністю викладення матеріалів дослідження. Термінологія дисертаційної роботи є загальною визнаною. Основні результати роботи достатньо повно відображені в опублікованих наукових працях дисертанта. Автореферат дисертації розкриває основні положення та висновки роботи, є ідентичним за структурою та змістом дисертації.

Мета, задачі та зміст роботи цілком відповідають паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології (за пунктами 1, 4, 6, 11).

Дисертаційна робота Швед А. В. «Моделі і методи нормативної теорії синтезу інформаційних технологій в умовах наявності НЕ-факторів різної природи» являє собою завершене наукове дослідження, яке за актуальністю, науковою новизною, практичною значимістю, обсягом та рівнем публікацій відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами), що висуваються до докторських дисертацій.

Вважаю, що автор дисертації Швед Альона Володимирівна, заслуговує на присудження ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

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

 К. Е. Петров

Підпис засвідчую,
Перший проректор
Харківського національного університету радіоелектроніки,
доктор технічних наук., професор





І.В.Рубан