

21.04.2021
1/6-05.121

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, доцента Захожая Олега Ігоровича

на дисертацію Швед Альони Володимирівни

«Моделі і методи нормативної теорії синтезу інформаційних технологій в умовах наявності НЕ-факторів різної природи»,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Інформаційні технології є ефективним інструментом обробки даних і прийняття рішень в складних системах, так як не вимагають побудови повної аналітичної моделі їхньої поведінки. Сам процес прийняття рішень може здійснюватися в умовах часткової невизначеності, на основі як апріорних так і апостеріорних даних, що мають певний рівень стохастичності. При цьому, ефективність і достовірність таких рішень значною мірою залежить від інформативності даних, що підлягають обробці.

В абсолютній більшості прикладних задач отримання достовірних даних для обробки і прийняття рішень пов'язана з проблемою наявності різноманітних факторів, таких як невизначеність, неоднорідність, недостовірність, неузгодженість та ін. Всі ці чинники ускладнюють прийняття достовірних рішень, призводять до зменшення роз'єднувальності та, як наслідок, призводять до прояву багатоальтернативності та необхідності запровадження додаткових методів і засобів уточнення отриманого результату.

Факторам, які ускладнюють прийняття оптимальних і достовірних рішень в галузі інформаційних технологій завжди приділялась і приділяється належна увага. Існують різні підходи до компенсації їхнього впливу: усунення від обробки неінформативних даних, використання бустинг-алгоритмів, введення додаткових критеріїв і правил тощо. Однак, додатковим

ускладненню процесу прийняття рішень є те, що НЕ-фактори різної природи мають прояв в різних комбінаціях і на різних етапах реалізації інформаційних технологій: від етапу отримання вхідних даних до етапу формування результату, що підлягає подальшому експертному судженню. Гарна же узгодженість результатів, ступінь їхньої детермінованості та ергономічності значно спрощує подальшу експертну оцінку та процес ухвалення оптимального і достовірного остаточного рішення.

Як правило, для кожного прикладного застосування та кожної інформаційної технології застосовують приватні підходи щодо вирішення цієї проблеми, так як до цього часу відсутня найбільш повна, узагальнена, теорія оперування НЕ-факторами задля зниження або компенсації їхнього впливу і, як наслідок, підвищення достовірності прийнятих рішень.

В цьому аспекті, тема дисертаційної роботи Швед А. В. яка направлена на узагальнення підходів до оперування НЕ-факторами, а також розробку моделей і методів синтезу інформаційних технологій в яких спостерігаються прояви НЕ-факторів різної природи, безсумнівно, є актуальною.

Оцінка змісту і загального рівня роботи, міри вирішення наукової проблеми.

Наукова проблема, яка вирішується авторкою дисертаційної роботи, полягає у створенні основ нормативної теорії синтезу інформаційних технологій, орієнтованих на інтелектуальне забезпечення процесів підготовки та прийняття рішень.

Представлена проблема вирішується шляхом узагальнення підходів до оцінки НЕ-факторів, розробки системи критеріїв та вирішальних правил вибору математичного апарату оцінки різних форм і видів незнань, а також розробки математичних моделей синтезу інформаційних технологій підтримки прийняття рішень в умовах наявності НЕ-факторів різної природи, в тому числі за наявності їх різноманітних комбінацій.

В роботі зроблений акцент на п'ятьох різновидах НЕ-факторів: неоднорідність (неузгодженість), неповнота, невизначеність, неточність,

нечіткість та чотирьох їхніх комбінацій: невизначеність-неузгодженість (конфлікт), невизначеність-нечіткість, невизначеність-суперечливість, невизначеність-неточність. Такий вибір абсолютно виправданий, так як відбиває наявну ситуацію в переважній більшості практичних застосувань.

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

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до пріоритетних напрямів науково-дослідних робіт Чорноморського національного університету імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України, в рамках науково-дослідних робіт: «Розробка системи підтримки прийняття рішень при експертному оцінюванні якості програмних продуктів в умовах невизначеності та ризиків» (№0112U001101; 2011–2013 рр.); «Розробка інформаційно-комунікаційних технологій підтримки прийняття стратегічних рішень військово-цивільного призначення в умовах багатокритеріальності та невизначеності» (№0117U007144; 2017–2020 рр.); «Розроблення найсучаснішого інтерактивного навчально-тренажерного та аналітично-консультативного комплексу військово-цивільного призначення» (№0118U000193; 2018–2019 рр.); «Розробка інформаційно-аналітичної системи військово-цивільного застосування як чинника захисту інформації в умовах багатокритеріальності, невизначеності та ризику» (№0120U101222; 2020–2022 рр.); «Науково-практичне обґрунтування та визначення стенобіонтного підходу щодо забезпечення національної екологічної безпеки водних екосистем України» (№0120U101959; 2020–2022 рр.); «Розробка новітніх інформаційно-комунікаційних технологій управління інтелектуальними ресурсами для підтримки процесів прийняття рішень органами оперативного управління» (№0121U107831; 2021–2023 рр.).

Також дослідження проводилися в рамках договору про науково-технічне співробітництво між Національним університетом кораблебудування імені адмірала Макарова та ДП «ЗОРЯ»-«МАШПРОЕКТ» (договір № 2002 від 17.03.2015 р.), та договору про науково-технічне співробітництво між Чорноморським національним університетом імені Петра Могили та ДП

«Експериментальне виробництво Інституту Імпульсних процесів і технологій НАН України» (договір № 4/02 від 15.02.2020 р.).

Зміст роботи, мета і основні задачі відповідають державним науково–технічним програмам, що сформульовані в Законах України «Про наукову і науково–технічну діяльність» та «Про національну програму інформатизації», постанові Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок».

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше:

- сформульовані основні концепти та положення нормативної теорії синтезу інформаційних технологій як комплексу формалізованих математичних моделей і системи правил синтезу інформаційних технологій, інваріантних до типу розв'язуваної задачі і способу виявлення та подання вихідної інформації, що дозволяє організувати процеси, пов'язані з отриманням, обробкою, аналізом та узагальненням вихідної інформації (даних та експертних знань), які протікають під впливом незнання (НЕ–факторів) різної природи;

- запропонована процедура вибору математичного апарату, що дозволяє коректно оперувати вихідною сукупністю даних, сформованих або аналізованих під впливом різних видів незнання при розв'язанні поставленої задачі, з метою побудови адекватних та ефективних моделей та висновків;

- сформульовано систему критеріїв 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;

- запропоновано метод агрегування групових експертних свідчень, який дозволяє синтезувати групове рішення з урахуванням різних форм

представлення свідчень експертів (інтервальні, нечіткі, точкові). Відсутність обмеження на форму подання експертних переваг дає можливість експерту максимально точно висловлювати свої свідчення відносно аналізованого об'єкта, не обмежуючи жорсткою формою подання оцінок, що сприяє підвищенню якості, надійності та достовірності експертної інформації;

- запропоновано метод вибору правила комбінування експертних свідчень, сформованих в рамках моделі Шейфера, що забезпечує отримання комбінованої маси ймовірності з найменшим досяжним рівнем невизначеності, з урахуванням структури цих свідчень та порядку їх комбінування. Запропоновано обирати для кожної пари експертних суджень правило, що мінімізує значення міри суперечливості і максимізує значення міри специфічності результату комбінування;

- запропоновано метод кластеризації групових експертних суджень, що формуються в умовах невизначеності та неоднорідності (неузгодженості, конфлікту) в рамках моделі Шейфера, з метою виділення підгруп, всередині яких оцінки експертів є узгодженими (однорідними). На відміну від існуючих методів кластеризації, запропонований підхід дозволяє обробляти експертні судження різної структури: узгоджені, еквівалентні, довільні та ін.; враховувати можливі способи їх взаємодії (об'єднання, перетин).

Удосконалено:

- теоретичні та методологічні основи синтезу інформаційних технологій шляхом визначення їх основних положень, орієнтованих на інтелектуальне забезпечення процесів прийняття рішень, в основу чого покладено системний багатоаспектний підхід до ідентифікації різних видів незнання, які впливають на процеси видобування і аналізу вихідної інформації. Це 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;

- метод побудови дерев ймовірності, шляхом визначення апіорних оцінок ймовірності реалізації подій на основі результатів групової експертизи.

Запропонована процедура синтезу агрегованих експертних оцінок ймовірності реалізації випадкових подій дозволяє обробляти експертні судження, отримані в умовах складних форм незнання (наприклад, невизначеності та неузгодженості; невизначеності та неточності, та ін.), а також конфліктуючі (суперечливі) експертні судження;

- метод некрітеріального вибору Парето-оптимального рішення з використанням методів теорії Демпстера-Шейфера, що, за рахунок ранжування рішень, спрощує процедуру їх вибору на множині Парето;

- 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. Запропонований підхід дозволяє скоротити час при вирішенні задач пошуку, порівняння та класифікації прецедентів та обробляти неточну, неповну, суперечливу інформацію про прецеденти.

Дістали подальшого розвитку:

- прикладні основи синтезу інформаційних технологій, шляхом реалізації інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах неоднорідності, невизначеності, неточності та складних форм незнання;

- моделі та методи синтезу індивідуальних та групових рішень в умовах складних форм незнання (у тому числі їх комбінації) при розв'язанні задач, пов'язаних з необхідністю урахування багатоальтернативності та багатокритеріальності.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність нових наукових положень забезпечується коректним та обґрунтованим використанням методів системного аналізу, теорії прийняття рішень, теорій множин (в тому числі, нечітких множин і грубих множин), теорії графів, теорії свідчень, підходів до робастних оцінок. Розроблені в роботі нові наукові положення пройшли перевірку та випробування на практиці на базі промислових підприємств різноманітного призначення.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання полягає в придатності застосування розроблених моделей і методів для синтезу інформаційних технологій підтримки прийняття рішень в умовах багатокритеріальності, багатоальтернативності, а також наявності НЕ-факторів різної природи.

Одним з найвагоміших результатів наукового дослідження є створення узагальненого підходу до інтелектуальної обробки даних та синтезу інформаційних технологій підтримки прийняття рішень за умови наявності довільних комбінацій різноманітних НЕ-факторів (неповнота, невизначеність, неоднорідність, недостовірність, неоднозначність, неузгодженість), а також вдосконалення процедури експертної оцінки та ухвалення остаточного рішення на основі комбінації та кластеризації експертних свідчень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці проектних рішень та програмної реалізації нової системи підтримки прийняття рішень в умовах наявності НЕ-факторів різної природи.

Результати досліджень отримали широку апробацію та були використані: для класифікації проектів реконструкції муніципальних систем теплопостачання на базі КП «Теплопостачання та водо-каналізаційне господарство» (м. Южноукраїнськ); для вирішення задачі аналізу організаційної структури підприємства ДП «ЗОРЯ»-«МАШПРОЕКТ» (м. Миколаїв); для вирішення задачі вибору варіантів технологій різання та зварювання при проектуванні та побудові корпусних конструкцій, деталей машин та приладів на базі ДП «Експериментальне виробництво Інституту імпульсних процесів і технологій НАН України» (м. Миколаїв); для аналізу статистичної інформації щодо розподілення пожеж та виділення областей, щодо запровадження ДП «Баштанське лісове господарство» (м. Баштанка); для статистичної обробки результатів поліметричних вимірювань на базі ТОВ «АМІКО-Комплект» (м. Миколаїв); для вибору технології обробки металу та поверхонь металевих конструкцій на базі ТОВ «Миколаївбудресурси» (м. Миколаїв).

Результати наукових досліджень також впроваджені в освітній процес Чорноморського національного університету імені Петра Могили при викладанні низки компонент освітніх програм за спеціальностями 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп'ютерні науки», 124 «Системний аналіз».

Основні результати роботи можуть бути використані для побудови різноманітних інформаційних систем інтелектуальної обробки даних та підтримки прийняття рішень в умовах багатокритеріальності, багатоальтернативності, а також наявності довільних поєднань НЕ-факторів різної природи.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані у 68 наукових працях, в тому числі: 28 праць у фахових виданнях, рекомендованих МОН України для опублікування результатів наукових робіт (з них 5 статей в трьох журналах категорії «А»); 4 статі в іноземних наукових виданнях (дві з яких входять до наукометричної бази даних Scopus); 2 монографії, з яких 1 одноосібна; 32 тези міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій (з яких 10 індексуються в наукометричній базі даних Scopus); 2 статті в інших журналах.

Аналіз змісту перерахованих вище робіт надає змогу стверджувати, що всі основні положення дисертаційного дослідження повною мірою представлені в цих публікаціях.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Швед А. В. складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку літературних джерел з 483 найменувань та додатків на 76 аркушах. Загальний обсяг складає 461 сторінку (з них 282 сторінки основного тексту). Також робота містить 79 рисунків і 59 таблиць.

У вступі наведено загальну характеристику роботи, яка підкреслює її актуальність, визначено наукову проблему, предмет і об'єкт дослідження, сформульовано мету, задачі дослідження та отримані наукові результати.

В першому розділі дисертаційної роботи проводиться аналіз і дослідження основних підходів щодо моделювання різних форм незнання: невизначеність, неоднорідність, неповнота, нечіткість тощо. Для кожного з різновидів НЕ-факторів обґрунтовується математичний апарат, який доцільно використовувати для обробки та підтримки прийняття рішень в складних системах.

У другому розділі розробляються основні положення нормативної теорії синтезу інформаційних технологій підтримки прийняття рішень за умови наявності НЕ-факторів різної природи, в тому числі у випадку можливих проявів їхніх поєднань і комбінацій. На основі узагальнення підходу до оперування НЕ-факторами різної природи, визначена сукупність методів їхнього моделювання, а також запропонована процедура ситуативного вибору цих методів для різноманітних комбінацій проявів незнань. Такий підхід дозволяє створити систему вирішальних правил щодо аналізу незнань, які ускладнюють обробку отриманих даних і прийняття достовірних рішень.

В третьому розділі, враховуючи можливі поєднання та комбінації різнорідних незнань, що спостерігаються на практиці, аргументовано пропонується використовувати для підтримки прийняття рішень структуру групових експертних оцінок. Різноманітність НЕ-факторів призводить до необхідності використання різних шкал експертної оцінки і для побудови зваженого результату розробляється технологія агрегованого аналізу групових експертних оцінок на основі абсолютної, порядкової шкали та шкали відношень. Відповідно, сама підтримка прийняття рішень реалізується на основі ймовірнісного висновку. Розроблений метод агрегованого аналізу групових експертних оцінок ймовірнісного висновку покладений в основу нової інформаційної технології підтримки прийняття рішень.

Комплекс наведених рішень, логічно продовжує розробка методики синтезу інформаційної технології аналізу експертних оцінок, сформованих в умовах невизначеності. Ця методика базується на методах ймовірнісного висновку та дозволяє формувати узагальнені оцінки ймовірності настання випадкових подій.

Четвертий розділ присвячений критеріям ідентифікації комбінованих незнань різної природи. Спираючись на положення теорії свідчень, пропонується формування угоджених груп, для яких максимальний рівень розрізненості (конфлікту) припадає на середину групи. На основі такого підходу пропонується метод кластеризації групових експертних оцінок, який забезпечує покращену узгодженість в групах свідчень. Для мінімізації рівня невизначеності при прийнятті рішення, розроблений метод вибору оптимального правила комбінування отриманих експертних свідчень, відповідно до моделі Шейфера.

В п'ятому розділі вирішується задача структуризації групових експертних оцінок в умовах невизначеності, неповноти та неточності. Для кількісного вимірювання неповноти знань використано елементи теорії грубих множин. Структуризація групових експертних оцінок розглядається як завдання приналежності універсуму заданій цільовій множині.

Розроблена сукупність математичних моделей для різних варіантів синтезу групової оцінки, зокрема: синтезу групової оцінки значень релевантних атрибутів інформаційних систем та атрибутів-умов таблиць рішень, синтез групової оцінки відносно значень релевантних атрибутів-рішень таблиці рішень, синтез групової оцінки належності об'єкта універсуму заданому класу (за умови, якщо формування відповідних значень релевантних атрибутів-умов об'єкта здійснюється на основі групової оцінки).

П'ятий розділ присвячений розробці прикладних інформаційних технологій прийняття рішень на основі групових оцінок та прояву НЕ-факторів різної природи. Зокрема, розроблені інформаційні технології вибору та класифікації проєктів реконструкції муніципальних систем

теплопостачання, статистичної обробки результатів поліметричних вимірювань, аналізу та вибору оптимальної організаційної структури підприємства.

Для спрощення формування Парето-оптимального рішення в багатокритеріальних задачах підтримки прийняття рішень, запропоноване здійснення ранжування рішень, що входять до множини Парето, а також удосконалено метод міркування за прецедентами за рахунок використання спеціальних апроксимацій та спрощення пошуку в за базою прецедентів.

У висновках наведені основні результати дисертаційного дослідження.

Додатки містять результати дослідження впливу структури і кардинальності фокальних елементів на рівень конфлікту та протиріччя експертних свідчень, рішення з проектного забезпечення запропонованої системи підтримки прийняття рішень, документи, що підтверджують практичне значення і застосування одержаних результатів, а також перелік публікацій здобувачки за тематикою дисертаційного дослідження.

Зауваження до дисертації.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження.

1. Розділ 1 перевантажений достатньо детальним трактуванням поняття «незнання» та його різновидів. При цьому, в подальшому, ці відомості мало використовуються для формалізації підходу оперування НЕ-факторами.

2. В загальному аналізі НЕ-факторів, окрема увага приділяється саме невизначеності (підрозділ 1.2), хоча фокус роботи направлений на узагальнення підходу оперування з різними НЕ-факторами, не тільки з невизначеністю.

3. Підчас розгляду процедури ідентифікації НЕ-факторів (стор. 87) не вказано, яким чином отримується набір кваліметричних характеристик видів НЕ-факторів та їх комбінацій для виконання завдання ідентифікації?

4. В моделі (2.1) на стор. 89 потребує пояснення відношення множини задач Z і множини методів моделювання MN , які визначаються для кожної

задачі окремо. Як співвідносяться k задач і n методів моделювання ($k=n$, або може спостерігатися багатоальтернативність в методах і $k \geq n$)?

5. На стор. 91 не показано, яким чином визначається множина критеріїв C_i ідентифікації НЕ-факторів різної природи.

6. В підрозділі 2.1 недоречне використання терміну «методологія», з погляду на те, що методологія це, перш за все, система (взаємопов'язана сукупність) принципів і підходів. В цьому аспекті точніше було би використати визначення «методика», або «процедура синтезу ІТ», як це зазначається на рисунку 2.2.

7. При розгляді процедури вибору методу моделювання НЕ-факторів вказується на наявність множини базових K_1 і додаткових K_2 ознак, однак самі поняття «базові ознаки» і «додаткові ознаки» не формалізовані.

8. В розділі 3 (стор. 116) в формулі (3.1) не формалізовано «деякий оператор обробки групових оцінок». Аналогічно на стор. 137, залежність (3.40).

9. Для процедури агрегування альтернатив (залежність 3.3, стор. 118) не зазначений критерій ідентифікації високого ступеня узгодженості, або відсутності узгодженості.

10. При описі алгоритму реалізації технології підтримки прийняття рішень з використанням методів ймовірнісного висновку (рис. 3.11, стор. 163) не вказано як визначається спосіб отримання вхідної інформації (суб'єктивні та об'єктивні ймовірності).

11. На стор. 191 вказується, що у випадку отримання великої кількості малочисельних груп узгоджених експертних свідчень, подальший аналіз є недоцільний. Однак, в цьому випадку, можна було би розглянути можливість використання критерію, за яким певні малочисельні групи можуть усуватися від обробки, тим самим дозволяючи зменшити кількість альтернатив можливих рішень.

12. В розділі 5 при розгляді процедури синтезу групового профілю H^{gr} , не вказано, яким чином враховується оцінка впевненості судження експертів O_i .

Але, зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Загальні висновки.

Дисертаційна робота Швед А. В. «Моделі і методи нормативної теорії синтезу інформаційних технологій в умовах наявності НЕ-факторів різної природи» є завершеним науковим дослідженням, виконаним на високому науковому рівні. В ході цього дослідження отримано нові обґрунтовані наукові результати та вирішена важлива науково-технічна проблема.

Робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології. За актуальністю вирішеної проблеми, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів, дисертаційна робота повністю відповідає пп. 9, 10, 12-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2003 р. №567 (зі змінами та доповненнями), до докторських дисертацій.

Здобувачка, Швед Альона Володимирівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри програмування
та математики Східноукраїнського
національного університету ім. В. Даля

О. І. Захожай

Підпис д.т.н., доц. Захожай О. І. засвідчую:

Підпис д.т.н., доц. Захожай О. І. засвідчую:

Л. М. Литвінова

