

**У спеціалізовану вчену раду Д 26.255.01  
при Інституті телекомунікацій і глобального  
інформаційного простору Національної  
академії наук України**

**ВІДГУК**

офіційного опонента – доктора технічних наук,  
професора **Шостака Ігора Володимировича**

на дисертацію **Горборукова Вячеслава Вікторовича «Технологічні засоби онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування альтернатив»**, яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю **05.13.06 — «Інформаційні технології»**

**Актуальність теми дослідження.** Значна кількість практичних задач, що відносяться до прийняття рішень, характеризуються наявністю різних показників, які необхідно одночасно враховувати для забезпечення ефективного ранжування та вибору деяких об'єктів. Подібні задачі виникають при проектуванні складних технічних систем, в управлінні та адмініструванні, в економіці, в банківській сфері, в спорті та в багатьох інших галузях людської діяльності. Для розв'язання таких задач розроблені різного роду алгоритми, які хоча і ґрунтуються на відповідних математичних методах і засадах, не можуть в загальному випадку давати єдиного оптимального рішення. Це пояснюється в першу чергу багатокритеріальністю задач, що розглядаються, а це призводить до того, що різні особи, що приймають рішення, можуть мати різне бачення важливостей показників альтернативних варіантів розв'язків.

З іншого боку повинні існувати і деякі формальні підходи та інструментальні засоби, які б дозволяли описувати сутності та існуючі відношення між ними будь-якої предметної області, до якої належить проблемна задача. Найбільш вдалим та поширеним застосуванням в цьому розумінні є онтологічне представлення предметної області, що визначає процес розв'язання задач ранжування як знаннєво-орієнтовний і такий, що лежить у напрямках, пов'язаних зі створенням та використанням різноманітних засобів обробки інформації, як пасивної системи мережевих знань.

В зв'язку з цим є актуальними науково-практичні розробки, які б надавали користувачеві можливості для ефективного розв'язання задач вибору та ранжування альтернатив за сукупністю показників, беручи до уваги онтологічне представлення предметної області, до якої вони належать.

Запропонована інформаційна технологія враховує онтологічну природу предметної області і створена для підвищення ефективності рішень, що приймаються при розв'язанні багатокритеріальних задач ранжування та вибору.

### **Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертацію виконано відповідно до планів наукових досліджень Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: «Розроблення інформаційно-аналітичного центру місцевих органів виконавчої влади» (2011–2013 рр., № ДР 0111U002232), «Створення інформаційних та алгоритмічних моделей і засобів трансдисциплінарної інтеграції мереж знань» (2014–2016 рр., ДР № 0113U004981), «Створення програмно-інформаційних засобів інформаційно-аналітичного забезпечення мережецентричних ситуаційних центрів» (2016–2020 рр., ДР № 0116U000794) Результати досліджень, що виконані в рамках дисертаційної роботи, також використовувались при розробці наукової теми Національного центру «Мала академія наук України»: «Створення інформаційно-аналітичної системи та методичних засобів моніторингу та оцінювання навчальних досягнень учнівської молоді на основі онтологій рішення задачі вибору» (2015–2017 рр., ДР № 0115U002523). У всіх вказаних вище дослідженнях здобувач брав участь як виконавець.

### **Обґрунтованість і достовірність наукових результатів**

У дисертаційній роботі Горборукова Вячеслава Вікторовича «Технологічні засоби онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування альтернатив» достовірність та обґрунтованість основних наукових положень, висновків і результатів досягається за рахунок:

- коректного застосування теорії множин та теорії графів;
- використання методів системного аналізу;
- розроблення ефективних алгоритмів, що базуються на послідовному аналізі та відсіву варіантів, динамічному програмуванні та методі гілок та границь;
- використання об'єктно-орієнтованого аналізу та шаблонів проектування для програмної реалізації відповідних засобів інформаційної технології;
- втілення в конкретні науково-технічні розробки результатів досліджень, що відображено у відповідних актах про науково-практичне впровадження.

**Основні наукові результати досліджень та наукова новизна дисертації.** Аналіз дисертаційної роботи надає змогу зробити висновок про те, що автором у ході досліджень отримано такі **нові результати досліджень**:

1. Уперше визначено умови застосування онтологій для багатокритеріальної задачі ранжування альтернатив та створено інформаційну технологію її розв'язання на основі онтологічної моделі предметної області.
2. Уперше для всебічного аналізу отриманих розв'язків задачі ранжування запропонована обернена задача, створена її математична модель та розроблено алгоритми, що базуються на ідеях методів послідовного аналізу та відсіву варіантів і динамічного програмування.
3. Уперше розроблено алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв, що дозволяє здійснювати об'єктивний аналіз та порівняння у єдиній шкалі

результатів розв'язання задач рейтингового оцінювання різними експертами для різних альтернатив.

4. Уперше запропонований підхід застосування онтологічних систем для розв'язання оптимізаційних задач, пов'язаних з оптимальним календарним плануванням проведення регламентно-відновлювальних робіт; розроблений інформаційний засіб розв'язання задачі технічного обслуговування для елементів територіально-розподіленої технічної системи.

5. Уперше для онтологічної моделі предметної області розроблено та формально описано конструктивний механізм отримання множин альтернатив та критеріїв з їх значеннями, що дозволяє автоматизувати процес побудови інформаційного наповнення для моделі задачі ранжування альтернатив за сукупністю показників.

6. Удосконалено онтологічну модель задачі вибору – визначено інтерпретаційні функції вибору для об'єктів-концептів таксономії, які пов'язані певними бінарними відношеннями часткового порядку і можуть мати унарні властивості, що характеризують їх у певному якісному вигляді.

**Практичне значення** отриманих здобувачем у дисертаційній роботі результатів полягає в тому, що у випадку використання онтологічних графів для представлення предметної області створена та програмно реалізована інформаційна технологія для розв'язання задачі ранжування альтернатив. Запропоновано підхід, який на етапі постаналізу для підвищення рівня обґрунтованості отриманих альтернативних розв'язків розглядає обернену задачу ранжування. Для розв'язку цієї задачі розроблено та реалізовано в ряді інструментальних засобів алгоритми, що базуються на ідеях методів послідовного аналізу варіантів та динамічного програмування.

Розроблено параметричний алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв, використання якого дозволяє підвищувати рівень об'єктивності при обчисленні рейтингових значень об'єктів, для яких здійснюється багатокритеріальний аналіз.

Розроблено інструментальний засіб, який на основі онтологічного представлення територіально-розподіленої системи дозволяє для її елементів знаходити оптимальні плани щомісячного проведення технічного обслуговування, що мінімізують штрафну функцію при обмеженнях комбінаторного типу.

Достовірність отриманих результатів підтверджується впровадженням результатів дисертаційної роботи в практичну та наукову діяльність наступних установ: Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАНУ; Національного центру «Мала академія наук України»; Національного університету «Києво-Могилянська академія», кафедри медичної інформатики Національної медичної академії післядипломної освіти ім. П. Л. Шупика, Комітету з питань будівництва, містобудування і житлово-комунального господарства Верховної ради України

### Структура роботи

Дисертаційна робота містить вступ, 4 розділи, висновки, перелік використаних джерел і додатки.

У вступі обґрунтована актуальність теми дослідження, визначені: мета, задачі, об'єкт, предмет і методи дослідження, вказані: наукова новизна та практична цінність роботи, особистий внесок здобувача, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, відомості про апробацію, публікації та впровадження результатів дослідження у практичну, наукову та навчальну діяльність.

У першому розділі на основі опрацьованої за темою дисертації літератури досліджено та проаналізовано етапи процесу розв'язання задач ранжування альтернатив, розглянуто основні MCDA методи, досліджено існуючі MCDA програмні засоби, що можуть використовуватись у процесі розв'язання задач ранжування альтернатив.

В результаті проведеного аналізу 20 MCDA-систем у більшості випадків була виявлена відсутність технологічних засобів, які б забезпечували онтологічний супровід при розв'язанні практичних задач ранжування та вибору.

Для етапу постаналізу після отримання альтернативних розв'язків запропоновано додатково досліджувати об'єкти, які на думку ОПР повинні були б зайняти більш високі місця після проведення ранжування. Для таких об'єктів сформульована обернена задача, яка повинна визначити, на скільки тому чи іншому об'єкту необхідно покращити критеріальні значення, щоб у підсумковому рейтинговому списку посісти задане ОПР місце.

У другому розділі розглядаються онтологічні аспекти задачі ранжування альтернатив, для її оберненої постановки наводяться математична модель та алгоритми розв'язання, для поширених на практиці задач рейтингового оцінювання запропоновано розроблений алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв.

Детально описано формальний процес отримання моделі задачі ранжування альтернатив з онтології операційного середовища, яке відображує предметну область проблемної задачі. Виділено п'ять етапів в залежності від рівнів сформованості моделі задачі ранжування: визначені тільки альтернативи, визначені тільки критерії, визначено множини альтернатив та критеріїв, для альтернатив встановлені значення за критеріями, задано правило ранжування для сформованої моделі. В результаті здійснення перетворення онтологічної моделі та проведення ранжування альтернатив фактично отримується розширення початкової онтології, яка набуває нові відношення переваг та властивості об'єктів.

Роботу розробленого алгоритму конкурентної нормалізації критеріїв детально проілюстровано на прикладі обчислення рейтингових балів 23 умовних альтернатив, які після проведення їх попереднього ранжування отримали значення за 100-бальною шкалою.

Для алгоритму розв'язання оберненої задачі ранжування, що базується на ідеології методу послідовного аналізу варіантів, для альтернативи, що обрана ОПР для додаткового дослідження, сформульовані та доведені теореми обчислення допусків порогових значень узагальненого показника та цільової функції, яка мінімізує відхилення нових значень критеріїв від початкових.

Для отримання розв'язку оберненої задачі ранжування також пропонується алгоритм, який розроблений на засадах методу динамічного програмування, згідно з яким визначено рекурентне співвідношення, що дозволяє зменшувати розмірність початкової задачі.

**Третій розділ** присвячено розробці інформаційної та функціонально-компонентної моделей системи розв'язку задач ранжування альтернатив. Інформаційну модель представляється як сукупність модулів інформаційного представлення онтологічного графу; інформаційного представлення моделі задачі ранжування; аналізу онтологічного графу; алгоритмічного забезпечення розв'язання задачі ранжування; контролерів, що забезпечують веб-інтерфейс користувача з системою. Функціонально-компонентна модель програмної системи розв'язку задач ранжування альтернатив представлена моделями, що задають поведінку системи, структуру системи та структуру програмних сутностей.

На базі вищевказаних моделей розроблено архітектуру програмної системи розв'язання задач ранжування альтернатив

У **четвертому розділі** розглядається розроблене програмне забезпечення для розв'язання прикладних задач, що відносяться до предметних областей, формальне і практичне представлення яких виконано у вигляді онтологічних графів:

- «Альтернатива», інструментальний засіб для розв'язання задачі ранжування, в математичне забезпечення якого входять MCDA методи, а також алгоритм отримання розв'язку оберненої задачі;

- «Оцінка досягнень», інструментальний засіб обчислення рейтингових балів учасників інтелектуальних конкурсних змагань, в якому реалізований алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв;

- «Технічне обслуговування», інструментальний засіб, що розв'язує оптимізаційну задачу календарного планування для здійснення робіт з технічного обслуговування елементів складної територіально розподіленої системи.

У **додатках** наведено список опублікованих дисертантом праць, відомості про апробацію результатів дисертації та документи, що підтверджують практичне значення і використання наукових і прикладних результатів, одержаних автором у дисертаційній роботі. Також в додатках описано Трансдисциплінарну Мережецентричну Інформаційно-Аналітичну Систему (ТМІАС) та наведено загальну архітектуру ІТ-платформи формування трансдисциплінарних інформаційних середовищ (ТОДОС).

Головні результати дисертації достатньо опубліковані в 16 наукових працях, із них 9 статей у фахових наукових виданнях (із них 2 – одноосібно, 1 – в наукових періодичних виданнях іноземних держав, 1 – у виданнях України, що включено до міжнародних наукометричних баз), 7 – в інших виданнях, збірниках і матеріалах наукових конференцій

Статті висвітлюють різні питання дисертаційної роботи і повною мірою відображають її зміст.

У працях, які опубліковано в співавторстві, коректно відображено особистий внесок дисертанта, а також забезпечено посилання на публікації інших авторів.

#### **Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації й автореферату**

Повний обсяг дисертації становить 216 сторінок машинописного тексту, список використаних джерел містить 156 найменувань, у рукописі є 39 рисунків, 14 таблиць та 7 додатків.

Дисертаційну роботу написано українською мовою грамотно, на достатньо високому науковому рівні. Застосована в роботі наукова термінологія є визнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання фахівцями.

Автореферат відповідає змісту дисертації, написаний грамотно, з використанням сучасної української наукової термінології. Оформлення дисертаційної роботи й автореферату повністю відповідає чинним вимогам.

При експертизі рукопису дисертації та автореферату не виявлено текстових запозичень, що не мають посилання на відповідні джерела.

#### **Зауваження до дисертаційної роботи:**

1. В розділі 1.1 наведено визначення Парето-оптимальної точки і проілюстрована границя Парето для двокритеріальної задачі, проте представлені факти є загальновідомими при розгляді практичних багатокритеріальних задач (стор. 25-26).

2. В розділі 2.1 визначається формальне перетворення моделі тематичної онтології у модель задачі ранжування (2.15) та (2.16), однак з наведених суджень не зрозуміла еквівалентність механізмів вибору (стор. 57).

3. В алгоритмі конкурентної нормалізації критеріїв (розділ 2.2) вводяться до розгляду параметри  $L$  та  $B$ , проте автор не наводить формальні правила, за якими вони ініціюються конкретними значеннями (стор. 68).

4. В розділі 2.3.3 для покращення сприйняття роботу алгоритму розв'язання оберненої задачі ранжування, що базується на динамічному програмуванні, було б бажано проілюструвати на конкретному прикладі.

5. Алгоритми розв'язання оберненої задачі ранжування (розділи 2.3.2 та 2.3.3) не проаналізовані на предмет їх часової складності.

6. Для інструментального засобу «технічне обслуговування» (розділ 4.3) бажано було б формально навести онтологічне представлення задачі

оптимального планування технічного обслуговування та процедури наповнення її інформаційного середовища.

На мою думку, зазначені зауваження не знижують у цілому достатньо високий рівень науково-практичного дослідження здобувача та практичної цінності отриманих ним результатів.

**Загальна оцінка дисертації та висновки.** Дисертаційна робота Горборукова Вячеслава Вікторовича «Технологічні засоби онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування альтернатив» є завершеною науковою працею, що присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі, яка полягає у створенні новітньої інформаційної технології розв'язання практичних задач ранжування альтернатив для предметних областей, представлення яких здійснено у вигляді онтологічної моделі.

За обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає всім вимогам п. 9, п. 11 та п. 12 «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 зі змінами), які висуваються до кандидатських дисертацій та паспорту спеціальності.

Здобувач **Горборуков Вячеслав Вікторович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.13.06 – «Інформаційні технології».

**Офіційний опонент:**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри інженерії програмного забезпечення  
Національного аерокосмічного університету  
ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»  
Міністерства освіти і науки України

*I.V. Shostak*  
І.В. Шостак

Підпис професора Шостака Ігоря Володимировича

*учасний секретар*



*Шостак І.В.*