

Національна академія наук України
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

ГОРБОРУКОВ ВЯЧЕСЛАВ ВІКТОРОВИЧ

УДК 004.62+004.82+303.732.4+519.81

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ОНТОЛОГІЧНОГО СУПРОВОДУ
РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ РАНЖУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент,
Франчук Олег Васильович,
Національний університет «Києво-Могилянська академія»,
доцент кафедри мережних технологій

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шостак Ігор Володимирович,
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,
професор кафедри інженерії програмного забезпечення,
доцент за кафедрою інженерії програмного забезпечення

кандидат технічних наук, професор
Самсонов Валерій Васильович,
Київський національний університет харчових технологій
професор кафедри інформаційних систем

Захист відбудеться 30 січня 2019 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.255.01 в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13, ауд. 601).

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13).

Автореферат розіслано 27 грудня 2018 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук



О. Г. Лебідь

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Необхідність в ранжуванні та виборі альтернатив виникає в багатьох сферах людської діяльності, пов'язаних з розв'язанням прикладних задач, що сприяють ефективному прийняттю обґрунтованих науково-технічних рішень. Складність і різноманіття ситуацій вибору вимагає врахування великої кількості різних факторів та критеріїв і потребує значного рівня компетенції та об'єму знань від особи, що приймає рішення (ОПР). Методи і підходи, що визначають процеси багатокритеріального вибору і прийняття рішень, розроблені в працях вітчизняних і зарубіжних вчених: Михалевича В.С., Волковича В.Л., Кнопова П.С., Згуровського М.З., Панкратової Н.Д., Волошина О.Ф., Заславського В.А., Айзермана М.А., Ларичева О.І., Малишевського А.В., Подиновського В.В., Ногіна В.Д., Keeney R.L., Raiffa H., Saaty T.L., Hwang C.L., Yoon K.P., Opricovic S., Zadeh L., Roy B., Brans J.P., Pareto M., Von Neumann J та інших.

Вирішення складних прикладних задач, що мають певну практичну значимість, багато в чому залежить від об'єктивності та достовірності інформації, яка найбільш виразно задається за допомогою таксономій. Таксономії здатні відобразити як структурні особливості предметної області (ПДО) задачі, так й відношення між поняттями, що утворюють її описи. Тому ефективним засобом представлення інформації в задачах ранжування є онтологія, яка формується на основі таксономій та функціональних властивостей понять, що їх утворюють.

Більш того, застосування онтологічних систем при розв'язанні задач ранжування, визначає процес їх вирішення як знаннево-орієнтовний, що лежить у напрямках, пов'язаних зі створенням та використанням різноманітних засобів обробки інформації, як пасивної системи мережових знань. Створення та застосування можливостей складних та знання-орієнтованих інформаційних систем розглядалися у дослідженнях Глушкова В. М., Гладуна В. П., Палагіна О. В., Широкова В. А., Анісімова А. В., Хорошевського В. Ф., Поспєлова Д. А., Овдій О. М., Гаврилової Т. А., Загорулька Ю. А., Марченко О.О., Андона П. І., Валькмана Ю. Р., Соловйової К. О., Стрижака О. Є., Яловця А. Л., Gruber T., Guarino N., Noy N., Corcho O., Gomez-Perez A., Gruninger M., Fernandez-Lopez M., Happel H., McGuinness D., Lee J. та інших.

Таким чином, актуальним є розроблення технології розв'язання задач ранжування та вибору, яка б забезпечила можливість використання властивостей онтологічних моделей предметних областей для підвищення ефективності розв'язання задач прийняття рішень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами. Дисертацію виконано в межах наукових тем 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). Також дисертаційне дослідження є частиною наукових тем 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» (2014–2016 рр., ДР № 0114U002173), «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).

Роль автора в науково-дослідних роботах та проектах полягає в розробці методів, засобів та відповідної інформаційної технології розв'язання задач ранжування на основі формування та використання онтологічних систем.

Об'єкт дослідження – багатокритеріальне прийняття рішень, онтологічні моделі і системи.

Предмет дослідження – методи і засоби ранжування альтернатив на основі онтологічного представлення предметної області.

Мета і завдання дослідження – розроблення технології розв'язання задач ранжування та вибору на основі використання онтологічних систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- дослідити існуючі MCDA системи, зокрема, на предмет використання ними онтологічного представлення проблемних задач;
- дослідити способи формального опису онтологічних структур;
- програмно реалізувати основні математичні методи та алгоритми ранжування об'єктів, що характеризуються сукупністю різних за вагомістю показників;
- виробити технологічний підхід для використання онтологічних структур в процесі формування і розв'язання задачі ранжування альтернатив та здійснення постаналізу отриманих результатів на основі переходу до оберненої задачі;
- сформулювати та розробити алгоритм розв'язку оберненої задачі ранжування.

Методи та теоретичні засади дослідження. Розв'язання задач дисертаційного дослідження ґрунтувалось на методах системного аналізу, дискретної та багатокритеріальної оптимізації, теоретичних засадах прийняття рішень, теорії графів, теорії множин; для програмної реалізації інформаційної технології – методології динамічного програмування, послідовного аналізу та відсіву варіантів, шаблони проектування та об'єктно-орієнтований аналіз.

Наукова новизна дослідження визначається тим, що вперше:

- визначено умови застосування онтологій в задачі ранжування;
- створено інформаційну технологію розв'язання задачі ранжування на основі онтологічного представлення предметної області;
- сформульована обернена задача ранжування та створено її математичну модель;
- розроблені алгоритми для розв'язку оберненої задачі ранжування;
- розроблено алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв для задач ранжування та рейтингового оцінювання альтернатив;
- запропонований підхід застосування онтологічних систем для розв'язку оптимізаційних задач.

Удосконалено:

- онтологічна модель задачі вибору;
- алгоритм знаходження оптимального плану технічного обслуговування ієрархічної системи заданої у вигляді онтологічного графу;
- технологія перетворення табличних даних в онтологічні графи (онтографи).

Таким чином, у дисертаційній роботі вперше розроблена інформаційна технологія онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування альтернатив за сукупністю показників, що дозволяє ефективно використовувати онтологічне представлення предметної області.

Практичне значення дисертаційного дослідження:

- на основі онтологічних графів створена та програмно реалізована технологія розв'язання задачі ранжування, в якій здійснення пост-аналізу відбувається в результаті розгляду оберненої задачі;
- розроблено алгоритмічне забезпечення для розв'язку оберненої задачі ранжування;
- реалізовано алгоритм конкурентної нормалізації у системі рейтингового оцінювання досягнень учнівської молоді в інтелектуальних конкурсах;
- для елементів складної технічної системи на основі її онтологічного представлення розроблено інструментальний засіб знаходження оптимальних планів проведення регулярних регламентно-відновлювальних робіт.

Практичне значення одержаних результатів дослідження підтверджується актами про впровадження в наукову, прикладну та освітню діяльність: 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.

Особистий внесок здобувача. Основні ідеї та наукові результати дисертаційної роботи отримані автором особисто та висвітлені у шістнадцяти працях, чотири з яких виконані одноосібно: [5,7, 10, 13].

У наукових працях, опублікованих у співавторстві, автору дисертації належать: онтологічне представлення предметної області в задачах ранжування альтернатив [3, 14,15]; онтологія задачі вибору та задачі ранжування альтернатив [9]; модель багатокритеріального вибору на основі онтології тем предметів [6, 8]; пост-аналіз в задачі ранжування альтернатив у випадку застосування методу аналізу ієрархій [1]; постановка оберненої задачі ранжування альтернатив та алгоритм її розв'язання [2, 16]; алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв в задачах рейтингового оцінювання [12]; алгоритм пошуку оптимальних планів технічного обслуговування елементів складної системи [4]; інструментальні засоби підтримки прийняття рішень в задачах ранжування альтернатив [11].

Апробація результатів. Основні положення та результати дисертаційного дослідження було обговорено та викладено в доповідях на наукових конференціях та науково-практичних заходах: VIII Міжнародна конференція «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» – ТАAPSD'2011, (м. Ялта, 2011 р.); XII міжнародна науково-практична конференція «Розробка і впровадження сучасних інформаційних технологій підтримки рішень по забезпеченню екологічної безпеки регіонів та ефективному використанню їх відновлюваних природних ресурсів» (Кацівелі, 2013 р.); II міжнародна науково-практична конференція «Геоінформаційні технології у територіальному управлінні» (м. Одеса, 2015 р.); I Міжнародний науково-практичний форум «Наука і бізнес» (м. Чернівці, 2015 р.); XX-й міжнародний молодіжний форум «Радіoeлектроніка та молодь у XXI столітті» (м. Харків, 2016 р.); XVI Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальний аналіз інформації» ім. Т. А. Таран (м. Київ, 2016 р.); XIII Міжнародна конференція «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» – ТАAPSD'2016, (м. Київ, 2016 р.); Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми математичного моделювання, обчислювальних методів та інформаційних технологій» (м. Рівне, 2018 р.); спільна нарада представників ДП «КБ «Південне» і Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України щодо використання когнітивної ІТ-платформи «ТОДОС» у розробці ракетно-космічної техніки (Дніпро, 2018 р.); нарада у президента НАН України академіка НАН України Б. Є. Патона щодо результатів апробації в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона та можливості подальшого використання інформаційної ІТ-платформи «ТОДОС» (Київ, 2018 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації з викладенням її основних результатів опубліковано 16 наукових праць, серед яких 9 – 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.

Структура роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (156 позицій) та семи додатків. Загальний обсяг дисертації становить 216 сторінок, із них 142 сторінки основного тексту. Робота містить також 14 таблиць та 39 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету дисертаційного дослідження, викладено короткий зміст дисертації та отриманих у ній результатів, виділено її наукову новизну та практичну значимість.

У першому розділі «**Методи і системи ранжування альтернатив**» проведено огляд літератури за темою дисертації, проаналізовані процес розв'язання задач ранжування та MCDA методи, що можуть бути застосовані в дискретному випадку.

Процес проведення ранжування та вибору складається з наступних етапів: визначення проблемної задачі, структурування проблеми, реалізація оптимального вибору, пост-аналіз та отримання результату. Як відомо, помилки на етапі структуризації призводять до утворення хибної моделі задачі, яка швидше за все, призведе до неточних результатів. Отже, якість отриманого розв'язку задачі в першу чергу залежить від вдалого структурування, що вимагає від ОПР скрупульозної деталізації проблемної області для визначення критеріїв, альтернатив та іншої інформації. Саме цей етап може бути ефективно здійснений на основі онтологічного підходу, оскільки онтологія – це детальний опис предметної області за допомогою концептуальної схеми. Така схема складається з ієрархічної структури даних та містить інформацію про властивості об'єктів та відношення між ними.

Після проведення ранжування альтернатив (об'єктів) здійснюється пост-аналіз отриманого розв'язку. На цьому етапі повинна існувати можливість додаткового дослідження таких об'єктів, які не стали «переможцями», але з огляду на специфіку конкретної задачі можуть представляти інтерес для ОПР. В результаті виникає обернена задача ранжування, яка повинна визначити, на скільки тому чи іншому об'єкту необхідно покращити критеріальні значення, щоб у підсумковому рейтинговому списку посісти задане ОПР місце. Розв'язки таких обернених задач породжують додаткові властивості об'єктів дослідження, що може розширювати початкову онтологічну модель. У підсумку це призводить до підвищення ефективності процесу прийняття рішень.

Таким чином, онтологічна модель може бути цінним джерелом надходження інформаційного ресурсу на всіх етапах процесу прийняття рішень.

Досліджено існуючі MCDA програмні засоби, що можуть використовуватись у процесі розв'язання задачі ранжування альтернатив. Перелік проаналізованих засобів складається із 20 систем та включає такі програмно-інформаційні рішення, як: 1000Minds, Analytica, Criterium Decision Plus, DecideIT, D-Sight, GMAA, Logical Decisions, Promax, V.I.P. Analysis та інші.

У результаті проведеного аналізу, фрагмент якого показий в табл. 1, було виявлено, що на теперішній час не існує достатніх технологічних засобів для онтологічного супроводу роботи MCDA-систем. Тільки декілька з усіх програмних засобів містять певні елементи онтологічного супроводу, що здебільшого пов'язано з можливістю візуального формування таксономічної структури. Наприклад, у системі «Criterium Decision Plus» існує режим мозкового штурму, в якому ОПР може визначати предметну область за допомогою графової структури. Це дозволяє встановлювати елементи проблемної задачі та відношення між ними.

Однак повноцінний онтологічний супровід полягає в застосуванні вже створеної експертом предметної області онтологічної моделі для формування та розв'язання задачі ранжування. Таким чином, знання експерта можуть бути ефективно використані.

Табл. 1. Фрагмент таблиці результатів порівняння MCDA-систем

Програмний засіб	Модель задачі		MCDA методи			Пост аналіз	
	Ієрархічна модель критеріїв	Елементи онтологічного супроводу	MAUT/MAVT	АНР	Outranking	Обернена задача ранжування	Аналіз чутливості
Analytica	Так	Так	Так				Так
Criterium Decision Plus	Так	Так	Так	Так			Так
D-Sight	Так		Так		Так		Так
Logical Decisions	Так		Так	Так			Так
V.I.P. Analysis			Так				Так

Результати першого розділу дали змогу сформувати раніше невизначену задачу створення технологічних засобів для онтологічного супроводу процесів ранжування альтернатив за сукупністю показників та сформулювати основні завдання дисертаційного дослідження.

Основні результати розділу опубліковано в [3, 5, 9].

У другому розділі «Математичні моделі та алгоритми розв'язку задач ранжування альтернатив» описано онтологічну модель задачі ранжування, розроблений алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв, наведені постановка та алгоритми розв'язання оберненої задачі ранжування.

Онтологія деякого операційного середовища в загальному випадку формально представляється впорядкованою трійкою:

$$O = \langle X, R, F \rangle, \quad (1)$$

де X – множина концептів (понять) предметної області, R – множина відношень та властивостей між ними, F – функції інтерпретації (визначень) X та/або R , які складають функціональну частину операційного середовища.

Однією з системних компонент онтологічної системи є таксономія, що відображає певну ієрархію взаємодії концептів. При цьому власне ієрархія задається за допомогою бінарних відношень, що визначають характер взаємодії між концептами онтології.

Таксономія – непуста підмножина $\tilde{T}$ множини концептів X онтології O над якими задано відношення упорядкованості $R_t, R_t \subset R | R_t \neq \emptyset$.

Застосування онтологій в задачі ранжування забезпечується виконанням умов існування не пустого перетворення таксономії в множину альтернатив та не пустого відображення множини властивостей об'єктів, що складають онтологію у множину

критеріїв задачі ранжування. Тоді для формування моделі задачі ранжування на основі онтології стає можливим визначення певного перетворення $\tilde{\mathcal{H}}_{MR}$:

$$\tilde{\mathcal{H}}_{MR}: \langle X, R, F \rangle \rightarrow \langle A, K, \tilde{F}, G \rangle = M_R \quad (2)$$

де M_R – модель задачі ранжування, A – множина альтернатив, K – множина критеріїв, $\tilde{F} = \{f_1, f_2, \dots, f_{|K|}\}$ – набір функцій що визначають критеріальні значення, G – правило ранжування.

Математична модель M_R задачі ранжування формально описується набором альтернатив $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ та критеріїв $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$. Кожна альтернатива $x \in A$ характеризується значеннями деякої сукупності показників $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$. Кожна функція $f_j(x) \in Q_j$, $j \in J = \{1 \dots m\}$ задає значення j -го критерія, яке належить або до наперед визначеної множини, або обраховується у відповідності з певними математичними правилами. Значення j -го критерія належать множині Q_j .

Отже, задача ранжування альтернатив за сукупністю показників полягає у встановленні певного порядку

$$A_{i_1} \geq A_{i_2} \geq \dots \geq A_{i_n}, \quad i_1, i_2, \dots, i_n \in \{1 \dots n\} \quad (3)$$

на основі обчислення значень деякого узагальненого показника $G(x)$ для кожного елемента множини A :

$$\begin{aligned} G(x) &= G(f(x), W) = G((f_1(x), \dots, f_m(x)), (\omega_1, \dots, \omega_m)), \\ x \in A &= \{A_1, \dots, A_n\}, \\ W &= (\omega_1, \dots, \omega_m), \quad \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \quad \omega_j > 0, \end{aligned} \quad (4)$$

де значення $G(x)$ обчислюються за певним правилом (алгоритмом), що визначається математичним методом, який використовується в кожному конкретному випадку, причому

$$G(A_{i_1}) \geq G(A_{i_2}) \geq \dots \geq G(A_{i_n}) \quad (5)$$

а W – є нормованим вектором вагових коефіцієнтів критеріїв

В залежності від ступеня сформованості моделі задачі ранжування виділено наступні випадки:

M_R^{1A} – визначені тільки альтернативи;

M_R^{1K} – визначені тільки критерії;

M_R^2 – визначено множини альтернатив і критеріїв;

M_R^3 – для альтернатив встановлені значення за критеріями (при такій моделі вважається, що задача ранжування сформована);

M_R^4 – задано правило ранжування для сформованої моделі.

Фактично механізм формування моделі задачі ранжування та її розв'язання на основі онтології (1) є багатоетапним процесом, кожен з яких потребує використання

окремих процедур. Загальну схему виконання такого перетворення можна представити таким процесом:

$$O \rightarrow M_R^{1A} \Leftrightarrow M_R^2 \rightarrow M_R^3 \rightarrow M_R^4 \rightarrow O^* \quad (6)$$

де O^* – розширення онтології O в результаті здійснення ранжування, що для об'єктів онтології (альтернатив) $A \subseteq X$ визначає нові відношення переваг та властивості. Крім того, слід зазначити, що нові властивості можуть бути встановлені і в наслідок пост-аналізу на основі розв'язку оберненої задачі ранжування.

Отже, перший етап формування моделі задачі ранжування полягає в виокремленні з множини об'єктів X елементів, які можуть розглядатись, як альтернативи – однорідні об'єкти, що характеризуються спільними властивостями. Такий відбір може здійснюватись на основі функції вибору, яка може визначатись за допомогою типу структури гіпервідношення виду $Y\gamma Z$, що зв'язує пари множин, і є узагальненням бінарних відношень:

$$F_{sel}(X) = Y, \quad Y \subseteq X \Leftrightarrow Y\gamma Z, \quad Z \subseteq X \quad (7)$$

Виходячи з формального визначення онтології (1) та категорії вибору, представимо онтологію задачі вибору $OTPC_h$ у вигляді наступного виразу:

$$O_{TPCh} = \langle \tilde{T}, (\tilde{\rho} \vee R^+), F_{sel}(\tilde{T}) \rangle \quad (8)$$

де $\tilde{T} \subseteq X$ – таксономія, $\tilde{\rho} \in R_t \subseteq R$ – частковий порядок, R^+ – властивості об'єктів, F_{sel} – функція вибору. Визначимо механізми вибору альтернативних варіантів. Порядок $\tilde{\rho}$ може бути розширеним до відношення транзитивного замикання ρ^+ .

$$x_i^j \tilde{\rho} x_l^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j \rho^+ x_l^k \quad (9)$$

Тоді можна визначити функцію вибору на основі гіпервідношення γ_1^+ та γ_1^- між множинами $Y \subseteq \tilde{T}$ та $Z \subseteq \tilde{T}$ такі що:

$$\begin{aligned} Y\gamma_1^- Z, \quad Y &= \{y \in \tilde{T} \mid \exists z(z \in Z): z\rho^+ y\}, \quad Z \subseteq \tilde{T} \\ Y\gamma_1^+ Z, \quad Y &= \{y \in Y^* \mid \nexists x(x \in \tilde{T}, x \neq y): y\tilde{\rho} x\}, \quad Y^*\gamma_1^- Z, \quad Z \subseteq \tilde{T} \\ F_{sel}(\tilde{T}) &= Y, \quad Y = \{y \in Y_1/Y_2\}, \quad Y_1\gamma_1^+ Z_1, \quad Y_2\gamma_1^- Z_2, \quad Z_1 \subseteq \tilde{T}, Z_2 \subseteq \tilde{T} \end{aligned} \quad (10)$$

Описана функція вибору визначає кінцеві елементи таксономії, що є нащадками класів (категорій), які входять у множину Z_1 та відповідно не є нащадками класів заданих множиною Z_2 .

Нехай R^+ – множина всіх властивостей (атрибутів), якими характеризуються об'єкти онтології. За допомогою гіпервідношення γ_2 можна задати для певного об'єкта $x \in \tilde{T}$ множину його властивостей $P_x = \{P \subseteq R^+ \mid P\gamma_2 x\}$. Аналогічно, як і для функції вибору в попередньому випадку можна задати відповідні гіпервідношення γ_3^- та γ_3^+ залишивши правило вибору (10) та увівши порогове значення q :

$$\begin{aligned} Y\gamma_3^+ Z, \quad Y &= \{y \in \tilde{T} \mid \forall y: (|Z \cap P_y| > q)\} \\ Y\gamma_3^- Z, \quad Y &= \{y \in \tilde{T} \mid \forall y \exists z(z \in Z): z \in P_y\} \end{aligned} \quad (11)$$

Механізми вибору (10) та (11) є еквівалентними, оскільки приналежність до певного класу можна вважати властивістю об'єкта.

Розглянемо гіпердомінатний механізм вибору оптимальних комплектів на основі гіпервідношення γ_4 заданого за допомогою скалярної функції $\Phi(Z)$ (гіпершкала): $Y\gamma_4 Z \Leftrightarrow \{\Phi(Y) \geq \Phi(Z)\}$, .

Тоді функція вибору буде мати наступний вигляд:

$$F_{sel}(\check{T}) = Y, \quad \Phi(Y) = \max_{Z \subseteq \check{T}} \Phi(Z) \quad (12)$$

$$\Phi(Z) = GH_1\left(|Z|, \left|\bigcap_{z \in Z} P_z\right| - \left|\bigcup_{z \in Z} P_z\right| + \hat{q}, \left|\bigcap_{z \in Z} P_z\right| - \check{q}\right), \quad Z \subseteq \check{T} \quad (13)$$

де функція $GH_1(x, y, z) = x \cdot (\text{sign}(y) + \text{sign}(z))$, $\hat{q}, \check{q}$ – цілочисельні параметри.

Функція $\Phi(Z)$ може бути визначена також за допомогою безпосередньо попарних порівнянь.

$$\Phi(Z) = \left(\sum_{x \in Z} \sum_{y \in Z, x \neq y} GH_2(x, y, Z) \cdot \text{Pr}(x, y, Z) \right), \quad Z \subseteq \check{T} \quad (14)$$

де $\text{Pr}(x, y, Z)$ – функція, яка на основі предикатів визначає, чи володіє комплект об'єктів мінімальними до них вимогами.

$GH_2(x, y, Z)$ – функція, яка визначає міру схожості об'єктів x та y ($x \in Z, y \in Z$) та, яка може враховувати кількість елементів в комплекті, за замовчуванням її можна покласти $GH_2(x, y, Z)=1$.

$$\text{Pr}(x, y, Z) = \begin{cases} 1, & \text{Pr}_1(x, y) \wedge \text{Pr}_2(x, Z) \wedge \text{Pr}_2(y, Z) \\ -\infty, & \neg \text{Pr}_1(x, y) \vee \neg \text{Pr}_2(x, Z) \vee \neg \text{Pr}_2(y, Z) \end{cases}$$

$$\text{Pr}_1(x, y) = (|P_x \cap P_y| \geq \check{q}) \wedge (|P_x \cup P_y| - |P_x \cap P_y| \leq \hat{q})$$

$$\text{Pr}_2(x, Z) = |P_x| - \left| \bigcup_{z \in Z} P_z \right| \geq \tilde{q}$$

де P_x, P_y – множини властивостей елементів x та y ($x \in Z, y \in Z$), параметри $\check{q}, \hat{q}, \tilde{q}$ – цілочисельні порогові значення.

Наступний етап полягає у встановленні множини атрибутів, що можуть розглядатись, як критерії K . Це може бути здійснено наступним чином:

$$K = \bigcup_{z \in A} P_z, \quad F_{sel}(\check{T}) = A, \quad A \subseteq \check{T} \quad (15)$$

Етапи формування альтернатив та критеріїв взаємопов'язані $M_R^{1A} \Leftrightarrow M_R^2$, оскільки властивості об'єктів дозволяють встановлювати множину альтернатив, які в свою чергу характеризуються спільними атрибутами.

Далі встановлюються критеріальні значення для альтернатив із триарного відношення (“об’єкт”, “атрибут”, “значення”).

Таким чином, елементи математичної моделі (3)–(5) отримуються, як результат застосування перетворення $\tilde{\mathcal{H}}_{MR}$ (2) до онтологічної моделі предметної області.

Слід зауважити, що яким би методом не розв’язувалась задача (3)–(5), достовірність отриманого результату суттєво залежить від способу перетворення значень Q_j , $j \in J$ в єдину шкалу для всіх критеріїв. Так, на практиці достатньо часто застосовують формулу

$$f'_j(x) = q_{min} + (q_{max} - q_{min}) \left(\frac{f_j(x) - \inf Q_j}{\sup Q_j - \inf Q_j} \right), x \in X = \{A_1, \dots, A_n\}, \quad (16)$$

проте, вона може не зовсім коректно відображувати «суттєвість» переваги однієї альтернативи над іншою після переведення початкових значень $f_j(x)$ у шкалу $[q_{min}; q_{max}]$. В результаті при використанні отриманих значень $f'_j(x)$ в узагальненому показнику (4) розв’язок задачі (3)–(5) може бути хибним.

Нехай кожна альтернатива A_i за цим показником має значення b_i ($f_j(A_i) = b_i$, $i = \overline{1, n}$), а b_{ideal} – максимальне потенційно можливе значення за j -м критерієм, b_{ideal} визначається ОПР і може або співпадати з максимумом шкали значень цього критерію, або обчислюватись в певний спосіб в залежності від «потенційної» здатності альтернативи набути це значення; $b_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{n}$ – середнє значення.

Розробимо відповідне перетворення

$$\Psi: [b_{min}, b_{max}] \rightarrow [0; 1], \quad (17)$$

за яким кожне значення b_i , $i = \overline{1, n}$ отримає свій еквівалент у шкалі рейтингових балів $[0; 1]$. Слід зауважити, що у випадку застосування (16) $q_{min} = 0$, $q_{max} = 1$.

В геометричній інтерпретації будемо вважати, що рейтинговий бал кожної альтернативи залежить від довжини ламаної, яка починається з центру координат і проходить через точки, абсциси яких є значеннями j -го критерія.

Величина кута відхилення α кожної наступної ланки від попередньої вважається не змінною (рис. 1.) і обраховується з таких міркувань:

$$\frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_{n+1}}}{n} = \frac{\sum_{k=1}^n \left((n - k + 1) \frac{(b_k - b_{k-1})}{\cos((k-1)\alpha)} \right)}{n \left(\sum_{k=1}^{n+1} \frac{(b_k - b_{k-1})}{\cos((k-1)\alpha)} \right)} = 0.5, \quad (18)$$

$$B_i = \frac{P_i}{P_{n+1}}, \quad i = \overline{1, n} - \text{величина балу } i\text{-ї альтернативи у шкалі } [0; 1],$$

$$P_i = P_{i-1} + \frac{(b_i - b_{i-1})}{\cos((i-1)\alpha)}, \quad i = \overline{1, n} - \text{довжина ламаної від центру координат до}$$

точки з абсцисою b_i .

Рівняння (18) може бути розв’язане методом дихотомії.

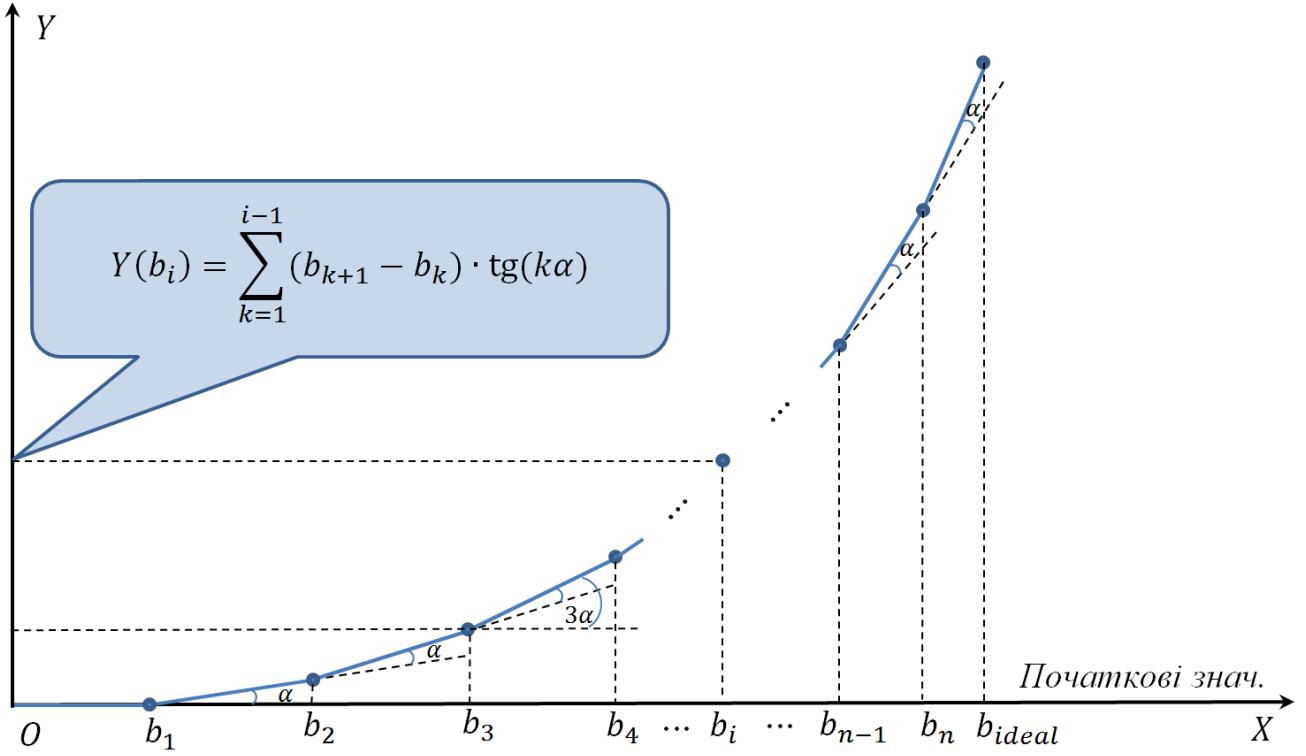


Рис. 1. Геометрична інтерпретація перетворення Ψ

Відповідно до алгоритму конкурентної нормалізації ОПР повинен визначити віддаленість середнього балу від 0, щоб забезпечити ступінь переваги L очікувано-максимального балу B_* над середнім балом B_{avg} . Далі визначається величина стискування $\mu = (L - 1) / (2B_* - 1)$ і остаточні рейтингові бали:

$$R_i = q_{min} + (q_{max} - q_{min}) \cdot \frac{\tilde{B}_i}{\tilde{B}_{max}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (19)$$

де $\tilde{B}_i = B_i / \mu$ для $B_i \leq 0.5$ і $\tilde{B}_i = 0.5 / \mu + (B_i - 0.5)$ для $B_i > 0.5$, $\tilde{B}_{max} = 0.5 / \mu + 0.5$.

Після розв'язання задачі (3)–(5) може виникнути інша (обернена) задача – при яких мінімальних змінах значень $f_j(a')$, $j \in J$ можна покращити рейтинг обраної альтернативи $a' \in A$? Бажаним результатом розв'язку нової задачі вважається отримання даною альтернативою рейтингу r , не нижче від наперед заданого значення p ($1 \leq p < n$). Математична модель задачі має вигляд:

$$h(\theta, V) = \sum_{j=1}^m v_j \theta_j \rightarrow \min \quad (20)$$

$$G(f(a', \theta), W) \geq G(f(A_{ip}), W), \quad (21)$$

$$\theta = (\theta_1, \dots, \theta_m) \in \Theta = (\Theta_1 \times \dots \times \Theta_m), \quad \Theta \subset \mathbb{R}^m, \quad (22)$$

де $f(a', \theta) = (f_1(a') + \theta_1, f_2(a') + \theta_2, \dots, f_m(a') + \theta_m)$, $\theta \in \Theta$,

$\Theta_j = \{\theta_j^0, \theta_j^1, \theta_j^2, \dots, \theta_j^{r_j}\}$, $j \in J$ – множина параметрів, які визначають можливість покращення за j критерієм.

Розглянемо випадок, коли для розв'язку задачі (3)–(5) використовується лінійно-адитивна згортка критеріїв. Тоді обмеження (21) буде мати вигляд.

$$\sum_{j \in J} \omega_j \theta_j \geq G^* \quad (23)$$

де $G^* = G(A_{i_p}) - G(a') = \text{const}$ – це саме той бар'єр, який треба подолати альтернативі a' , щоб у підсумку посісти місце не нижче ніж p .

Для розв'язання задачі (20)–(23) розроблені алгоритми, що базуються на ідеології методу послідовного аналізу варіантів (ПАВ) та динамічного програмування.

Згідно з методом ПАВ необхідно розробити процедури відсіву варіантів. Сформульовані та доведені теореми.

Теорема 1. Величина

$$d_j = G^* - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^m w_k \cdot \max\{\theta_k | \theta_k \in \Theta_k\} \quad (24)$$

є допуском для множини Θ_j за обмеженням (21).

За обмеженням (21) і допусками (24) відсіювання елементів з множин $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_m$ відбувається знизу. Якщо у підсумку множина допустимих розв'язків суттєво не зменшилась, необхідно розглянути допуски за цільовою функцією (20). Нехай на деякому кроці алгоритму розв'язку задачі (20)–(23) отримано допустимий розв'язок θ^* і $h^* = h(\theta^*, V)$. Має місце твердження.

Теорема 2. Величина

$$c_j = h^* - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^m v_k \cdot \min\{\theta_k | \theta_k \in \Theta_k\} \quad (25)$$

є допуском для множини Θ_j за цільовою функцією (20).

Таким чином, алгоритм розв'язання задачі (20)–(23) методом ПАВ полягає в ітераційному відсіюванні елементів множини Θ за допусками (24), (25).

У відповідності до ідеології методу динамічного програмування для розв'язання задачі (20)–(23) визначене рекурентне співвідношення, за яким початкова задача зводиться до задач меншої розмірності:

$$\tilde{H}(k, \tilde{G}, \Theta, W, V) = \begin{cases} \min_{\theta_k \in \Theta_k} (v_k \theta_k + \tilde{H}(k-1, \tilde{G} - \omega_k \theta_k, \Theta, W, V)), & \tilde{G} \geq 0, k > 0 \\ 0, & \tilde{G} < 0, k \geq 0 \\ \infty, & \tilde{G} \geq \sum_{i=1}^k \omega_i \max \Theta_i, k \geq 0 \end{cases} \quad (26)$$

Рекурентне співвідношення (26) дозволяє побудувати алгоритм, який за поліноміальний час знаходить наближений розв'язок $\tilde{H}'$ з заданою точністю ε для обмеження (23), тобто $\sum_{i=1}^k \omega_i \theta_i > G^* + \varepsilon$, де θ – знайдений розв'язок.

Основні результати розділу опубліковано в [1–3, 5–7, 9, 10, 12, 14, 16].

В третьому розділі «Архітектура системи розв'язку задач ранжування альтернатив» описано архітектуру відповідної системи, що базується на інформаційній та функціонально-компонентній моделях системи.

Інформаційну модель системи представлено сукупністю модулів S_A , що інтегруються в інформаційно-аналітичну систему ТОДОС. Загальний склад системи має такий вигляд:

$$S_A = \{S_{MO}, S_{MT}, S_{OA}, S_{AL}, S_{CO}\} \quad (27)$$

де S_{MO} – модуль інформаційного представлення онтологічного графу та базові операції над ним; S_{MT} – модуль інформаційного представлення моделі задачі ранжування; S_{OA} – модуль аналізу онтологічного графу; S_{AL} – алгоритмічне забезпечення розв'язання задачі ранжування; S_{CO} – контролери, що відповідають за підготовку даних для відображення у веб-інтерфейсі користувача та за обробку його запитів до системи.

Функціонально-компонентна модель програмної системи розв'язку задач ранжування альтернатив має такий вигляд:

$$S_R = \langle M_D, M_S, M_p \rangle \quad (28)$$

Елементи, що входять в дану модель: M_D – модель, що задає поведінку системи; M_S – модель, що задає структуру системи; M_p – модель, що задає структуру програмних сутностей;

Модель поведінки системи включає в себе множину UML-діаграм варіантів використання системи, активності та взаємодії. UML-діаграму варіантів використання програмної системи розв'язку задач ранжування альтернатив зображено на рис. 2. Дана діаграма показує, які процеси виконуються в рамках кожної з підсистем, і які користувачі відповідають за кожен із процесів.

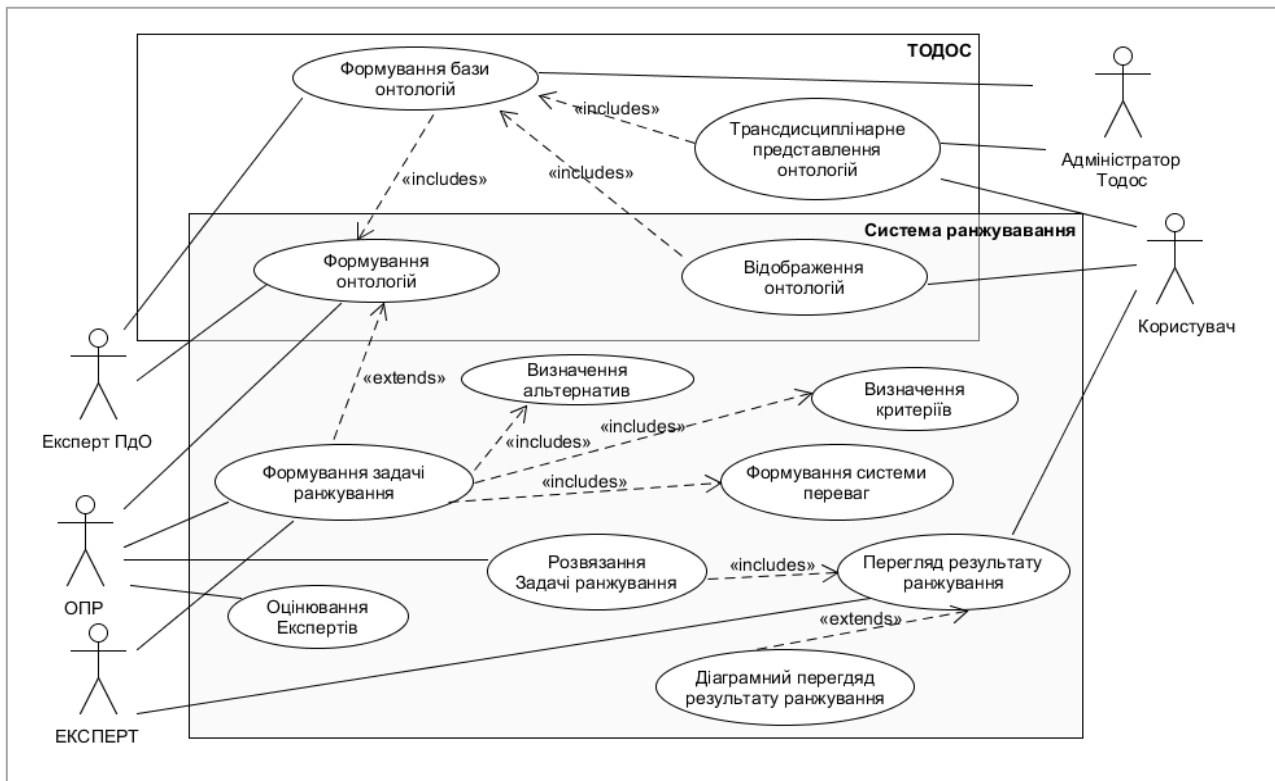


Рис. 2. Способи використання системи

На основі діаграми варіантів використання будується діаграма активності, яку показано на рис. 3.

Діаграма активності описує алгоритм роботи з програмною системою розв'язку задач ранжування альтернатив.

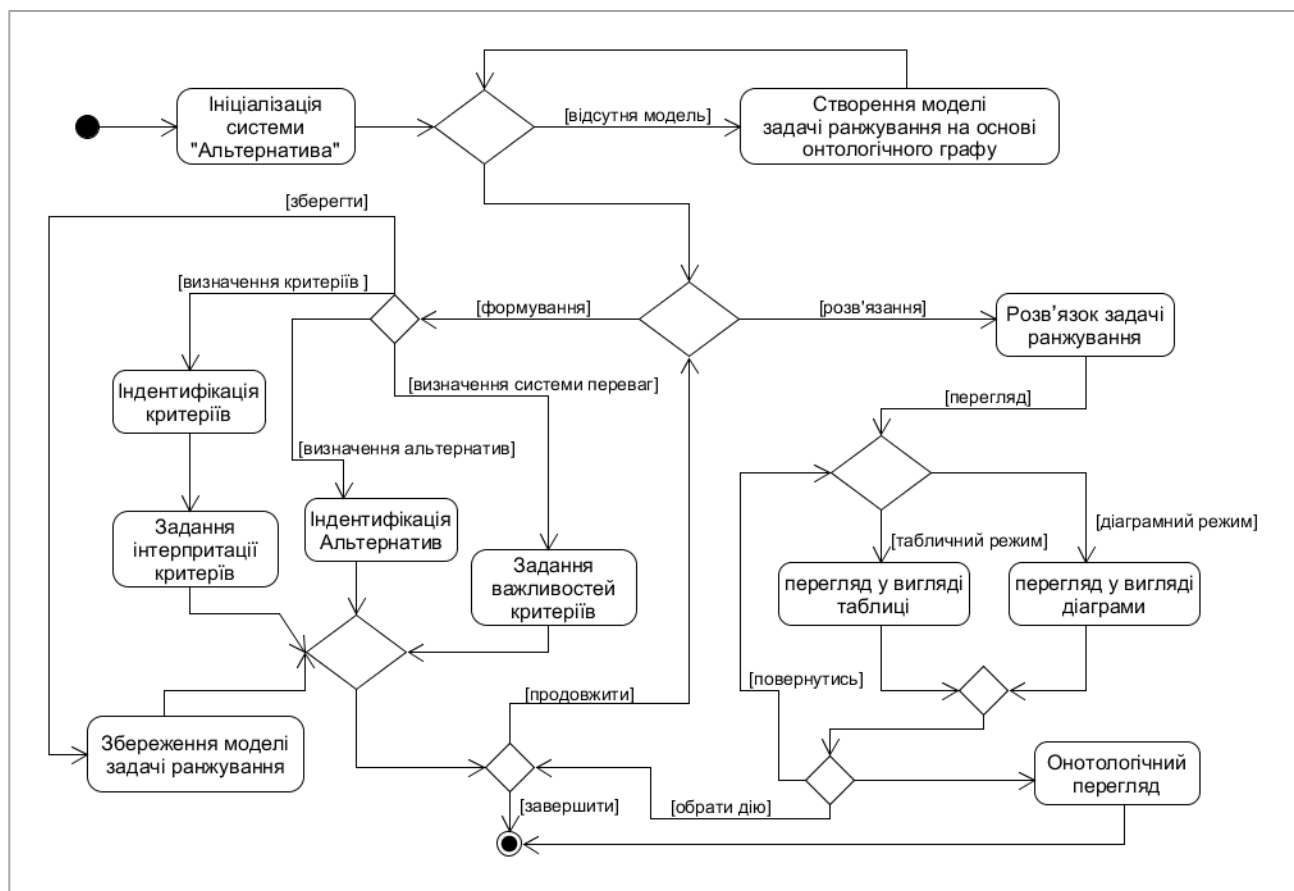


Рис. 3. Діаграма активності системи

На основі вищенаведених моделей сформовано архітектуру програмної системи розв'язку задач ранжування альтернатив (рис. 4). Вона показує склад, структуру та особливості функціонування даної системи.

Розроблена в рамках третього розділу архітектура системи є основою для практичної реалізації системи розв'язку задач ранжування альтернатив.

Основні результати розділу опубліковано в [6, 11-14].

У четвертому розділі **«Інструментальні засоби формування інформаційно-аналітичних середовищ на основі розв'язання задач ранжування альтернатив»** описуються інструментальні засоби, в яких програмно реалізована технологія онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування.

«Альтернатива» – інструментальний засіб для розв'язку задачі ранжування. Онтологічна модель, що створюється експертом ПдО та/або ОПР є основою на якій формується модель задачі ранжування. В математичне забезпечення цієї системи входять основні методи багатокритеріального прийняття рішення (MCDA методи), а також алгоритм для розв'язку оберненої задачі ранжування. Система дозволяє відображувати отриманий рейтинговий список об'єктів, як у табличному вигляді, так і у вигляді діаграм.

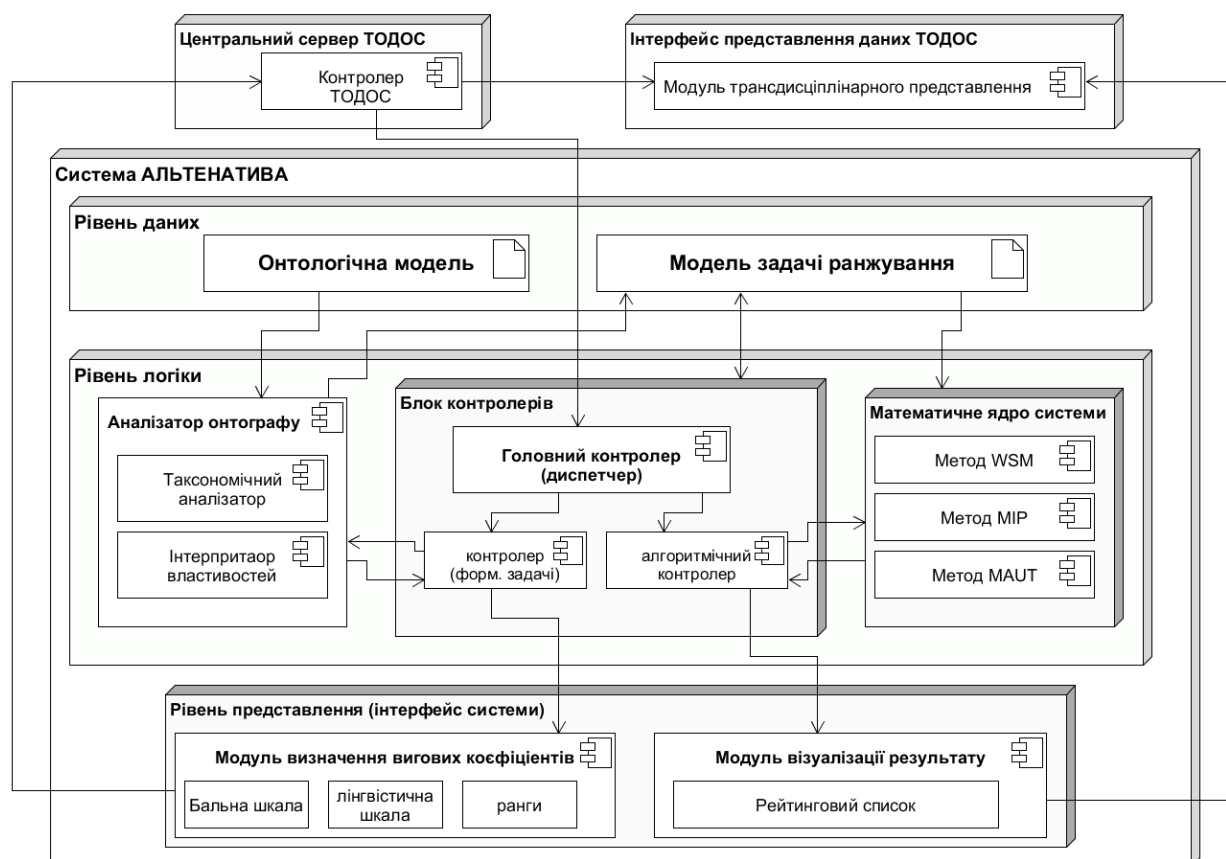


Рис. 4. Архітектура системи розв'язку задач ранжування альтернатив

«Оцінка досягнень» – інструментальний засіб, що дозволяє здійснювати міждисциплінарне рейтингування учасників конкурсних змагань, у тому числі учасників Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів Малої академії наук України (рис. 5).



Рис. 5. Інструментальний засіб «Оцінка досягнень»

Основна мета створення такої загальнодержавної мережевої інформаційно-аналітичної системи оцінювання досягнень учнів України – виявлення обдарованих молодих людей, які своїми інтелектуальними досягненнями заслуговують на увагу та підтримку з боку держави. Головна проблема полягала у виробленні науково-обґрунтованого підходу для коректного обрахунку рейтингових балів учнів. В системі такий обрахунок був здійснений на основі алгоритму конкурентної нормалізації. Крім перегляду рейтингової таблиці учнів та можливості фільтрації даних, у користувача є потужні засоби для проведення аналітичних досліджень по регіонам, школам, секціям/предметам та інше за допомогою можливості створення різнобічних кругових і стовпчикових діаграм та графіків. При розробці засобу використаний онтологічний підхід.

«Технічне обслуговування».

При експлуатації територіально-розподілених систем для продовження термінів їх працездатності, враховуючи неминучі процеси «старіння» систем та зносу елементів підсистем, застосовуються гнучкі стратегії технічного обслуговування (ТО). В інструментальному засобі реалізована технологія перетворення онтологічної моделі територіально-розподіленої системи в оптимізаційну модель пошуку оптимальних планів ТО. Виявлення критичних елементів, для яких потрібне проведення ТО здійснюється за допомогою розв'язку задачі ранжування. Для знаходження оптимальних планів ТО розроблений алгоритм, що базується на ідеології методу динамічного програмування.

У розділі наведені приклади використання розроблених інструментальних засобів на основі онтологічного супроводу.

Основні результати розділу опубліковано в [4-6,8, 9, 11-14].

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дисертаційного дослідження розроблений підхід до аналізу онтологічного представлення предметної області з метою виокремлення об'єктів, що є складовими для формування моделей задач ранжування та вибору. Основні результати роботи є такі:

1. Проведено аналіз існуючих програмних засобів багатокритеріального прийняття рішень. Дослідження показало, що існує потреба у створенні онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування альтернатив та розробленні відповідної технології.
2. Для забезпечення змістовності аналізу отриманих результатів в процесі проведення вибору (ранжування) запропоновано підхід, що базується на розв'язанні оберненої задачі ранжування.
3. Запропоновано онтологічне представлення задачі ранжування альтернатив на основі модифікованої онтології задачі вибору.
4. Розроблено перетворення онтологічної моделі предметної області в інформаційне середовище моделі задачі ранжування.
5. Розроблено алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв для обчислення рейтингових значень альтернатив.

6. Сформульовано обернену задачу ранжування та розроблено алгоритми її розв'язання, що базуються на методологіях послідовного аналізу варіантів та динамічного програмування.
7. Розроблено архітектуру системи розв'язку задач ранжування альтернатив, описано її інформаційну та функціонально-компонентну модель.
8. На основі розроблених моделей і методів реалізовано та інтегровано в систему «ТОДОС» інструментальний засіб «Альтернатива», що забезпечує на основі онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування альтернатив за сукупністю показників.
9. На основі створеної системної компоненти «Альтернатива» ІТ-технології ТОДОС реалізовано інструментальний засіб «Оцінка досягнень», інтегрований в систему «ТМІАС».

Результати дисертаційного дослідження можуть бути використані для забезпечення онтологічного супроводу та підвищення ефективності розв'язання задач прийняття рішень, а також у процесах рейтингового оцінювання та аналізу розв'язків задач ранжування альтернатив.

Результати впровадження підтверджено відповідними актами.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. V. Gorborukov. Researching semistructured problems of multicriteria optimization using the software system, / R. Trygub, O. Trygub, V. Gorborukov. // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – 2013. – Т. 151. – С. 79-88.
2. V. Gorborukov. The inverse ranking problem and the algorithm for solving it / V. Gorborukov, O. Franchuk // Information Models and Analyses, 2018. – Vol. 7. №. 2. – С. 52–62.
3. Горборуков В.В. Використання онтологій у системах підтримки прийняття рішень / В.В. Горборуков, О. Є. Стрижак, О.В. Франчук – Математичне моделювання в економіці: Зб. наук. праць // НАН України Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору, Ін-т економіки та прогнозування, Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова; редкол.:С.О. Довгий (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2013. – Вип. 3. – С. 33–40.
4. Горборуков В.В. Задача планування технічного обслуговування складних систем / В.В. Горборуков, О.В. Франчук. // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – 2014. – Т. 163. – С. 52-58.
5. Горборуков В.В. Застосування задачі вибору в онтографах для дослідження та аналізу стану здоров'я учнів на основі результатів медичної діагностики / В.В. Горборуков // Медична інформатика та інженерія. – 2015. – № 4. – С. 88-91.
6. Горборуков В.В. Основні підходи до створення системи підтримки прийняття рішень для запису на вибіркові навчальні дисципліни / В.В. Горборуков, О.В.

Олецький. // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – 2017. – Т. 198. – С. 54-58.

7. Горборуков В.В. Про одну задачу багатокритеріального вибору / В.В. Горборуков. // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – 2015. – Т. 177. – С. 53-57.

8. Горборуков В.В. Сервіс автоматизованого запису на вибіркові навчальні дисципліни в НаУКМА та можливі напрямки його інтелектуалізації / В.В. Горборуков, О.В. Олецький. // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – 2016. т. 190. – С. 52-56.

9. Стрижак О.Є. Онтологія задачі вибору та її застосування при аналізі лімнологічних систем / О.Є. Стрижак, В.В. Горборуков, О.В. Франчук, М.А. Попова // Екологічна безпека та природокористування. – 2014. – Вип. 15. – С. 172-183.

10. Горборуков В.В. Застосування задачі вибору в онтографах. / В.В. Горборуков // Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Геоінформаційні технології у територіальному управлінні» (м. Одеса, 17 - 18 вересня 2015 року). – Одеса, 2015. – С. 45-49.

11. Горборуков В.В. Система підтримки прийняття адміністративних та управлінських рішень "VERUM EST" / В.В. Горборуков, О.В. Франчук // Зб. наук. праць за матеріалами VIII-ї Міжнародної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» – ТАAPSD'2011 (Ялта, 19-23 вересня 2011 року). – Ялта, Україна, 2011. – С. 60-61.

12. Горборуков В.В. База даних «Національний рейтинг інтелектуальних досягнень учнівської молоді» / В.В. Горборуков, О.В. Франчук // Матеріали XIII-ї Міжнародної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» – ТАAPSD'2016 (Київ, 5-9 грудня 2011 року). – Київ, 2016. – С. 57–61.

13. Горборуков В.В. Розв'язок задачі ранжування альтернатив в СППР «VERUM EST» / В.В. Горборуков // Матеріали 20-го ювілейного Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка і молодь в XXI столітті» – (м. Харків, 19-21 квітня 2016 року) – Харків: ХНУРЕ, 2016. – С. 92-93.

14. Горборуков В.В. Система оцінювання інтелектуальних досягнень учнівської молоді. Онтологічний підхід / В.В. Горборуков, В.В. Приходнюк, О.Є. Стрижак, О.В. Франчук // Сборник трудов XVI Международной научной конференции «Интеллектуальный анализ информации (ИАИ-2016)» им. Т.А.Таран. Сборник трудов. - К.: Просвіта, 2016. – С.36 - 42

15. Приходнюк В.В. Методика ідентифікації структури слабоструктурованих документів з допомогою правил, побудованих на основі λ -виразів / В.В. Приходнюк, В.В. Горборуков // тези III Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення

систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами» (м. Київ, 23 листопада 2016 року). – К.: НУХТ, 2016. – С. 256.

16. Франчук О. В. Параметрична оптимізація в задачі ранжування альтернатив / О.В. Франчук, В.В. Горборуков // Зб. наук. праць за матеріали Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми математичного моделювання, обчислювальних методів та інформаційних технологій» (м. Рівне, 2-4 березня 2018 року). – Рівне, 2018. – С. 97–99.

17. Стрижак О.Є. Комп'ютерна програма “Трансдисциплінарні Онтологічні Діалоги Об'єктно-орієнтованих Систем (ТОДОС)” (“ІТ ТОДОС”) / О.Є. Стрижак, В.Ю. Величко, В.В. Приходнюк, С.О. Довгий, О.М. Трофимчук, О.В. Франчук, В.В. Горборуков, М.А. Попова, Л.С. Глоба // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 79827. – Рішення від 15.06.2018 р..

18. Стрижак О. Є. Комп'ютерна програма “Трансдисциплінарна мережецентрична Інформаційно-аналітична система – (ТМІАС)” (“ТМІАС ”) / О.Є. Стрижак, В.Ю. Величко, В.В. Приходнюк, С.О. Довгий, О.В. Лісовий, В.В. Горборуков // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 80835. – Рішення від 08.08.2018 р..

АНОТАЦІЯ

Горборуков В. В. Технологічні засоби онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування альтернатив. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, Київ, 2018.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми підвищення ефективності розв'язання багатокритеріальних задач ранжування та вибору альтернатив шляхом розробки та впровадження технологічних засобів, які використовують онтологічне представлення предметної області.

Розроблено метод побудови інформаційного середовища задачі ранжування, що здійснює перетворення онтологічної моделі предметної області на основі інтерпретаційних функцій вибору, побудованих за допомогою гіпервідношень над елементами таксономічної структури онтології та властивостями її об'єктів.

Розроблено алгоритм конкурентної нормалізації критеріїв для задач ранжування та рейтингового оцінювання, що враховує конкурентність процесу встановлення ступеня домінування одних альтернатив над іншими в залежності від їх статистичних характеристик.

Сформульована обернена задача ранжування та розроблено алгоритми її розв'язання, що дозволяє на етапі пост-аналізу процесу проведення вибору (ранжування) альтернатив підвищити рівень аналізу отриманих результатів та

розширити початкову онтологічну модель предметної області новими властивостями об'єктів дослідження.

Запропоновано інформаційну технологію, що забезпечує підвищення ефективності діяльності ОПР внаслідок здійснення онтологічного супроводу процесів проведення вибору (ранжування) альтернатив.

Ключові слова: ранжування альтернатив, багатокритеріальна оптимізація, MCDA-система, онтологія предметної області, таксономія, інформаційна технологія, дискретна оптимізація, динамічне програмування, послідовний аналіз варіантів.

ANNOTATION

Gorborukov Viacheslav. Technological means of ontological support for solving problems of ranking alternatives. – Manuscript.

Dissertation research for degree of PhDs. by specialty 05.13.06 – Information technology. Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2018.

Thesis of dissertation focuses on solving an actual scientific and technical problem of improving the efficiency of solving multiple criteria problems of ranking and selecting alternatives by developing and introducing technological tools that use the ontological representation of the subject area.

The method of constructing the information environment of the multiple criteria ranking problem, which carries out the transformation of the ontological model of the subject area on the basis of the interpretive selection functions constructed using hyper-relation over elements of the taxonomic structure of the ontology and properties of its objects, is developed.

The algorithm of competitive normalization of criteria for ranking problems and rating estimation is developed which takes into account the competitiveness of the process of establishing the degree of dominance of some alternatives over others based on their statistical characteristics.

The inverse ranking problem is formulated and algorithms for solving it are developed, which allow to increase the level of analysis of the obtained results at the post-analysis stage of the process of selection (ranking) alternatives and to extend the initial ontological model of the subject area with new properties of research objects.

The information technology is proposed that provides improving the effectiveness of a decision-maker's activities as a result of the ontological support of processes of selection (ranking) of alternatives.

Keywords: ranking alternatives, multiple-criteria decision analysis, MCDA software, domain ontology, taxonomy, information technology, discrete programming, dynamic programming, sequential analysis of variants.