

УДК 004.5:004.6:007.51 001.891-021

Oleksandr Nesterenko¹, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Information Technologies
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5329-889X>
e-mail: oleksandr_nesterenko@ieu.edu.ua

Valery Polischuk², Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6991-0617> *e-mail*: valery.polischuk@ukr.net

Serhii Zharinov², Director
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3568-8127> *e-mail*: serhii.zharinov@gmail.com

¹International European University, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Scientific Center for Development of Information Technologies, Kyiv, Ukraine

APPLICATION OF INTEGRATIVE INFORMATION TECHNOLOGY IN THE EVALUATION PROCESSES OF RESEARCH INSTITUTIONS

Abstract. *The article proposes a solution to the scientific-applied problem of automating decision support regarding the review of criteria and indicators used in the evaluation of state-supported scientific institutions. This topic is highly relevant for scientific and technical activities both in the conditions of martial law and during the restoration of the country in peacetime. To address this issue, an information technology for decision support by experts is proposed based on an integrative methodology that involves data structuring, support for expert judgments, and visualization of decision-making processes using methods such as approval voting, hierarchy analysis, analytical networks, computer ontologies, and elements of graph theory. A concise description of the integrative methodology and the cognitive process of solving unstructured multi-criteria problems supported by this methodology is provided. The functionality of the developed software toolkit is discussed using an illustrative example related to determining the criteria base for the evaluation of scientific institutions. Elements of the ontological evaluation framework, a hierarchical model for the decision-making task of selecting quantitative assessment alternatives, and the results of experts determining criteria weights for evaluating alternatives and conducting pairwise comparisons of alternatives are presented. The conducted research indicates that the developed methodology and software tools, which have previously been tested in law enforcement agencies, can also be applied in other structures of government administration. The obtained results, aimed at enhancing the efficiency of evaluating scientific institutions, can be utilized to support decision-making in various aspects of managing scientific and technical activities.*

Keywords: *AHP; acceptable vote; visualization; graphs; scientific and technical activity; institutional evaluation.*

© О.В. Нестеренко, В.Б. Поліщук, С.С. Жарінов, 2024

О.В. Нестеренко¹, В.Б. Поліщук², С.С. Жарінов²

¹Міжнародний європейський університет, м. Київ, Україна

²Державне підприємство «Український науковий центр розвитку інформаційних технологій», м. Київ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСАХ ОЦІНЮВАННЯ НАУКОВИХ УСТАНОВ

***Анотація.** В статті пропонується вирішення науково-прикладної задачі автоматизації підтримки прийняття рішень щодо перегляду критеріїв і показників, що застосовуються при оцінюванні наукових установ, яким надається підтримка держави. Дана тематика має значну актуальність як в умовах військового стану, так і при відновленні країни у мирний час. Для вирішення даної задачі запропонована інформаційна технологія підтримки прийняття рішень експертами на основі інтеграційної методології, що передбачає структурування даних, підтримку експертних суджень та візуалізацію процесів прийняття рішень з застосуванням методів схвального голосування, аналізу ієрархії, аналітичних мереж, комп'ютерних онтологій та елементів теорії графів. Наведено стислий опис інтеграційної методології та когнітивного процесу розв'язання неструктурованих багатокритеріальних задач, що підтримується цією методологією. Функціональність розробленого програмного інструментарію розглянуто на ілюстративному прикладі щодо визначення критеріальної бази оцінювання наукових установ. Представлено елементи онтологічної бази оцінювання, ієрархічну модель задачі вибору варіантів системи кількісного оцінювання, а також результати процедури визначення експертами ваг критеріїв для оцінювання альтернатив та проведення попарних порівнянь альтернатив. Проведені дослідження свідчать, що розроблена методологія та програмний інструментарій, які попередньо були апробовані в установах сектору безпеки і оборони, можуть застосовуватись й в інших структурах державного управління. Отримані результати, що спрямовані на підвищення рівня ефективності оцінювання наукових установ, можуть бути використані для підтримки прийняття рішень в різних напрямках управління науково-технічною діяльністю.*

***Ключові слова:** метод аналізу ієрархії; схвальне голосування; візуалізація; графи; науково-технічна діяльність; інституційне оцінювання.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.126-142>

Вступ

У зв'язку з динамічними змінами у науці і технологіях, військово-політичній ситуації та стані економіки, а також у пріоритетних напрямках розвитку науково-технічної сфери існуюча система визначення і оцінювання діяльності наукових установ потребує періодичного перегляду і постійного вдосконалення. Серед інструментів державної підтримки наукової діяльності важливе місце займає Державний реєстр наукових установ, яким надається підтримка держави (далі – Реєстр). Законодавче забезпечення його діяльності вимагає періодичної актуалізації методичного забезпечення оцінювання діяльності наукових установ (НУ). Перегляд критеріїв і показників, які застосовуються при оцінюванні НУ, представляє собою багатокритеріальну задачу вибору альтернатив, якими можуть бути варіанти складу критеріїв та

бальної оцінки їх внеску у загальну оцінку діяльності наукової установи. Розв'язання цієї задачі доцільно забезпечувати на основі відносно простої і у той же час науково обґрунтованої інформаційної технології, що базується на інтеграції низки методів підтримки прийняття рішень, а саме методів схвального голосування, аналізу ієрархій, аналітичних мереж з використанням онтологічних моделей даних та візуалізації процесів оцінювання альтернатив на графах. Ця технологія може використовуватись групою експертів із залученням спеціалістів наукових організацій різного профілю та сприятиме підвищенню об'єктивності у прийнятті рішень та їх ефективності.

Огляд літератури

Питання оцінювання діяльності наукових установ вже тривалий час залишається актуальним у всьому світі, викликаючи широкі дискусії щодо досконалості цих процесів і навіть доцільності проведення оцінювання [1]. Тим не менш, незважаючи на те, що зауваження щодо якості кількісних вимірів та експертної оцінки звучать все частіше, оцінка результатів досліджень і наукової діяльності стала очевидною необхідністю в багатьох країнах та є невід'ємним елементом управління науково-дослідною практикою. Відповідно у наукометричній літературі доступна значна кількість оціночних досліджень продуктивності публікацій [2]. В Україні також багатьма дослідниками звертається увага на незадовільну реалізацію існуючого законодавчого забезпечення розвитку науково-технологічної сфери в частині актуалізації пріоритетних напрямів і критеріїв для оцінки суб'єктів наукової діяльності з метою їх підтримки [3–7]. Так, наприклад, у роботі [6] на основі аналізу існуючого стану вітчизняної практики оцінювання наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності наукових установ у порівнянні із світовим досвідом зроблено висновки про ненадійність метрик оцінки діяльності дослідницьких організацій та необхідність застосування експертних методів оцінювання, доповнених кількісними показниками.

Для подолання цих невідповідностей дослідники та фахівці пропонують низку підходів до підтримки прийняття рішень у багатокритеріальному середовищі, зокрема спираючись на евристичні інтерактивні та експертні методи. В роботі [8] представлено результати розроблення нових методів оцінювання продуктивності суб'єктів наукової діяльності (науковців і закладів вищої освіти), моделі й інформаційну технологію, які можуть бути використані для практичної організації наукової діяльності. В роботі [9] розглянуто підхід до розроблення та класифікації сценаріїв передбачення розвитку важливих наукових областей. Індикатори для кожного форсайту використовувалися для оцінки конкретної ймовірності реалізації кожного сценарію. Цей підхід може мотивувати та спрямовувати стратегічне планування та інвестиційні рішення щодо наукових установ відповідно до очікуваного майбутнього.

Вирішенню цих проблем сприятиме цифровізація процесів оцінювання діяльності НУ, що передбачає використання відкритих офіційних баз даних і державних реєстрів з даними про діяльність НУ, надання експертам достатньо простого і в той же час науково-обґрунтованого і формалізованого комп'ютерного інструментарію [10].

Для забезпечення підтримки прийняття рішень автори пропонують різноманітні підходи. Серед методів підтримки прийняття рішень в умовах, які характеризуються високою складністю та внутрішньою невизначеністю, значного поширення знайшов експертний метод аналізу ієрархій (MAI), за зарубіжною літературою відомий як АНР (Analytic Hierarchy Process). У статті [11] зазначається, що величезна кількість інформації, пов'язаної з управлінням, зазвичай доступна у формі експертних знань і може бути цінним джерелом для підвищення ефективності процесів прийняття рішень. Тому запропоновано використання MAI для інтеграції як статистичних кількісних даних, так і експертних знань у процесі прийняття рішень для ранжування альтернатив.

Серед засобів підтримки прийняття рішень набуває значної популярності візуалізація процесів та даних. Досліджуються різні аспекти візуалізації, починаючи від опрацювання основних принципів створення візуалізацій до вивчення когнітивних процесів, що лежать в основі їх використання [12]. Важливе значення візуалізація має при прийнятті групових рішень, коли двоє або більше експертів мають колективно зробити вибір з конкуруючого набору альтернатив на основі власних індивідуальних уподобань. Багато досліджень у галузі соціальних наук підтверджують цей висновок [13]. Вони показують, що візуалізовані у вигляді графів дані потребують менших когнітивних зусиль при інтерпретації, сприяють ефективності комунікації, ясності, швидкості та розуміння складних понять.

Наведений огляд літератури свідчить про важливість інформаційної підтримки прийняття рішень. Сучасним підходом до структурування різноманітної інформації є застосування комп'ютерних онтологій, що дозволяє інтегрувати експертні знання на основі ієрархічної структури даних та відношень між поняттями та об'єктами предметної області для загального розуміння інформаційних структур [14]. Враховуючи, що багатокритеріальна задача може бути представленою ієрархічною системою, а метод аналізу ієрархій добре підходить для ієрархічних структур даних, в багатьох роботах пропонується застосування MAI разом з онтологіями [15].

В роботі [16] зазначається, що для прийняття рішень в багатокритеріальному середовищі потрібно застосовувати мультифункціональні методології підтримки, які б враховували інформаційну складність задач. На основі такої методології в роботах [17, 18] запропоновано та обґрунтовано експертний метод, що інтегрує декілька відомих методів – схвального голосування (МСГ), аналізу ієрархій (MAI), аналітичних мереж (МАН) у поєднанні з онтологічними моделями даних та застосуванням графів для візуалізації процесів вибору альтернатив. З використанням експериментального зразка програмного засобу цього інтеграційного методу виконано низку апробацій в сфері оборони та цивільного захисту.

Матеріали і методи

Розглянемо одну з апробацій вищеназваного інтеграційного методу на прикладі визначення критеріальної бази оцінювання діяльності наукових установ. Для оцінювання наукової діяльності традиційно розрізняють зовнішні та внутрішні критерії. Внутрішні характеризують якість науки, рівень розвитку даної сфери досліджень, спроможність наукових установ (НУ)

виконувати дослідження і розробки, зокрема компетентність дослідників, обґрунтованість запропонованої вченими методики дослідження тощо. Зовнішні критерії свідчать про наукову цінність досліджень з точки зору наукової корисності, технологічної та суспільної потреби. Найважливішими з них є узгодженість зі стратегічними цілями держави у сфері оборони і економіки, вклад у розв'язання важливих соціальних проблем, участь в освоєнні перспективних наукових напрямків.

Для застосування внутрішніх критеріїв існує низка методичних розробок, багато з яких застосовуються на практиці. Як показує аналіз публікацій з тематики оцінювання діяльності НУ і окремих вчених, а також практика оцінювання, його об'єктивність може бути забезпечена застосуванням комбінованого підходу, який ґрунтується як на використанні бальних оцінок за визначеними показниками (чисельний, формальний підхід), так і на експертному оцінюванні (евристичний підхід). Сучасний рівень розвитку інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє враховувати різні складові критеріїв, зокрема за публікаціями і цитуванням на основі міжнародних наукових баз даних і мереж (рис. 1).

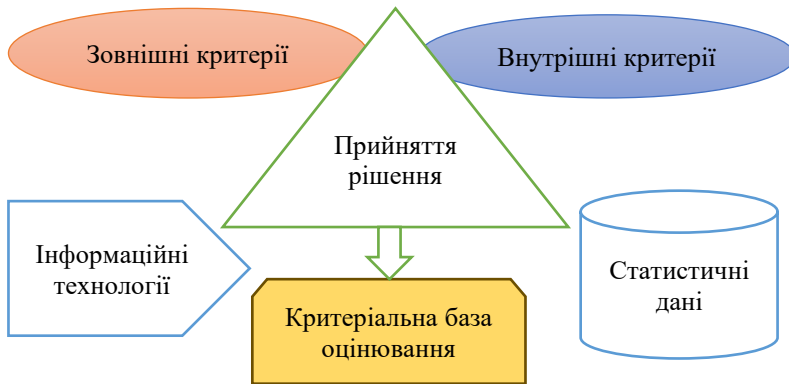


Рис. 1. Модель середовища формування критеріальної бази системи оцінювання діяльності наукових установ

Застосовувати зовнішні критерії оцінювання наукових досліджень складніше. У зв'язку із тим, що стратегічні цілі держави, важливі соціальні проблеми сформульовані на словесному (вербальному) рівні, а напрями наукових досліджень, програми і проекти повинні носити конкретний, цільовий характер, між їх формулюваннями існує семантичний розрив. Для вирішення цієї проблеми потрібна формалізація зовнішніх критеріїв. Так, наприклад, критеріальною основою при визначенні пріоритетів розвитку науково-технічної сфери експертні оцінки можуть спиратись на об'єктивні дані щодо стану предмету досліджень на основі концепції сталого розвитку. Методологія і результати оцінювання сталого розвитку можуть слугувати «перехідним містком» від вербальних формулювань зовнішніх критеріїв до визначення складових напрямів, програм та тематики досліджень, розробок і проектів.

Серед інструментів державної підтримки наукової діяльності важливе місце займає Державний реєстр наукових установ, яким надається підтримка

держави. Законодавче забезпечення його діяльності, а також динамічні зміни у науці і технологіях, військово-політичній ситуації та, як наслідок, у стані економіки потребують постійної актуалізації складу критеріїв і показників з метою їх включення до Реєстру. Сутність актуалізації – це перегляд критеріїв і показників оцінювання діяльності НУ, що представляє собою багатокритеріальну задачу вибору альтернатив, якими є варіанти складу критеріїв та бальної оцінки їх внеску у загальну оцінку діяльності наукової установи.

Концептуальна модель технології підтримки оцінювання наукових установ. Для вирішення багатокритеріальних задач напрацьовано низку підходів, більшість з яких спираються на експертні методи. Наведемо короткий опис запропонованої авторами інтегративної методології експертного оцінювання альтернатив. Передусім необхідно зазначити, що процес прийняття рішень зазвичай відбувається принаймні за три послідовні кроки: 1) аналіз проблеми, яку потрібно вирішити, 2) розроблення альтернативного рішення та 3) вибір найкращого рішення. Таким чином, задача прийняття рішення формально може бути визначеною схемою $\{X \rightarrow A, \Phi\} \rightarrow a^*$, де X – множина даних, що представляють область проблеми, $A = \{a\}$ – множина альтернатив (об'єктів вибору), яка може бути дискретною і континуальною; Φ – принцип (функція) вибору, за яким з використанням певних критеріїв встановлюється перевага в множині альтернатив A ; a^* – обрана альтернатива (або декілька), що вважається «найкращою».

В основу процедури експертного формування і оцінювання альтернатив покладено принцип індивідуально-колективної роботи експертів, коли формується група експертів, і вони можуть здійснювати вибір з різних альтернатив із застосуванням своїх неформалізованих Φ . Одним із підходів, що дозволяє вирішувати проблеми, пов'язані з впливом суб'єктивного бачення експертів, є вичерпне інформаційне представлення предметної області за допомогою певної концептуальної схеми. Практично корисним вважається представлення такої схеми у вигляді онтології, що складається з ієрархічної структури даних. Як відомо, в загальному випадку комп'ютерна онтологія формально представляється впорядкованою трійкою $O = \langle X, R, F \rangle$, де X – множина концептів (понять, термінів) предметної області, R – множина відношень та властивостей між ними, F – функції інтерпретації (визначень) X та/або R .

В роботі експертів можна виділити ще одне коло проблем, пов'язаних з когнітивними труднощами сприйняття інформації та логічним мисленням. У таких ситуаціях для кращого розуміння експертами точок зору один одного може бути корисним моделювання та візуальне порівняння своїх уподобань з іншими. Одним з популярних інструментів для поліпшення розуміння проблеми і, зрештою, прийняття ефективних рішень є візуалізація інформації. При цьому найбільш ефективною вважається графічна візуалізація. У якості такого засобу в ІМ запропонована візуалізація процесу парних порівнянь у вигляді орієнтованого графу (V, E) з синхронним контролем забезпечення транзитивності. Вершини V вказаного графу відповідають альтернативам, а ребра E зі стрілкою вказують на переваги альтернатив. Виходячи зі своїх Φ , експерт може коригувати з'єднання вершин графу.

Когнітивний процес прийняття рішень при розв'язанні неструктурованих багатокритеріальних задач, що підтримується інтегративною методологією, показаний на рис. 2.

На етапі аналізу проблеми проводиться дослідження зібраних даних та на їх основі визначення початкового переліку альтернатив A – «long list» (LL). На етапі розроблення альтернатив часто необхідно відібрати скорочений (зазвичай не більше п'яти) перелік альтернатив – «short list» (SL). Найбільш розповсюдженим способом прийняття колективного рішення в експертних групах при вирішенні подібних задач є голосування.

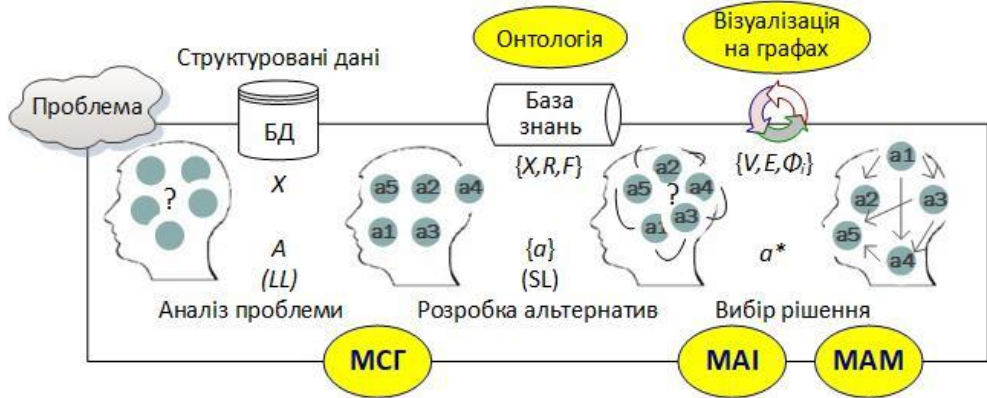


Рис. 2. Когнітивний процес розв'язання неструктурованих багатокритеріальних задач, що підтримується інтегративною методологією

Як відомо, існує декілька різновидів методів голосування, які істотно відрізняються одне від одного. В результаті проведеного аналізу в ІМ за основний прийнято метод схвального голосування, який найменш вразливий до численних парадоксів систем голосування як складових теорії ігор. За цим методом кожний експерт має право підтримати одну або декілька пропозицій (голосування «за») або утриматись від рішення. В такий класичний МСГ авторами внесена модифікація, пов'язана з наданням можливості кожному експерту ще й відхилити будь-яку кількість альтернатив (голосування «проти»). Це дозволяє практично в один тур провести ранжування альтернатив.

В ІМ модифікований МСГ застосовується як основний при вирішенні відносно простих задач і як допоміжний для зменшення кількості альтернатив перед застосуванням МАІ чи МАМ.

При виборі базового методу для вирішення більш складних задач з ієрархічною структурою моделі автори ІМ враховували наступні вимоги:

- 1) застосування концепції «векторного» підходу до оцінки альтернатив;
- 2) виконання попарних порівнянь альтернатив за окремими властивостями з використанням як якісних, так і кількісних характеристик з унеможливленням порушення умов транзитивної узгодженості суджень експертів;
- 3) реалізацію композиції експертних оцінок на різних рівнях ієрархії методом вкладення скалярних згортки.

З існуючих методів багатокритеріального аналізу цим вимогам найбільш відповідає метод аналізу ієрархій, який може бути використаний не тільки для вибору альтернатив, а й для визначення відносної важливості самих характеристик. При розробленні ІМ авторами була виконана модифікація МАІ в частині скорочення спеціальної шкали Т. Сааті з дев'яти до п'яти оцінок переваги однієї альтернативи над іншою, що, як показали експериментальні розрахунки, суттєво не впливає на попарні порівняння альтернатив, однак значно спрощує проведення експертами виставлення оцінок за кожним критерієм та відповідно реалізацію цього процесу в програмному інструментарії.

Для забезпечення якісного визначення і подальшого опрацювання ієрархії критеріїв і альтернатив експертами доцільно представити її у вигляді онтологічної моделі разом з атрибутивними описами її складових. Поєднання таксономії предметної області (ПдО) як базових компонент онтологічної системи, що відображають певну ієрархію взаємодії концептів за допомогою бінарних відношень, в єдину онтологічну систему шляхом встановлення відношень між їх концептами утворює інформаційний простір, що має забезпечити експертам вичерпний і чіткий супровід їх діяльності щодо оцінки альтернатив на об'єктивній основі.

Необхідно зазначити, що у складних задачах моделі, які відображають зв'язки між альтернативами і критеріями, можуть мати не ієрархічну, а більш складну – мережеву структуру. У цьому випадку доцільно використати метод аналітичних мереж (Analytic Network Process, ANP), який є розвитком МАІ.

Ілюстративний приклад застосування інтегративної методології. Мета-онтологія предметної області формування та вибору варіантів критеріїв оцінювання діяльності наукових організацій з метою актуалізації методичного забезпечення Державного реєстру наукових установ, яким надається підтримка держави, наведена на рис. 3.



Рис. 3. Мета-онтологія предметної області оцінювання діяльності наукових установ

Інтегративна методологія передбачає декілька етапів роботи експертів. Як показує практика застосування експертних процедур, на підготовчому етапі корисними є побудова таксономії документів, які регламентують діяльність суб'єктів у визначеній предметній області. На рис. 4 наведена таксономія законодавчого та нормативно-методичного забезпечення предметної області «Критеріальна база оцінювання діяльності наукових установ в Державному реєстрі наукових установ, яким надається підтримка держави».

Відповідно до ІМ на першому етапі її застосування, спираючись на мета-онтологію ПДО, формується перелік показників, за якими оцінюється діяльність наукової установи. За результатами голосування отримуємо узгоджений перелік показників, приклад таксономії якого наведений на рис. 5.

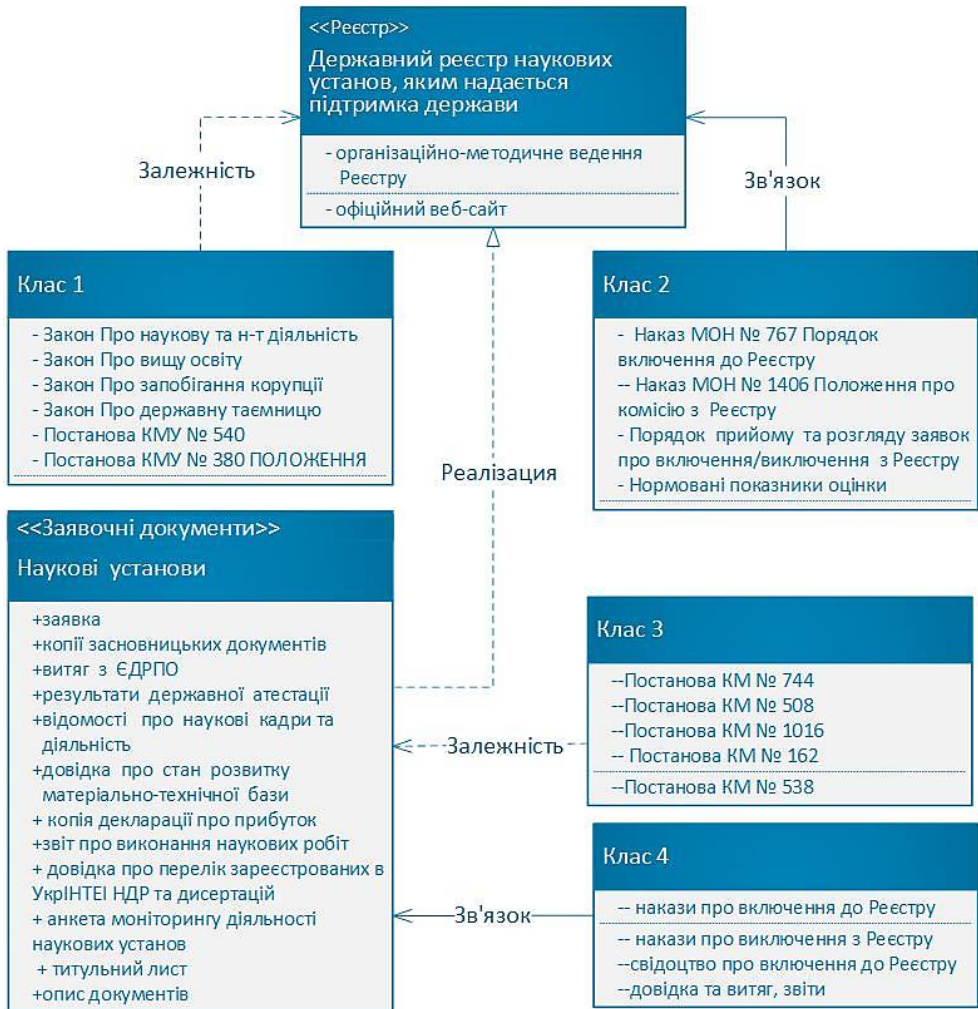


Рис. 4. Таксономія законодавчого та нормативно-методичного забезпечення предметної області

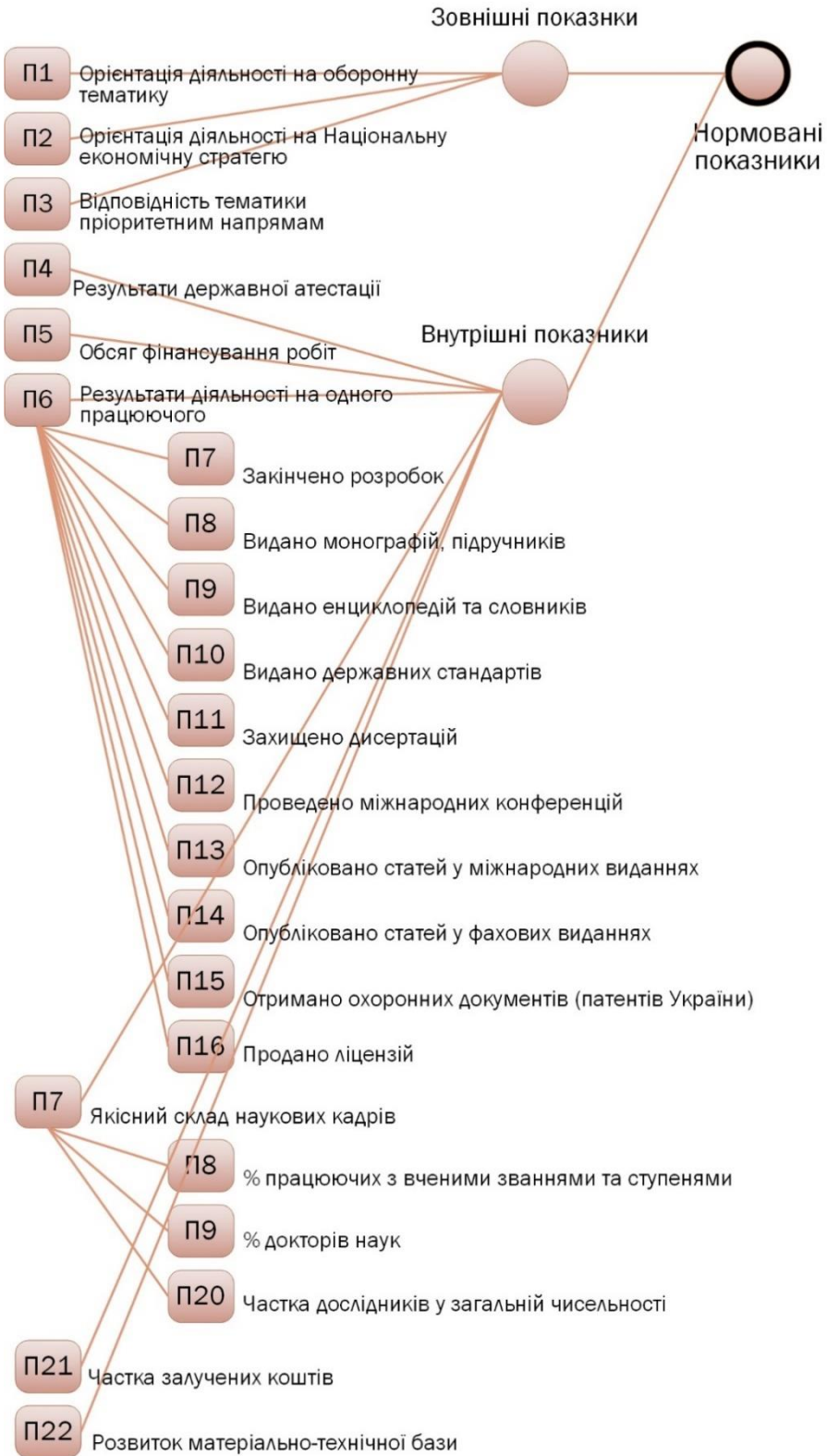


Рис. 5. Таксономія показників, за якими оцінюється діяльність наукової установи

У якості довідкової інформації можуть бути використані статистичні дані та рекомендації, розроблені в наукових організаціях. Для допомоги експертам така інформація має бути структурованою та формалізованою, для чого попередньо формується онтологічна база даних предметної області.

На другому етапі експертами формується перелік альтернатив – варіантів розподілу ваги показників (максимальних оцінок у відсотках в межах сумарного значення 100%). Враховуючи практично необмежену кількість альтернатив у цій предметній області, доцільно сформуувати початковий список (long list) із 7-10 альтернатив, а скорочення списку для спрощення процедур, наприклад, до 5 (short list), може бути виконане методом схвального голосування. Приклад переліку альтернатив А1 – А5 наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Перелік альтернатив – варіантів розподілу ваги показників (%)

A1	П1	П2	П3	П4	П5	...	П15	П16	П17	П18	П19	П20
%	15	10	10	10	5	...	5	3	3	3	6	6
A2	П1	П2	П3	П4	П5	...	П15	П16	П17	П18	П19	П20
%	12	12	12	5	5	...	5	3	3	3	8	8
...
A5	П1	П2	П3	П4	П5	...	П15	П16	П17	П18	П19	П20
%	10	10	10	7	7	...	5	3	3	3	9	9

На третьому етапі необхідно побудувати модель критеріїв для оцінювання експертами альтернатив. Зрозуміло, що загальним критерієм при оцінюванні альтернатив є знаходження «розумного» (раціонального) балансу між вагами показників. Враховуючи розподіл показників на зовнішні, які використовуються при оцінюванні орієнтації діяльності НУ на стратегічні цілі держави, і внутрішні, які характеризують потенціал НУ у провадженні наукової діяльності, система критеріїв для ранжування альтернатив може бути наступною:

K1 – збалансованість між сумарною вагою показників, задіяних у визначенні зовнішніх критеріїв оцінювання діяльності НУ (П1 – П3), і сумарною вагою показників, задіяних у визначенні внутрішніх критеріїв оцінювання діяльності НУ (П4 – П22);

K2 – збалансованість між розподілом ваг показників, задіяних у визначенні зовнішніх критеріїв оцінювання діяльності НУ (П1 – П3);

K3 – збалансованість між розподілом ваг показників, задіяних у визначенні внутрішніх критеріїв оцінювання діяльності НУ (П4 – П22).

Загальна модель ПдО «Визначення рейтингу варіантів системи кількісного оцінювання діяльності наукових установ» має ієрархічну структуру (рис. 6), тому на четвертому етапі для ранжування альтернатив (визначення ваги критеріїв) може бути застосований метод аналізу ієрархій.

Результатом застосування МАІ буде узгоджений експертами відранжований перелік альтернатив – варіантів розподілу ваги показників, які пропонуються застосувати при визначенні критеріїв для прийняття рішень щодо включення НУ до Реєстру. На рис. 7–9 наведені результати застосування ІМ з використанням розробленого програмного інструментарію.

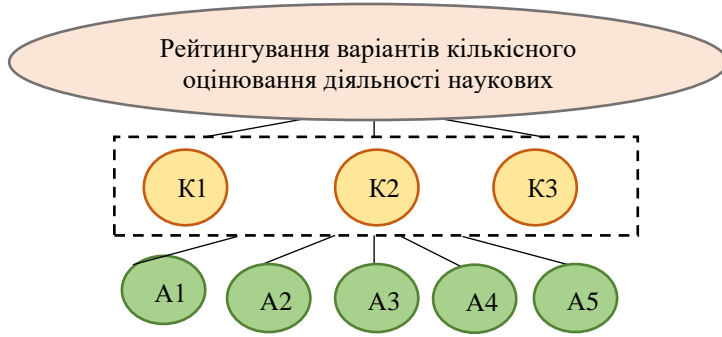


Рис. 6. Ієрархічна модель оцінювання варіантів системи кількісного оцінювання діяльності наукових установ

СПР - Система Прийняття Рішень Василь

Оцінювання діяльності наукових установ • Попарна оцінка альтернатив

Рейтинг критеріїв

Інструменти Скинути Зважити всі Завершити Допомога

Належність:

Критерій↑	Оцінка↑	Експерт↑	Змінено↑
K2 - збалансованість ваг показників зовнішніх критеріїв оцінювання НУ	Підтримую	Василь Ходаківський	< 15 хвилин
K3 - збалансованість ваг показників внутрішніх критеріїв оцінювання НУ	Ознайомлений	Василь Ходаківський	< 15 хвилин
Основні	-	Василь Ходаківський	< 15 хвилин
K1 - збалансованість ваг показників зовнішніх і внутрішніх критеріїв оцінювання НУ	Наполягаю	Василь Ходаківський	< 15 хвилин
K1 - збалансованість ваг показників зовнішніх і внутрішніх критеріїв оцінювання НУ	Підтримую	Юрій Макогонюк	< півгодини
Основні	Ознайомлений	Юрій Макогонюк	< півгодини
K3 - збалансованість ваг показників внутрішніх критеріїв оцінювання НУ	Ознайомлений	Юрій Макогонюк	< півгодини
K2 - збалансованість ваг показників зовнішніх критеріїв оцінювання НУ	Підтримую	Юрій Макогонюк	< півгодини

Рис. 7. Процедура визначення експертами ваг критеріїв для оцінювання альтернатив із застосуванням модифікованого методу схвального голосування

СПР - Система Прийняття Рішень Василь

Оцінювання діяльності наукових установ • Попарна оцінка альтернатив

Критерії

Інструменти **Додати +** Допомога

Додати новий рядок

Ім'я↑	Лист	Оцінка	Вага	Активний	Змінено
Основні (2)	o	0	1.000	✓	< години
K1 - збалансованість ваг показників зовнішніх і внутрішніх критеріїв оцінювання НУ	✓	11	0.766	✓	< півгодини
K3 - збалансованість ваг показників внутрішніх критеріїв оцінювання НУ	✓	0	0.051	✓	< півгодини
K2 - збалансованість ваг показників зовнішніх критеріїв оцінювання НУ	✓	2	0.182	✓	< півгодини

Рис. 8. Результати визначення ваг критеріїв

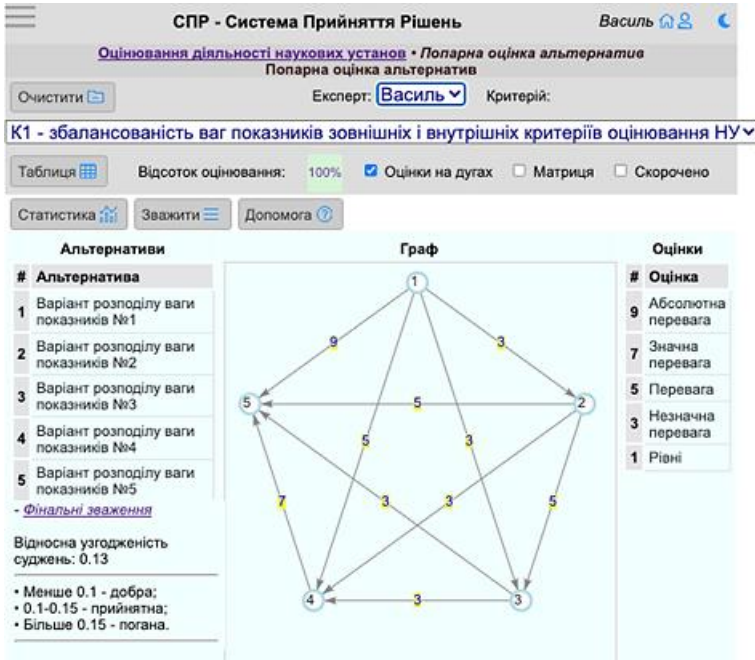


Рис. 9. Проведення попарних порівнянь альтернатив модифікованим методом аналізу ієрархій на основі графової візуалізації

Одним з засобів підтримки прийняття рішень, який реалізує АНР і ANP, є програмне забезпечення Super Decisions, що вільно розповсюджується. Порівняння застосування цього інструменту та розробленого програмного інструментарію показало адекватність отриманих результатів на розглянутій вище задачі. На рис. 10 проілюстрований результат розв'язання задачі методом аналізу ієрархій в середовищі Super Decisions.

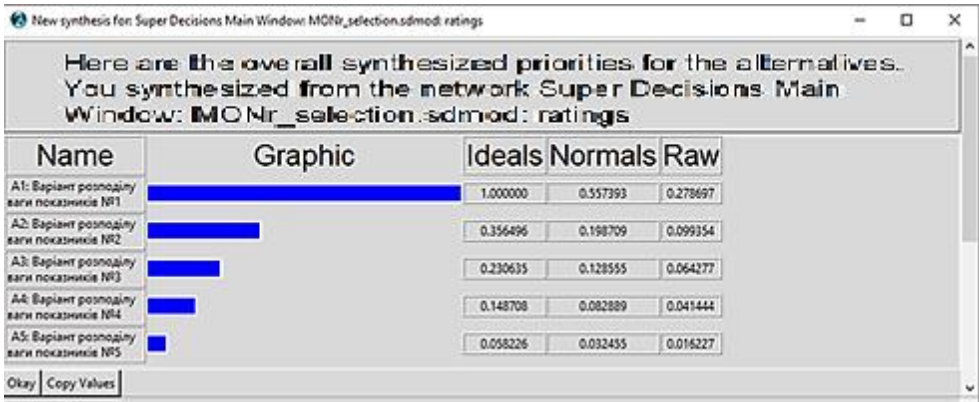


Рис. 10. Результати ранжування альтернатив за всіма критеріями методом аналізу ієрархій в середовищі Super Decisions

На завершення необхідно зазначити, що запропонована методологія і відповідний програмний інструментарій можуть бути використані не тільки при оновленні методичного забезпечення Реєстру, а саме при експертному

ранжуванні альтернативних варіантів складу показників та їх ваг, задіяних у критеріях оцінки НУ, а також безпосередньо при виконанні процедур оцінювання ефективності діяльності конкретних НУ. Особливе значення використання цього методу матиме для уточнення оцінок, отриманих в результаті застосування формального підходу, заснованого на «бальному» оцінюванні, у випадках значної неузгодженості оцінок експертів, виставлених за "традиційними" процедурами або при розгляді апеляцій НУ.

Висновки

Державна політика у науково-технічній сфері повинна бути орієнтованою на підтримку тих наукових організацій, діяльність яких відповідає стратегічним цілям держави на кожному етапі її розвитку. У зв'язку з динамічними змінами у науці і технологіях, військово-політичній ситуації та стані економіки існуюча система визначення пріоритетних напрямів розвитку науково-технічної сфери і оцінювання діяльності наукових установ потребує періодичного перегляду і постійного вдосконалення. Серед інструментів державної підтримки наукової діяльності важливе місце займає Державний реєстр наукових установ, яким надається підтримка держави. Законодавче забезпечення його діяльності вимагає і дозволяє періодично актуалізувати методичне забезпечення оцінювання діяльності наукових установ. Перегляд критеріїв і показників, які застосовуються при оцінюванні НУ, представляє собою багатокритеріальну задачу вибору альтернатив, якими можуть бути варіанти складу критеріїв та бальної оцінки їх внеску у загальну оцінку діяльності наукової установи. Розв'язання цієї задачі можливе на основі відносно простої і у той же час науково обґрунтованої методології, що базується на інтеграції модифікованих методів схвального голосування, аналізу ієрархій, аналітичних мереж з використанням онтологічних моделей даних та візуалізації процесів оцінювання альтернатив на графах. Для підтримки діяльності експертів при виконанні процедур ранжування альтернативних варіантів критеріїв оцінювання діяльності наукових організацій з метою актуалізації методичного забезпечення Реєстру можуть бути застосовані розроблений в Українському науковому центрі розвитку інформаційних технологій відповідний програмний інструментарій та додатково програмне забезпечення Super Decisions, що вільно розповсюджується. Процедура може бути виконана групою експертів із залученням спеціалістів наукових організацій різного профілю, що сприятиме підвищенню об'єктивності у прийнятті рішень. ІМ і відповідний програмний інструментарій можуть також використовуватись безпосередньо при виконанні процедур оцінювання ефективності діяльності конкретних НУ.

Подяки

Автори висловлюють щире подяку колективу науковців та фахівців з розробки програмного забезпечення Державного підприємства «Український науковий центр розвитку інформаційних технологій», в особливості Ходаківському В.М. та Макогонюку Ю.П., за виконану роботу, результати якої узагальнені в даній статті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Brighenti A.M. Science evaluation - As it is, as it could be. *Social Science Information*, 2021, 60(3), Pp. 324–328. <https://doi.org/10.1177/05390184211021205>
2. Pal J. K., Sarkar S. Evaluation of Institutional Research Productivity. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 2020, 40 (1). Pp. 58–69. <https://doi.org/10.14429/djlit.40.1.14804>
3. Результативність наукової діяльності: стан, тенденції та проблеми оцінювання / Т. В. Шовкун [та ін.] ; Укр. ін-т наук.-техн. і екон. інформ. Київ : УкрІНТЕІ, 2009. 216 с.
4. Одотюк І. Оцінка результатів наукової діяльності в Україні: нормативно-правовий аспект. *Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку*. 2012. № 3. С. 38–42.
5. Жук Л. В. Системи наукової і науково-технічної діяльності закладів вищої освіти України: формування, оцінювання, управління. Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2019. 335 с.
6. Єгоров І. Ю., Жукович І. А. Розвиток підходів до оцінювання результатів діяльності науково-дослідних установ. *Наука та наукознавство*. 2022. № 3(117). С. 36–50. <https://doi.org/10.15407/sofs2022.03.036>
7. Кубальський О.Н. Феномен науки в системі трансформацій сучасного життя. *Наука та наукознавство*. 2023. № 1 (119). С. 35–46. <https://doi.org/10.15407/sofs2023.01.035>
8. Методи оцінювання продуктивності суб'єктів наукової діяльності : монографія / Білощицький А. О. [та ін.]. Київ : Компринт, 2021. 243 с.
9. Hobday A. J., Boschetti F., Moeseneder C., et al. Quantitative foresighting as a means of improving anticipatory scientific capacity and strategic planning. *One Earth*, 2020. 3(5). 631–644. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.10.015>
10. Артюхіна М.В., Дьогтева І.О., Жарінов С.С. та ін. Цифровізація процесів управління розвитком міжнародного науково-технічного співробітництва. *Актуальні проблеми економіки*. 2022. № 6-7 (252-253). С. 6–19.
11. Pagano A., Giordano R., Vurro M. A Decision Support System Based on AHP for Ranking Strategies to Manage Emergencies on Drinking Water Supply Systems. *Water Resources Management*. 2021. 35. 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02741-y>
12. Padilla L. M., Creem-Regehr S. H., Hegarty M. et al. Decision making with visualizations: a cognitive framework across disciplines. *Cogn. Research*. 2018. 3, 29. <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0120-9>
13. Eberhard K. The effects of visualization on judgment and decision-making: a systematic literature review. *Manag Rev Q*. 2021 <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00235-8>
14. Nesterenko O., Trofymchuk O. Patterns in forming the ontology-based environment of information-analytical activity in administrative management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. 5/2 (101). Pp. 33-42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180107>
15. Xu F.-X., Liu X.-H., Chen W., Zhou C., Cao B.-W. An ontology and AHP based quality evaluation approach for reuse parts of end-of-life construction machinery. *Mathematical Problems in Engineering*. 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3481030>
16. Nesterenko O., Netesin I., Polischuk V., Selin Y. Multifunctional Methodology of Expert Evaluation Alternatives in Tasks of Different Information Complexity. *IEEE 3rd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*. 2021. Pp. 226–231. <https://doi.org/10.1109/ATIT54053.2021.96787428>
17. Nesterenko O., Netesin I., Polischuk V., Trofymchuk O. Development of a procedure for expert estimation of capabilities in defense planning under multicriterial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 4/2 (106). P. 33–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208603>

18. Поліщук В. Б., Нетесін І.Є., Нестеренко О.В. та ін. Інформаційні технології в управлінні оборонними ресурсами: методологічний контекст та приклади практичної реалізації. Частина 2 / Монографія. [За ред. В.Б. Поліщука]. Київ: УкрНЦ РІТ, 2021. 205 с.

Стаття надійшла до редакції 14.09.2023 і прийнята до друку після рецензування 13.12.2023

REFERENCES

1. Brighenti, A.M. (2021). Science evaluation – As it is, as it could be. *Social Science Information*, 60(3), 324–328. <https://doi.org/10.1177/05390184211021205>
2. Pal, J.K., & Sarkar, S. (2020). Evaluation of Institutional Research Productivity. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 40(1), 58–69. <https://doi.org/10.14429/djlit.40.1.14804>
3. Shovkun, T.V. et al. (2009). *Effectiveness of scientific activity: state, trends and assessment problems*. Kyiv: UkrINTEI [in Ukrainian].
4. Odotiuk, I. (2012). Evaluation of the results of scientific activity in Ukraine: regulatory and legal aspect. *Problemy innovatsiino-investytsiinoho rozvytku*, 3, 38–42 [in Ukrainian].
5. Zhuk, L.V. (2019). *Systems of scientific and scientific and technical activity of institutions of higher education of Ukraine: formation, evaluation, management*. Lviv: Vyd-vo Lviv. politekhniki [in Ukrainian].
6. Yehorov, I.Yu., & Zhukovych, I.A. (2022). The development of approaches to the evaluation of the results of the activities of research institutions. *Nauka ta naukoznavstvo*, 3(117), 36–50. <https://doi.org/10.15407/sofs2022.03.036> [in Ukrainian].
7. Kubalskyi, O.N. (2023). The phenomenon of science in the system of transformations of modern life. *Nauka ta naukoznavstvo*, 1(119), 35–46. <https://doi.org/10.15407/sofs2023.01.035> [in Ukrainian].
8. Biloshchytskyi, A.O., et al. (2021). *Methods of evaluating the productivity of subjects of scientific activity*. Kyiv: Kompyrnt [in Ukrainian].
9. Hobday, A.J., Boschetti, F., Moeseneder, C., et al. (2020). Quantitative foresighting as a means of improving anticipatory scientific capacity and strategic planning. *One Earth*, 3(5), 631–644. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.10.015>
10. Artiukhina, M.V., Dohtieva, I.O., Zharinov, S.S. et al. (2022). Digitization of management processes for the development of international scientific and technical cooperation. *Aktualni problemy ekonomiky*, 6-7 (252-253), 6–19 [in Ukrainian].
11. Pagano, A., Giordano, R., & Vurro, M.A. (2021). Decision Support System Based on AHP for Ranking Strategies to Manage Emergencies on Drinking Water Supply Systems. *Water Resources Management*, 35, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02741-y>
12. Padilla, L.M., Creem-Regehr, S.H., Hegarty, M. et al. (2018). Decision making with visualizations: a cognitive framework across disciplines. *Cogn. Research*, 3, 29. <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0120-9>
13. Eberhard, K. (2021). The effects of visualization on judgment and decision-making: a systematic literature review. *Manag Rev Q.* <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00235-8>
14. Nesterenko, O., & Trofymchuk O. (2019). Patterns in forming the ontology-based environment of information-analytical activity in administrative management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 5/2 (101). 33-42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180107>
15. Xu, F.-X., Liu, X.-H., Chen, W., Zhou, C., & Cao, B.-W. (2018). An ontology and AHP based quality evaluation approach for reuse parts of end-of-life construction machinery. *Mathematical Problems in Engineering*. 3481030. <https://doi.org/10.1155/2018/3481030>
16. Nesterenko, O., Netesin, I., Polischuk, V., & Selin, Y. (2021). Multifunctional Methodology of Expert Evaluation Alternatives in Tasks of Different Information

- Complexity. Proceedings of the IEEE 3rd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), 226–231. <https://doi.org/10.1109/ATIT54053.2021.96787428>
17. Nesterenko, O., Netesin, I., Polishchuk, V., & Trofymchuk, O. (2020). Development of a procedure for expert estimation of capabilities in defense planning under multicriterial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4/2 (106), 33–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208603>
18. Polishchuk, V.B., Netesin, I.E., Nesterenko, O.V. et al. (2021). *Information technologies in the management of defense resources: methodological context and examples of practical implementation*. Part 2. [Ed. V. B. Polishchuk]. Kyiv: UkrNTs RIT [in Ukrainian].

The article was received 14.09.2023 and was accepted after revision 13.12.2023

Нестеренко Олександр Васильович

доктор технічних наук, доцент, старший дослідник, завідувач кафедри інформаційних технологій, Міжнародний європейський університет

Адреса робоча: 03187, Україна, м. Київ, пр. Академіка Глушкова, 42В

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5329-889X>

e-mail: oleksandr_nesterenko@ieu.edu.ua

Поліщук Валерій Борисович

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник, Державне підприємство «Український науковий центр розвитку інформаційних технологій»

Адреса робоча: 03187, Україна, м. Київ, пр. Академіка Глушкова, 44

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6991-0617> **e-mail:** valery.polischuk@ukr.net

Жарінов Сергій Сергійович

директор, Державне підприємство «Український науковий центр розвитку інформаційних технологій»

Адреса робоча: 03187, Україна, м. Київ, пр. Академіка Глушкова, 44

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3568-8127> **e-mail:** serhii.zharinov@gmail.com