

Горборуков В. В., Франчук О. В., Приходнюк В. В., Кирієнко О. В.

ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА ПЛАТФОРМА ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ ОЦІНЮВАННЯ

У статті йдеться про створену комп'ютерну систему – інформаційно-аналітичну платформу, що забезпечує ефективну роботу експертів (членів журі) під час перегляду та оцінювання науково-дослідницьких матеріалів, які виносять на захист учасники інтелектуальних конкурсів. Систему розгорнуто на базі інтерактивного документа, що являє собою варіант онтологокерованої системи, а її роботу проілюстровано на прикладі конкурсу-захисту Малої академії наук України.

Ключові слова: ранжування альтернатив, онтології, комп'ютерна система.

Вступ

Із метою виявлення та розвитку обдарованих учнів, надання їм допомоги у виборі професії і залучення їх до науково-дослідницької та пошукової діяльності Національний центр «Мала академія наук України» (МАН) [3] започаткував і щорічно проводить низку Всеукраїнських конкурсів творчого та інтелектуального спрямування: «МАН-Юніор Ерудит», «МАН-Юніор Дослідник», «Майбутнє України», «Екопогляд» та багато інших. Серед них найбільш популярним і репрезентативним за складом учасників є конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН. Конкурс проходить у декілька етапів, у ньому беруть участь близько 100 тисяч школярів-старшокласників з усієї України, з яких до фіналу виходять понад тисяча найкращих [4]. Правилами проведення конкурсу [5] передбачено, що для кожної наукової секції (а таких – 65), в якій проводять відповідний етап конкурсу, створюють журі. Члени журі незалежно оцінюють науково-дослідні роботи школярів. Переможців визначають у кожній науковій секції окремо за сумою балів, набраних учасниками в усіх розділах програми. Підсумковий результат (рейтинговий бал) кожного учасника обчислюють з урахуванням вагомості кожної складової факторно-критеріальної моделі [5], за якою здійснюють оцінку досягнень конкурсантів, тобто фактично відбувається ранжування учасників (альтернатив) за сукупністю різних за своєю значущістю показників, що мають ієрархічну структуру.

Для забезпечення доступу членів журі до всіх матеріалів науково-дослідницьких досягнень

конкурсантів, а також для здійснення їх ефективного оцінювання та обчислення підсумкових результатів створено інформаційно-аналітичну платформу (ІАП) ПОЛІЕДР-Конкурс.

Задача ранжування альтернатив

Задачу ранжування учасників конкурсів за необхідності може бути представлено як процес упорядкування певних однорідних за своєю природою об'єктів, кожний з яких характеризується деякими наперед заданими показниками [1]. При цьому розглядають множину альтернатив $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$. Для кожного елемента $a \in A$ відомі значення критеріальних функцій $f_1(a)$, $f_2(a)$, \dots , $f_m(a)$, що належать або до наперед визначених множин, або обраховуються відповідно до певних математичних правил [2; 7]. У першому випадку можливі варіанти: множина значень задається бальною або лінгвістичною шкалою [6; 7] або – у вигляді числового інтервалу $[f_j^{min}, f_j^{max}]$, $j = (\overline{1, m})$, який утворюється з усіх можливих значень функції (з мінімального до максимального) з урахуванням точності її обчислення. Прикладом другого випадку є синтез локальних пріоритетів у методі аналізу ієрархій [8]. У загальному випадку можна вважати, що значення j -го критерія завжди є зліченною множиною, позначимо її як Q_j :

$$Q_j = \{f_j^{(1)}, f_j^{(2)}, f_j^{(3)}, \dots, f_j^{(n_j-1)}, f_j^{(n_j)}\},$$

де $f_j^{(1)} = f_j^{min}$, $f_j^{(n_j)} = f_j^{max}$, $f_j^{(1)} < f_j^{(2)} < \dots < f_j^{(n_j)}$, $n_j = |Q_j|$ – кількість елементів множини Q_j .

Як правило, для встановлення порядку

$$A_{i_1} > A_{i_2} > \dots > A_{i_n} \quad (1)$$

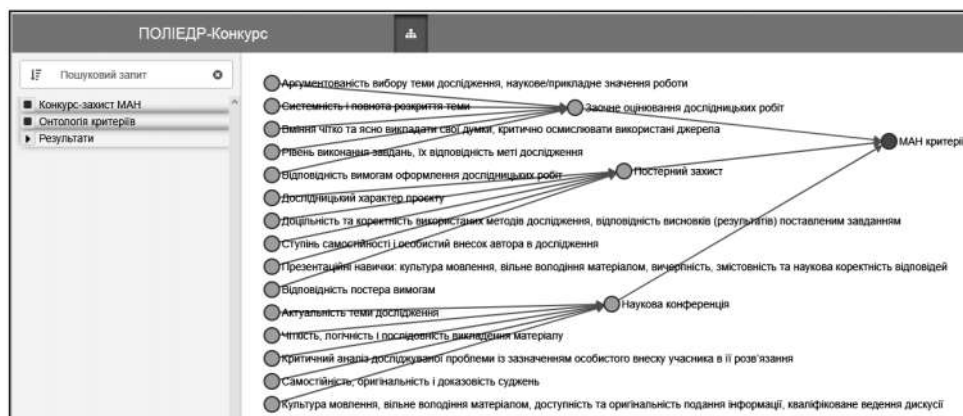


Рис. 1. Онтологічний граф факторно-критеріальної моделі

для кожного елемента множини A беруть до уваги деякий узагальнений показник $G(a)$:

$$G(a) = G(f(a), W) = G((f_1(a), \dots, f_j(a), \dots, f_m(a)), (\omega_1, \dots, \omega_m))$$

$$a \in A = \{A_1, \dots, A_n\}, \quad (2)$$

$$W = (\omega_1, \dots, \omega_m), \quad \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \quad \omega_j > 0,$$

де значення $G(A_i)$ обчислюють за певним правилом (алгоритмом), причому

$$G(A_{i_1}) \geq G(A_{i_2}) \geq \dots \geq G(A_{i_m}), \quad (3)$$

а W є нормованим вектором вагових коефіцієнтів кожного критерію [1; 6].

Задача (1)–(3) виникає при визначенні результатів конкурсу-захисту МАН за кожною окремою секцією, проте характеризується деякою додатковою специфікою, а саме – функції $f_j(a)$ мають ієрархічну природу і, крім того, являють собою агреговану оцінку експертів (членів журі) показників нижнього рівня відповідно до факторно-критеріальної моделі.

Факторно-критеріальна модель оцінки результатів конкурсу-захисту МАН

Умови конкурсу передбачають, що підсумкова оцінка виступу кожного з учасників є сумою балів, отриманих за трьома показниками (рис. 1): заочне оцінювання дослідницьких робіт, постерний захист, наукова конференція. Кожний із цих показників (факторів) має наперед визначену вагомість w_i ($i = \overline{1,3}$), а як своє значення отримує агреговану оцінку P_i , як суму зважених значень (за шкалою $3 \div 10$) відповідних критеріїв f_{ij} ($i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1,5}$), кожний з яких характеризується своїм коефіцієнтом важливості ρ_{ij} (табл. 1).

Таблиця 1

Факторно-критеріальна модель

ФАКТОР Критерії	Вагомість/ важливість
ЗАОЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ РОБІТ:	2 (w_1)
1. Аргументованість вибору теми дослідження, наукове/прикладне значення роботи (f_{11})	0,15 (ρ_{11})
2. Системність і повнота розкриття теми (f_{12})	0,20 (ρ_{12})
3. Вміння чітко та ясно викладати свої думки, критично осмислювати використані джерела (f_{13})	0,25 (ρ_{13})
4. Рівень виконання завдань, їх відповідність меті дослідження (f_{14})	0,20 (ρ_{14})
5. Відповідність вимогам оформлення дослідницьких робіт (f_{15})	0,20 (ρ_{15})
ПОСТЕРНИЙ ЗАХИСТ:	4,5 (w_2)
1. Дослідницький характер проєкту (f_{21})	0,20 (ρ_{21})
2. Доцільність і коректність використаних методів дослідження, відповідність висновків (результатів) поставленим завданням (f_{22})	0,25 (ρ_{22})
3. Ступінь самостійності й особистий внесок автора в дослідження (f_{23})	0,20 (ρ_{23})
4. Презентаційні навички: культура мовлення, вільне володіння матеріалом, вичерпність, змістовність і наукова коректність відповідей (f_{24})	0,20 (ρ_{24})
5. Відповідність постера вимогам (f_{25})	0,15 (ρ_{25})
НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ:	3,5 (w_3)
1. Актуальність теми дослідження (f_{31})	0,15 (ρ_{31})
2. Чіткість, логічність і послідовність викладення матеріалу (f_{32})	0,20 (ρ_{32})
3. Критичний аналіз досліджуваної проблеми із зазначенням особистого внеску учасника в її розв'язання (f_{33})	0,25 (ρ_{33})
4. Самостійність, оригінальність і доказовість суджень (f_{34})	0,25 (ρ_{34})
5. Культура мовлення, вільне володіння матеріалом, доступність та оригінальність подання інформації, кваліфіковане ведення дискусії (f_{35})	0,15 (ρ_{35})

Отже, підсумкову оцінку $G(a)$ в (2) виступу кожного учасника конкурсу обчислюють за формулою:

$$G(a) = \sum_{i=1}^m w_i P_i = \sum_{i=1}^m w_i \sum_{j=1}^{k_i} \rho_{ij} \sum_{l=1}^s \frac{f_{ij}^l(a)}{s}, \quad (4)$$

де $m = 3$ – кількість показників (факторів) верхнього рівня, w_i – вагомість i -го фактора, k_i – кількість критеріїв нижнього рівня, що характеризу-

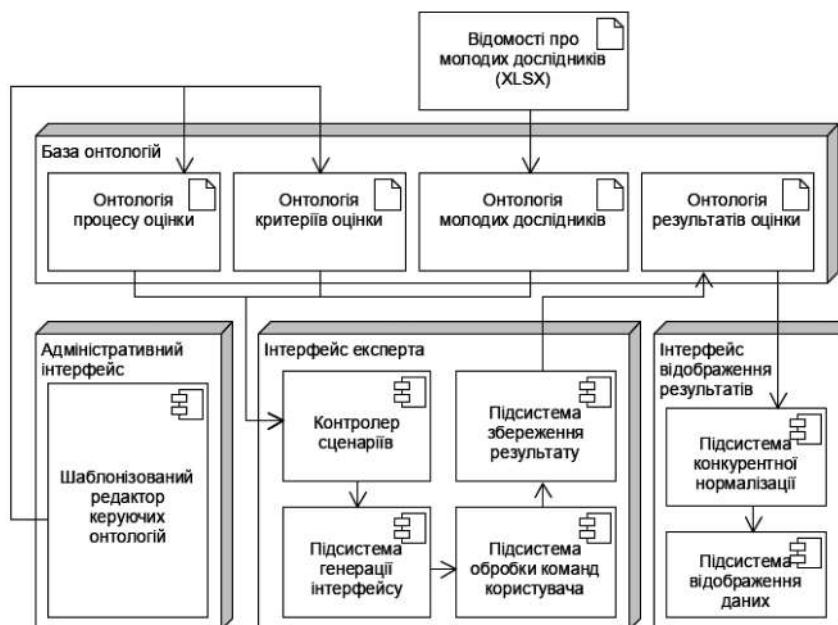


Рис. 2. Архітектура ІАП ПОЛІЕДР-Конкурс

ють i -й фактор, s – кількість членів журі цієї наукової секції, $f_{ij}^l(a)$ – оцінка l -го члена журі j -го критерію i -го фактора конкурсанта a .

У цьому випадку для вектора $W = (\omega_1, \dots, \omega_m)$ умова нормованості не накладається, а значення компонентів w_i підбрано так, щоб урахувалась конкретна значущість кожного фактора, а максимально можлива оцінка (4) була 100 балів.

ІАП ПОЛІЕДР-Конкурс

Інформаційно-аналітичну платформу підтримки процесів оцінювання розгорнуто на базі інтерактивного документа [9; 10], що являє собою варіант онтологокерованої системи [9] й може використовуватись для широкого спектра задач. Інтерактивний документ створюється на основі певної множини онтологій, які поділяються на інформаційні (містять певну інформацію, призначену для сприйняття користувачем) і керуючі (містять інформацію щодо функціонування програмних модулів).

До основних складових цієї системи належать: база онтологій і програмні компоненти (підсистеми), що визначають і забезпечують функціональність користувацьких інтерфейсів (рис. 2).

До складу бази онтологій входить:

- онтологія процесу оцінки – визначає робоче місце експерта (на базі сценарію, заданого у вигляді керуючої онтології) та регламентує порядок і функціональні можливості його роботи у системі;

- онтологія критеріїв оцінки – задає факторно-критеріальну модель оцінювання, дає можливість імплементації різних способів оцінювання та визначення переможців залежно від конкретних умов та правил. Тут визначається перелік наявних факторів та критеріїв, їх важливість та ієрархічна структура;
- онтологія молодих дослідників – містить загальну та спеціалізовану інформацію про об'єкти, що підлягають оцінюванню. В цьому випадку як такий об'єкт виступає молодь, що змагається у інтелектуальних конкурсах. Ця онтологія формується на базі відомостей про молодих дослідників, які надходять або створюються у вигляді файлу Microsoft Excel;
- онтологія результатів оцінки – містить дані проведеного оцінювання експерта, формується за допомогою застосування онтології процесу оцінки експерта. Як інформаційне наповнення (вхідні дані) використовується онтологія молодих дослідників і онтологія критеріїв.

До ключових підсистем цієї інформаційно-аналітичної платформи належать:

- Шаблонізований редактор керуючих онтологій – є частиною адміністративного інтерфейсу та надає функціональність, щодо побудови керуючих та інформаційних онтологій.
- Робоче місце експерта (інтерфейс експерта) – набір програмних компонентів, які забезпечують діяльність експерта. Ключові аспекти функціонування цієї підсистеми визначаються на базі відповідних онтологій:

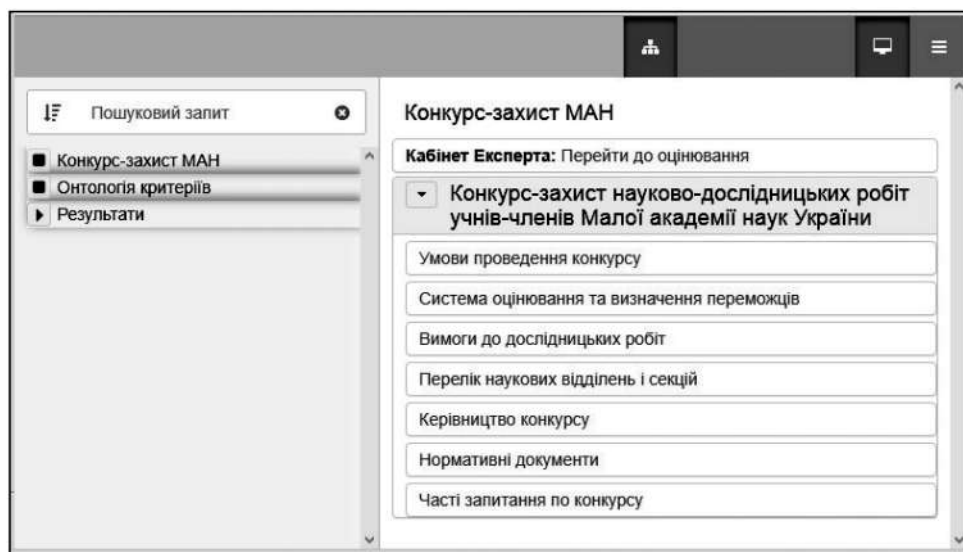


Рис. 3. Загальний вигляд інтерфейсу ІАП ПОЛЕДР-Конкурс

- контролер сценаріїв – модуль, що інтерпретує дії користувача на базі відповідної керуючої онтології процесу;
- підсистема генерації інтерфейсу – відповідає за формування користувацького інтерфейсу експерта (елементів відображення та управління);
- підсистема обробки команд користувача – відповідає за опрацювання дій користувача: вибір об'єкта оцінювання, перегляд про нього інформації, виставлення експертних значень та інше;
- підсистема збереження результату – формує онтологію результатів оцінки на базі проведеного оцінювання.
- Інтерфейс відображення результатів – відкрита частина системи, що доступна всім користувачам:
 - підсистема конкурентної нормалізації – містить математичне ядро системи, де реалізовано математичні методи ранжування та рейтингування;
 - підсистема відображення даних – відповідає за представлення результатів оцінювання у табличному вигляді.

ІАП ПОЛЕДР-Конкурс створено для забезпечення процесу оцінювання та перегляду науково-дослідницьких досягнень учасників конкурсу-захисту Малої академії наук України. Загальний вигляд інтерфейсу ІАП показано на рис. 3. Користувачами системи є зареєстровані менеджером ІАС члени журі кожної наукової секції (закрита частина системи) та звичайні спостерігачі/відвідувачі (відкрита частина системи), що мають можливість переглядати результати виступів учасників конкурсу.

Користувачеві системи ПОЛЕДР-Конкурс надається можливість:

- ознайомитись із детальним описом конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів Малої академії наук України:
 - умови проведення;
 - система оцінювання та визначення переможців;
 - вимоги до дослідницьких робіт;
 - перелік наукових відділень і секцій;
 - керівництво конкурсу;
 - нормативні документи;
- проглянути онтологічний граф факторно-критеріальної моделі, за якою відбувається оцінювання виступів учасників конкурсу (пункт меню «Онтологія критеріїв»);
- отримати доступ до перегляду результатів конкурсу в тих наукових секціях, у яких члени журі повністю надали оцінки всім учасникам за всіма критеріями факторно-критеріальної моделі (пункт меню «Результати»);
- перейти до оцінювання (для експерта, тобто члена журі).

Кожний експерт має можливість у своєму віртуальному кабінеті оцінювати досягнення кожного учасника наукової секції конкурсу за кожним фактором (рис. 4).

Кабінет експерта створює користувач із повноваженнями менеджера ІАП ПОЛЕДР-Конкурс, який для всіх наукових секцій реєструє членів журі, увівши в систему їхні персональні дані: логіни, паролі, прізвища, імена й по батькові. Після проведення цієї процедури всі зареєстровані члени журі набувають прав для оцінювання учасників конкурсу відповідно до факторно-критеріальної моделі.

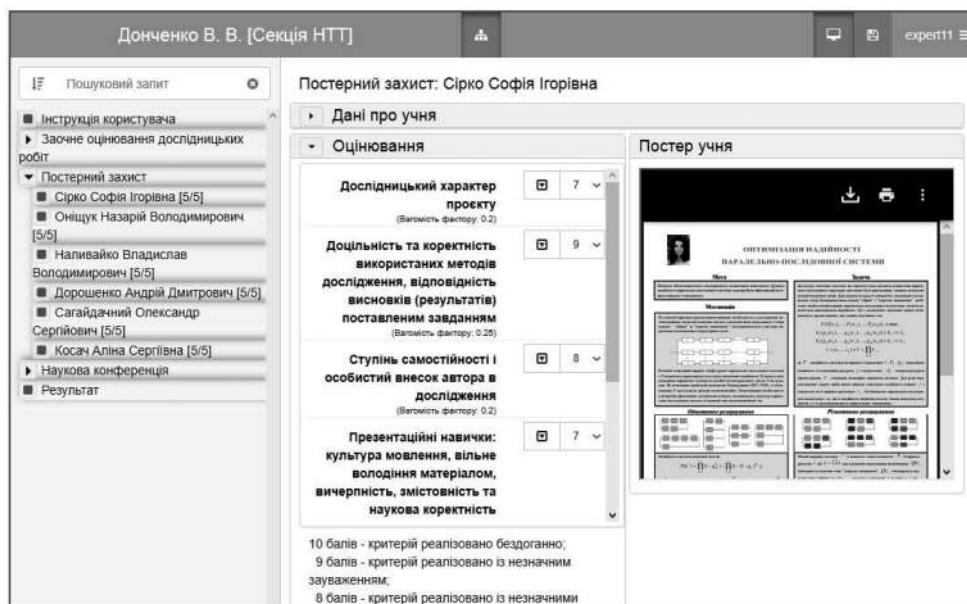


Рис. 4. Вигляд вікна для оцінювання фактора «Постерний захист»

ІАП ПОЛІЕДР-Конкурс дає також змогу до-вільним користувачам переглядати результати конкурсу-захисту за будь-якою науковою секцією.

Висновки

У процесі роботи було створено інформаційно-аналітичну платформу підтримки процесів оцінювання молодих дослідників на базі онтологерованої системи. Цей підхід (технологія) дає можливість оперативно розгорнути подібні плат-

форми й адаптовувати їх під специфіку конкретної ситуації. Система допомагає здійснювати експертне оцінювання на базі довільної ієрархічної критеріальної моделі, яка визначає правила рейтингування об'єктів. Спектр застосування цієї платформи не обмежується тільки задачами проведення інтелектуальних конкурсів, її може бути застосовано також у ситуаціях, де потрібно проводити колегіальне експертне оцінювання однорідних об'єктів із подальшим їх рейтингуванням.

Список літератури

1. Горборуков В. В. Про одну задачу багатокритеріального вибору / В. В. Горборуков // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – 2015. – Т. 177. – С. 53–57.
2. Ларичев О. І. Теорія і методи прийняття рішень / О. І. Ларичев. – Москва : Логос, 2003. – 392 с.
3. Мала академія наук України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://man.gov.ua/about>.
4. Національний центр «Мала академія наук України» (МАН) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/pozashkilna-osvita/derzhavni-centri-pozashkilnoyi-osviti/mala-akademiya-nauk-ukrayini>.
5. Про затвердження Правил проведення Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів Малої академії наук України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0441-21#n7>.
6. Черноруцкий И. Г. Методы принятия решений / И. Г. Черноруцкий. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
7. Keeney R. L. Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs / R. L. Keeney, H. Raiffa. – New York : Wiley, 1976. – 569 p.
8. Nadutenko M. Ontology-Driven Lexicographic Systems / M. Nadutenko, V. Prykhodniuk, V. Shyrokov, O. Stryzhak // Advances in Information and Communication. FICC 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. – Cham : Springer, 2022. – Pp. 204–215.
9. Saaty T. L. Analytic Hierarchy Process / T. L. Saaty. – McGraw Hill International, 1980. – 287 p.
10. Stryzhak O. Development of an Oceanographic Databank Based on Ontological Interactive Documents / O. Stryzhak, V. Prykhodniuk, M. Popova, M. Nadutenko, S. Haiko, R. Chep- kov // Lecture Notes in Networks and Systems. – Cham : Springer, 2021. – Pp. 97–114.

References

- Chernorutskiy, I. G. (2005). *Metody prinyatiya resheniy*. BKhV-Peterburg [in Russian].
- Gorborukov, V. (2015). Pro odnu zadachu bahatokrytorialnoho vyboru. *Naukovi zapysky NaUKMA. Kompiuterni nauky*, 177, 53–57 [in Ukrainian].
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1976). *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. Wiley.
- Larichev, O. I. (2003). *Teoriya i metody prinyatiya resheniy*. Logos [in Russian].
- Nadutenko, M., Prykhodniuk, V., Shyrokov, V., & Stryzhak, O. (2022). Ontology-Driven Lexicographic Systems. *Advances in Information and Communication. FICC 2022. Lecture Notes in Networks and Systems* (pp. 204–215). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98012-2_16

- Natsionalnyi tsentr "Mala akademiia nauk ukrainy". <https://mon.gov.ua/ua/osvita/pozashkilna-osvita/derzhavni-centri-pozashkilnoyi-osviti/mala-akademiya-nauk-ukrayini> [in Ukrainian].
- Pro zatverdzhennia Pravyt provedennia Vseukrainskoho konkursu-zakhystu naukovo-doslidnytskykh robot uchniv – chleniv Maloi akademii nauk Ukrainy. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0441-21> [in Ukrainian].
- Saaty, T. L. (1980). *Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill International.
- Stryzhak, O., Prykhodniuk, V., Popova, M., Nadutenko, M., Haiko, S., & Chepkov, R. (2021). Development of an Oceanographic Databank Based on Ontological Interactive Documents. *Lecture Notes in Networks and Systems* (pp. 97–114). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80126-7_8
- The Junior Academy of Sciences of Ukraine. <https://man.gov.ua/en/about> [in Ukrainian].

V. Gorborkov, O. Franchuk, V. Prykhodniuk, O. Kyriienko

TRANSDISCIPLINARY INFORMATION AND ANALYTICAL PLATFORM SUPPORTING EVALUATION PROCESSES

With the aim of identifying and developing gifted students, providing them with assistance in choosing a profession and involving them in scientific research and research activities, the National Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine" has initiated and annually holds a number of All-Ukrainian competitions of creative and intellectual direction: "Junior Erudite", "Junior Researcher", "Future of Ukraine", "Ecoview" and many others. Among them, the most popular and representative in terms of the composition of its participants is the "Contest-presentation of scientific research projects". The competition takes place in several stages, about 100,000 high school students from all over Ukraine take part in it, of which more than 1,000 of the best make it to the finals. The rules of the competition provide that a jury is created for each scientific section (of which there are 65), in which the corresponding stage of the competition is held. The members of the jury independently evaluate the research works of schoolchildren. Winners are determined in each scientific section separately by the sum of points scored by participants in all sections of the program. The final result (rating score) of each participant is calculated taking into account the weight of each component of the factor-criterion model, according to which the contestants' achievements are evaluated, that is, the participants (alternatives) are actually ranked according to a set of indicators of different importance, which have a hierarchical structure. In order to ensure the access of the jury members to all the materials of scientific and research achievements of the contestants, as well as to carry out their effective evaluation and calculation of the final results, the information and analytical platform (IAP) POLYHEDRON-Competition was created.

This article talks about the created computer system – an information and analytical platform that ensures the effective work of experts (jury members) in reviewing and evaluating scientific research materials submitted for defense by participants of intellectual contests. The system is deployed on the basis of an interactive document, which is a variant of the ontology-controlled system, and its work is illustrated on the example of the contest-presentation of scientific research projects.

Keywords: ranking alternatives, ontologies, computer system.

Матеріал надійшов 01.08.2022



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)