

**Яременко Андрій Анатолійович**

аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава

ORCID 0009-0007-0116-0347

y\_aa@ukr.net

**Стрижак Олександр Євгенійович**

д.техн.наук, професор, заступник директора з наукової роботи

Національний центр «Мала академія наук України», Київ

ORCID 0000-0002-4954-3650

sae953@gmail.com

**ТАКСОНОМІЧНІ ЗАСАДИ МОНІТОРИНГУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ УЧНІВ У  
КОНКУРСІ МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ**

**Анотація:** Моніторинг інтелектуального потенціалу держави (до якого можна віднести й шкільну освіту) – це комплексна система спостереження та оцінки здатності країни генерувати, накопичувати та ефективно використовувати знання для свого розвитку. На сьогодні цей процес особливо є актуальним і фактично дозволяє провести своєрідну «інвентаризацію мізків» країни та умов, у яких вони працюють.

У статті за допомогою таксономічного методу досліджується стан інтелектуального потенціалу регіонів України через призму рівня успішності виступів учнівської молоді у щорічному конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт, що проводить Мала академія наук України (МАН). Зазвичай, таксономічний підхід застосовується для побудови рейтингів досліджуваних об'єктів або для розв'язання задач кластеризації. У статті в результаті проведених досліджень побудовано ранжування регіонів України на обласному рівні. Описані формальні обчислювальні процедури, що є основою таксономічного методу, та продемонстровано їх застосування для проведення моніторингових досліджень освітнього середовища.

Для прикладу був проаналізований конкурс-захист 2019 року – останнього стабільного року в Україні, що передував негативному розвитку суспільно-економічних процесів з огляду на пандемію COVID-19 та подальшим введенням з 2022 р. військового стану на території України. Для застосування таксономічних процедур по кожному регіону були визначені або обчислені такі ознаки: кількість учнів, що брали участь у конкурсі, відсотки учнівської успішності, показники успішності наукових керівників (викладачів університетів та учителів закладів середньої освіти), сумарні рейтинги всіх конкурсантів та учнів-призерів. Були обчислені попарні коефіцієнти кореляції для підтвердження коректності проведеного дослідження і розраховані у підсумку таксономічні показники розвитку регіонів за інтелектуальними досягненнями школярів.

За отриманими результатами були зроблені узагальнені висновки щодо стану регіонального освітнього середовища України у 2019 р.

**Ключові слова:** конкурс-захист МАН, багатовимірний аналіз, таксономічний метод, MCDA-методи, ранжування об'єктів за сукупністю показників, інтелектуальні досягнення

**Andrii Yaremenko**

graduate student

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava

ORCID 0009-0007-0116-0347

y\_aa@ukr.net

**Oleksandr Stryzhak**

D.Sc.in Engineering (Hub), Professor, Deputy Director for Scientific Work

the NC “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv

ORCID 0000-0002-4954-3650

sae953@gmail.com

**TAXONOMIC PRINCIPLES OF MONITORING INTELLECTUAL ACHIEVEMENTS OF STUDENTS IN  
THE COMPETITION OF THE JUNIOR ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE**

**Abstract:** Monitoring the intellectual potential of the state (which can also include school education) is a comprehensive system of observation and assessment of the country's ability to generate, accumulate and effectively use knowledge for its development. Today, this process is especially relevant and actually allows for a kind of "inventory of the brains" of the country and the conditions in which they work.

The article uses the taxonomic method to investigate the state of the intellectual potential of the regions of Ukraine through the prism of the level of success of student performances in the annual competition-defense of scientific and research works, which is held by the Junior Academy of Sciences of Ukraine (JAS). Typically, the taxonomic approach is used to build ratings of the objects under study or to solve clustering problems. The article, as a result of the research conducted, builds a ranking of the regions of Ukraine at the regional level. Formal computational procedures that are

the basis of the taxonomic method are described, and their application for conducting monitoring studies of the educational environment is demonstrated.

For example, the 2019 competition defense was analyzed - the last stable year in Ukraine, which preceded the negative development of socio-economic processes due to the COVID-19 pandemic and the subsequent introduction of martial law in Ukraine from 2022. To apply taxonomic procedures, the following characteristics were determined or calculated for each region: the number of students who participated in the competition, percentages of student success, success indicators of scientific supervisors (university professors and secondary school teachers), total ratings of all contestants and prize-winning students. Pairwise correlation coefficients were calculated to confirm the correctness of the study conducted and, as a result, taxonomic indicators of the development of regions by intellectual achievements of schoolchildren were calculated.

Based on the results obtained, generalized conclusions were made regarding the state of the regional educational environment of Ukraine in 2019.

**Keywords:** competition-defense of the JAS, multidimensional analysis, taxonomic method, MCDA – methods, ranking objects by a set of indicators, intellectual achievements

## 1. Вступ

Національний центр "Мала академія наук України" (МАН) [1] активно працює над виявленням та розвитком обдарованих школярів, допомагаючи їм з вибором майбутньої професії та залучаючи до наукової діяльності. З цією метою МАН щорічно організовує низку всеукраїнських конкурсів, таких як "МАН-Юніор" та "Майбутнє України". Найбільш значущим серед них є конкурс-захист науково-дослідницьких робіт, який на I-му (районному) та II-му (регіональному) етапах збирає близько 100 000 старшокласників з усієї країни. До фінального (Всеукраїнського) етапу виходять понад 1000 найкращих школярів, що змагаються з ровесниками своїми науково-практичними дослідженнями за 65 науковими секціями. Переможці визначаються відповідно до факторно-критеріальної моделі [2], яка визначає порядок оцінювання досягнень конкурсантів за кожним з показників: заочне оцінювання дослідницької роботи, постерний захист та доповідь на науковій конференції.

Результати виступів учнів щорічно систематизуються і у вигляді різного роду значень змістовних показників агрегуються в інформаційно-аналітичній системі (ІАС) «Оцінювання інтелектуальних досягнень» [3]. Система постійно поповнюється новим контентом і надає користувачам через рейтингування об'єктів дослідження здійснювати аналіз стану розвитку учнівських досягнень як у розрізі деяких складових освітнього середовища – регіони, школи, учителі, наукові керівники, так і за різними науковими напрямками.

## 2. Постановка проблеми

У статті досліджується можливість моніторингу стану інтелектуального потенціалу регіонів України за допомогою таксономічного методу. В якості кількісних показників для аналізу обрано результати виступів учнівської молоді у щорічному конкурс-захисті науково-дослідницьких робіт, що проводить Мала академія наук України (МАН). Таксономічний підхід застосовано для побудови ранжування регіонів України на обласному рівні.

## 3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Концептуальну основу для побудови рейтингів, здійснення рейтингового оцінювання та моніторингу конкурсних досягнень становлять методи багатокритеріального аналізу рішень (MCDA) [4]. Їх роль у процесі оцінювання підтверджена та засвідчена у різних контекстах – від спортивних рейтингів [5–7] до оцінювання університетів за конкурентними перевагами [8], а також для визначення підсумкових результатів в інтелектуальних змаганнях [9]. У складних випадках конкурси (напрями, секції) можуть розглядатися як окремі критерії в загальній структурі оцінювання, причому кожен із них може містити власну вкладену багатокритеріальну модель. У результаті застосування такого підходу на базі MCDA-методів стає можливою формалізована інтеграція різнорідних кількісних та якісних даних в єдиний оцінний індекс, що є особливо важливим за умов багаторазової участі, коли необхідно враховувати не лише разові результати, але й динаміку прогресу та стабільність досягнень [10].

При цьому ключові етапи рейтингування включають визначення критеріїв оцінювання, приведення їх до єдиної шкали вимірювання, встановлення вагомості та подальшу агрегацію у підсумковий інтегральний показник. Важливість критеріїв, що визначає ступінь їхнього впливу на підсумкове рейтингове значення, може визначатись за допомогою експертних, статистичних або гібридних методів [6, 11, 12]. Етап агрегації передбачає використання алгоритмічних підходів для інтеграції нормалізованих критеріальних значень у єдиний рейтинговий показник. Одним із найпоширеніших таких підходів є метод зваженої суми (Weighted Sum Model – WSM) [9], який забезпечує прозору інтерпретацію внеску кожного критерію та зберігає стабільність оцінок за умови розширення чи модифікації набору показників, що особливо важливо у багатократних циклах оцінювання. Окрім WSM, на практиці можуть використовуватися інші MCDA-методи, зокрема TOPSIS та його гібридні модифікації [5, 11].

Важливою складовою будь-якої MCDA-моделі рейтингування є етап нормалізації початкових критеріальних значень, оскільки саме він визначає коректність міжгрупових та міжперіодних порівнянь. Традиційні методи, такі як лінійна та векторна нормалізація, попри поширеність застосування, демонструють обмежену ефективність у випадках значної різниці у структурі даних, зокрема при поєднанні результатів із

різних конкурсних напрямів, сезонів або секцій, що відрізняються складністю та рівнем конкуренції. У таких умовах обґрунтованим та доцільним є використання алгоритму конкурентної нормалізації [10], що дозволяє масштабувати оцінки відносно характеристик конкретної вибірки, зберігаючи порівнюваність даних при додаванні нових результатів і мінімізуючи вплив нерівномірності розподілу балів. Інтеграція цього підходу з адитивними моделями, такими як WSM, забезпечує автоматичне врахування багатоперіодних результатів без необхідності перебудови всієї моделі, що робить його особливо придатним для динамічного рейтингування у конкурсах із багаторазовою участю.

Математичне забезпечення розробленої системи рейтингування оновлюється і базується на тому, що в загальному випадку об'єкти спостереження чи аналітичного дослідження неможливо описати однією чи двома характеристиками. Натомість, вони є багатовимірними, тобто описуються численними наборами ознак або змінних.

Проведення ефективного аналізу таких об'єктів вимагає спеціальних підходів, що дозволяють виявляти приховані закономірності, співвідношення та взаємозв'язки між ними. Для цього застосовуються методи порівняльного аналізу, які можна поділити на дві основні групи: *таксономічні методи (або методи кластерного аналізу)* та *(факторний аналіз)*.

Суть таксономічних методів полягає в тому, що кожен досліджуваний об'єкт розглядається як точка у багатовимірному просторі. Кількість вимірів цього простору відповідає кількості ознак, що характеризують об'єкт. Тут ключовим поняттям є таксономічна відстань – міра схожості або відмінності між двома об'єктами на основі їхніх ознак. Чим ближче точки розташовані одна до одної в цьому багатовимірному просторі (тобто, чим менша між ними таксономічна відстань), тим більше вони схожі за своїми характеристиками. За допомогою таксономічної відстані можна здійснювати оцінку та порівняння об'єктів за певною ознакою або сукупністю ознак з метою їхнього ранжування від "кращих" до "гірших" або вибору найбільш підходящих. Крім того, стає можливим групування схожих об'єктів у кластери. Це дозволяє виявити природні угруповання серед досліджуваних об'єктів без попередніх припущень про їхню приналежність до певних груп.

Факторний аналіз полягає у виявленні тих спільних, (можливо, прихованих) закономірностей або чинників (факторів), які визначають сутність явища чи об'єкта, що вивчаються. Ключовим моментом для факторного аналізу є виявлення сильно корельованих ознак. Якщо дві або більше ознаки постійно змінюються синхронно (тобто, сильно корелюють), це означає, що вони несуть схожу інформацію про досліджуваний об'єкт або ж відображають вплив одного й того ж прихованого фактора. У таких випадках доцільно замінити групу цих сильно корельованих ознак однією розрахунковою величиною – фактором. Ця заміна відбувається таким чином, щоб мінімізувати втрати інформації, що містилася в початковій множині ознак. Нові фактори є узагальненими змінними, які "пояснюють" значну частину варіації у вихідних даних, але їхня кількість значно менша. Це дозволяє спростити модель, виявити основні виміри явища та зробити висновки більш наочними та інтерпретованими.

Таким чином, у той час як таксономічні методи допомагають групувати об'єкти за їхньою схожістю, факторний аналіз вирішує проблему надмірної кількості ознак, виявляючи їхні приховані взаємозв'язки та узагальнюючи їх у меншу кількість значущих факторів.

#### 4. Мета і задачі дослідження

Метою даного дослідження є проведення моніторингу інтелектуальної складової потенціалу розвитку регіонів України на основі аналізу виступів учнівської молоді у конкурсі-захисті науково-дослідних робіт Малої академії наук України.

Для досягнення поставленої мети був обраний таксономічний метод [13], який необхідно було адаптувати для обраних об'єктів дослідження – побудувати матрицю спостережень, визначити показники, за якими буде здійснюватись аналіз, провести необхідні обчислення та обґрунтувати отриманий результат.

#### 5. Результати дослідження

Для отримання достовірних результатів аналітичного дослідження необхідно виконати декілька етапів: сформулювати матрицю спостережень, провести стандартизацію ознак, що характеризують обрані об'єкти, обчислити елементи матриці таксономічних відстаней та таксономічний показник рівня розвитку. На основі отриманих значень – провести впорядкування обраних об'єктів дослідження.

##### 5.1. Попередні процедури для застосування таксономічного методу

Якщо ми маємо справу з множиною з  $m$  елементів (об'єктів), кожний з яких характеризується  $n$  ознаками, то кожний елемент можна інтерпретувати як точку  $n$ -мірного простору з координатами, рівними значенням  $n$  ознак. Тоді матрицю спостережень можна представити так:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1n} & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2n} & \dots & x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{in} & \dots & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mk} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість елементів,  $n$  – число ознак,  $x_{ik}$  – значення ознаки  $k$  для елемента  $i$ .

Таким чином, кожен рядок матриці відповідає одному з  $m$  досліджуваних об'єктів, а кожен стовпець матриці представляє одну з  $n$  ознак.

У більшості випадків ознаки, що розглядаються у матриці спостережень, можуть бути неоднорідними, оскільки описують різні властивості об'єктів. Крім того, відрізняються їх одиниці вимірів, що унеможлиблює коректне виконання необхідних обчислювальних процедур. Тому виникає необхідність виконання попереднього перетворення, яке полягає в стандартизації (нормалізації) ознак. Таке перетворення проводиться за формулою

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k}, \quad (2)$$

причому

$$\bar{x}_k = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ik}; \quad s_k = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(x_{ik} - \bar{x}_k\right)^2},$$

де  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $\bar{x}_k$  – середнє арифметичне ознаки  $k$ ,  $s_k$  – стандартне відхилення ознаки  $k$ ;  $z_{ik}$  – стандартизоване значення ознаки  $k$  для елемента  $i$ .

Після стандартизації змінних обчислюються елементи матриці відстаней з врахуванням всіх елементів матриці спостережень. Найбільш поширеними є:

$$c_{rs} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |z_{rk} - z_{sk}| \quad (r, s = 1, 2, \dots, m); \quad c_{rs} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (z_{rk} - z_{sk})^2},$$

відповідно – середня абсолютна різниця значень ознак та корінь квадратний з середнього квадрата різниці значень ознак. Рідше використовуються:

$$c_{rs} = \sum_{k=1}^n |z_{rk} - z_{sk}|; \quad c_{rs} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (z_{rk} - z_{sk})^2},$$

відповідно – сума абсолютних різниць значень ознак та корінь квадратний з суми квадратів різниць значень ознак.

Після обрахування відстаней між усіма елементами отримується матриця відстаней. Її можна записати у вигляді:

$$C = \begin{bmatrix} 0 & c_{12} & \dots & c_{1i} & \dots & c_{1p} & \dots & c_{1m} & c_{21} & 0 & \dots & c_{2i} & \dots & c_{2p} & \dots & c_{2m} & \dots & c_{i1} & c_{i2} & \dots & 0 & \dots & c_{ip} & \dots & c_{im} & \dots & c_{p1} & c_{p2} & \dots & c_{pi} & \dots & 0 & \dots & c_{pm} & \dots & c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mi} & \dots & c_{mp} & \dots & 0 \end{bmatrix},$$

де  $c_{ip}$  – відстань між елементами  $i$  та  $p$ .

Елементи цієї матриці слугуватимуть основою для проведення подальших досліджень за допомогою таксономічних процедур. Вони мають такі властивості:

$$c_{rr} = 0; \quad c_{rs} = c_{sr}; \quad c_{rs} \leq c_{rl} + c_{ls}.$$

## 5.2. Таксономічний показник рівня розвитку

Одним з перших методів дослідження багатовимірних об'єктів був запропонований З.Хельвігом [14] таксономічний показник рівня розвитку. Цей показник представляє собою відповідним чином обчислену синтетичну величину, на основі якої здійснюється лінійне впорядкування заданих елементів.

Процес побудови таксономічного показника передбачає диференціацію ознак на дві категорії – стимулятори та дестимулятори, тобто, іншими словами – визначення груп показників, що максимізуються та мінімізуються. Отже, після проведення стандартизації за перетворенням (2) будується так званий еталон розвитку (ідеальна точка)  $P_0$  з координатами:

$$z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n},$$

де

$$z_{0s} = \{z_{rs}, \quad s \in I_1 \quad z_{rs}, \quad s \in I_2, \quad s = \underline{1, n}; \quad I_1 \cup I_2 = \{1, 2, \dots, n\}; \quad (3)$$

$z_{rs}$  – стандартизоване значення ознаки  $s$  для елемента  $r$ ;

$I_1$  – множина стимуляторів,  $I_2$  – множина дестимуляторів.

Далі у відповідності до ідеології таксономічних методів необхідно обчислити відстані між окремими точками–елементами та точкою  $P_0$ . Позначимо ці відстані як  $c_{i0}$  і будемо обчислювати їх так [13]:

$$c_{i0} = \sqrt{\sum_{s=1}^n (z_{is} - z_{0s})^2}, \quad i = \underline{1, m}. \quad (4)$$

Тепер проводиться обчислення середньої відстані  $\underline{c_0}$ :

$$\underline{c_0} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m c_{i0}, \quad (5)$$

розраховується стандартне відхилення  $S_0$ :

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (c_{i0} - \underline{c_0})^2} \quad (6)$$

та максимально можливе відхилення  $c_0$  від еталону:

$$c_0 = \underline{c_0} + 2S_0. \quad (7)$$

Отримані значення тепер можна використати для розрахунку показника рівня розвитку [4]:

$$d_i^* = \frac{c_{i0}}{c_0}, \quad (8)$$

Показник  $d_i^*$  характеризується тим, що є величиною додатною і лише з ймовірністю, близькою до нуля, може виявитися більше одиниці. Інтерпретація така – даний елемент знаходиться на тим більш високому рівні розвитку, чим ближче значення показника рівня розвитку до нуля. Проте, на практиці зазвичай використовують модифікований показник:

$$d_i = 1 - \frac{c_{i0}}{c_0}, \quad (9)$$

близькість якого до одиниці свідчить про більш високий рівень розвитку елемента.

Таксономічний показник рівня розвитку функціонує як інструмент для характеристики сукупності об'єктів у статичному контексті. Він агрегує інформацію про множину ознак, що характеризують досліджуване явище, дозволяючи оцінити їхній інтегрований середній рівень досягнень у конкретний період або момент часу. Однак, проведення динамічного аналізу, тобто вивчення змін цього показника у часі, є методологічно ускладненим. Це пов'язано з тим, що у процесі розрахунку показника відбувається варіація двох ключових компонентів: значення нормуючої величини, яка використовується для стандартизації вихідних ознак та координати еталону розвитку (ідеальної або антиідеальної точки в багатовимірному просторі), які можуть змінюватися залежно від варіативності ознак у кожному окремому часовому інтервалі. Ці зміни у базових елементах розрахунку показника роблять пряме міжчасове порівняння проблематичним і вимагають розробки спеціальних підходів для забезпечення порівнянності.

### 5.3. Таксономічний показник рівня розвитку регіонів з огляду на інтелектуальні досягнення школярів

Проведемо з застосуванням таксономічних процедур моніторинг інтелектуальних досягнень учнів шкіл на прикладі результатів виступів конкурсантів у конкурсі–захисті МАН у 2019 році.

За допомогою ІАС «Оцінювання інтелектуальних досягнень» були згенеровані відповідні результати виступів учнів (табл.1). (Тут не враховані результати учнів АР Крим через їх не значну кількість, що не може слугувати репрезентативною характеристикою освітнього рівня регіону).

Результати конкурсу–захисту МАН, 2019 р.

Регіони	Учн	Викл	Учит	УчнП	ВП	УП	ВР	УР	СР
Вінницька	40	12	9	10	4	4	3187,84	2265,28	7850,15
Волинська	60	21	9	40	17	1	5293,04	1691,32	14818,8
Дніпропетровська	60	11	20	40	10	12	4001,89	5256,52	16742,65
Донецька	39	4	32	19	2	17	1004,99	6615,17	7995,18
Житомирська	42	18	12	14	4	3	3693,22	2215,65	8513,54
Закарпатська	56	6	39	18	2	14	1159,91	8443,92	10917,47
Запорізька	55	13	13	26	9	5	3351,98	2999,61	12556,28
Івано–Франківська	55	3	32	27	2	18	1472,59	8925,07	13665,63
Київська	58	3	48	23	1	20	565,32	12124,64	13805,1
Кіровоградська	47	18	2	25	15	1	6153,61	447,53	11621,04
Луганська	16	7	5	4	1	3	1073,44	1296,08	3097,92
Львівська	54	33	5	40	23	2	8884,63	1047,4	15443,41
м. Київ	60	17	6	42	10	6	4890,5	2729	19018,67
Миколаївська	37	5	19	20	3	11	1590,21	4688,64	8771,81
Одеська	32	6	16	10	1	5	1071,44	3527,1	6284,92
Полтавська	55	4	42	26	2	21	1008,81	9984,93	12603,41
Рівненська	59	16	20	30	9	9	4116,45	5410,62	15216,43
Сумська	45	7	23	23	6	11	1767,45	6045,81	10908,34
Тернопільська	36	18	11	25	14	8	6705,76	3239,41	11100,68
Харківська	65	38	13	51	38	7	14593,84	3735,87	20678,47
Херсонська	52	11	18	21	5	5	2616,21	4075,43	11659,5
Хмельницька	46	7	32	19	2	15	1726,87	9605,72	12095,27
Черкаська	38	2	18	19	0	7	584,76	4024,77	8794,75
Чернівецька	38	24	1	23	14	1	5594,84	1000,5	10054,02
Чернігівська	44	8	15	21	4	9	1724,98	3522,59	10488,98

В табл. 1 скорочення означають:

- Учн** – кількість учнів регіону, що брали участь у конкурсі;  
**Викл** – загальна кількість викладачів з університетів, що були науковими керівниками школярів;  
**Учит** – загальна кількість учителів, що були науковими керівниками школярів;  
**УчнП** – кількість учнів, що стали призерами;  
**ВП** – кількість викладачів – наукових керівників призерів;  
**УП** – кількість учителів – наукових керівників призерів;  
**ВР** – рейтинг, що здобули учні, науковими керівниками яких були викладачі;  
**УР** – рейтинг, що здобули учні, науковими керівниками яких були учителі;  
**СР** – сумарний рейтинг всіх учнів-конкурсантів.

Для використання таксономічних процедур були визначені/обчислені такі ознаки:

1. Кількість учнів (Учн);
2. Відсоток учнівської успішності ( $V_{Учн} = \frac{УчнП}{Учн} * 100$ );
3. Відсоток викладачів – наукових керівників учнів, які стали призерами ( $V_{Викл} = \frac{ВП}{Викл} * 100$ );
4. Відсоток учителів – наукових керівників учнів, які стали призерами ( $V_{Учит} = \frac{УП}{Учит} * 100$ );
5. Сумарний рейтинг учнів–призерів, науковими керівниками яких були викладачі та учителі ( $ВВР = ВР + УР$ );
6. Сумарний рейтинг всіх учнів–конкурсантів (СР).

Таким чином, матриця спостережень для нашого дослідження будується з таких значень обраних показників (табл. 2).

Таблиця 2

Значення обраних показників конкурсу–захисту МАН 2019 р.

Регіони	Учн	ВУчн	ВВикл	ВУчит	ВВР	СР
Вінницька	10	25,00	33,33	44,44	5453,12	7850,15
Волинська	40	66,67	80,95	11,11	6984,36	14818,80
Дніпропетровська	40	66,67	90,91	60,00	9258,41	16742,65
Донецька	19	48,72	50,00	53,13	7620,16	7995,18
Житомирська	14	33,33	22,22	25,00	5908,87	8513,54
Закарпатська	18	32,14	33,33	35,90	9603,83	10917,47
Запорізька	26	47,27	69,23	38,46	6351,59	12556,28
Івано–Франківська	27	49,09	66,67	56,25	10397,66	13665,63
Київська	23	39,66	33,33	41,67	12689,96	13805,10
Кіровоградська	25	53,19	83,33	50,00	6601,14	11621,04
Луганська	4	25,00	14,29	60,00	2369,52	3097,92
Львівська	40	74,07	69,70	40,00	9932,03	15443,41
м. Київ	42	70,00	58,82	100,00	7619,50	19018,67
Миколаївська	20	54,05	60,00	57,89	6278,85	8771,81
Одеська	10	31,25	16,67	31,25	4598,54	6284,92
Полтавська	26	47,27	50,00	50,00	10993,74	12603,41
Рівненська	30	50,85	56,25	45,00	9527,07	15216,43
Сумська	23	51,11	85,71	47,83	7813,26	10908,34
Тернопільська	25	69,44	77,78	72,73	9945,17	11100,68
Харківська	51	78,46	100,00	53,85	18329,71	20678,47
Херсонська	21	40,38	45,45	27,78	6691,64	11659,50
Хмельницька	19	41,30	28,57	46,88	11332,59	12095,27
Черкаська	19	50,00	0,00	38,89	4609,53	8794,75
Чернівецька	23	60,53	58,33	100,00	6595,34	10054,02
Чернігівська	21	47,73	50,00	60,00	5247,57	10488,98

Результати всіх етапів подальших розрахунків наведені у додатках. Зазначимо, що ознаки, за якими досліджується освітній рівень регіонів, обирались з врахуванням їх попарного кореляційного аналізу. Коефіцієнти кореляції обраховувались за формулою Пірсона:

$$R_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \underline{X})(Y_i - \underline{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \underline{X})^2 (Y_i - \underline{Y})^2}},$$

де  $X, Y$  – вибірки випадкових величин довжини  $N$ ;  $\underline{X}, \underline{Y}$  – середні значення випадкових величин. Результати наведені у табл. 3.

Слід зауважити, що існує значна кореляційна залежність між сумарним рейтингом регіону та кількістю учнів, що брали участь у конкурсі (0,94), що цілком зрозуміло, а також – між кількістю учасників тв відсотком успішності учнів (0,89). Проте, для кожного з обраних показників існує принаймні один інший з низькою кореляційною залежністю, що свідчить про достатню коректність проведеного дослідження.

Таблиця 3

Попарні коефіцієнти кореляції обраних ознак

	Учн	ВУчн	ВВикл	ВУчит	ВВР	СР
Учн	1					
ВУчн	0,890412	1				
ВВикл	0,755982	0,760952	1			
ВУчит	0,164042	0,364387	0,215744	1		
ВВР	0,640093	0,479663	0,474572	0,051593	1	
СР	0,943021	0,741694	0,658882	0,14737	0,736244	1

Отже, згідно з порядком застосування таксономічних процедур спочатку проводимо стандартизацію матриці спостережень, обраховуючи значення  $z_{ik}, i = \underline{1,25}, k = \underline{1,6}$  за формулою (2). Тут 25 – кількість досліджуваних регіонів України, 6 – кількість обраних ознак. За формулою (3) визначаємо координати  $z_{01}, z_{02}, \dots, z_{06}$  ідеальної точки  $P_0$ .

Матриця стандартизованих ознак з виділеною ідеальною точкою наведена у Додатку 1.

За формулою (4) знаходимо відстані  $c_{i0}$  від кожного досліджуваного об'єкта до еталону (ідеальної точки). Для цього послідовно обчислюємо всі значення

$$(z_{is} - z_{0s})^2, i = \underline{1,25}; s = \underline{1,6},$$

знаходимо суми по рядкам і від кожної з них беремо квадратний корінь (Додаток 2).

Для отримання таксономічного показника рівня розвитку регіонів застосовуємо формули (5)–(8):

$$\underline{c}_0 = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} c_{i0} = 6,2; S_0 = \sqrt{\frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} (c_{i0} - \underline{c}_0)^2} = 2,76; c_0 = \underline{c}_0 + 2S_0 = 11,72$$

Беручи до уваги, що на практиці зазвичай використовують модифікований показник розвитку, за формулою (9) після сортування за спаданням отримуємо остаточний результат (табл. 4).

Таблиця 4

Таксономічні показники розвитку регіонів за інтелектуальними досягненнями школярів

Регіони	$c_{i0}$	$(c_{i0} - \underline{c}_0)^2$	$d_i^* = \frac{c_{i0}}{c_0}$	$d_i = 1 - \frac{c_{i0}}{c_0}$
Харківська	2,35	14,79	0,20	0,80
м. Київ	3,89	5,34	0,33	0,67
Дніпропетровська	3,89	5,35	0,33	0,67
Львівська	4,55	2,73	0,39	0,61
Тернопільська	4,69	2,28	0,40	0,60
Івано–Франківська	5,02	1,4	0,43	0,57
Рівненська	5,27	0,86	0,45	0,55
Полтавська	5,47	0,53	0,47	0,53
Чернівецька	5,66	0,29	0,48	0,52
Кіровоградська	5,9	0,09	0,50	0,50
Сумська	5,91	0,08	0,50	0,50
Київська	5,98	0,05	0,51	0,49

Регіони	$c_{i0}$	$(c_{i0} - c_0)^2$	$d_i^* = \frac{c_{i0}}{c_0}$	$d_i = 1 - \frac{c_{i0}}{c_0}$
Волинська	6,15	0	0,52	0,48
Запорізька	6,31	0,01	0,54	0,46
Хмельницька	6,34	0,02	0,54	0,46
Миколаївська	6,48	0,08	0,55	0,45
Чернігівська	6,68	0,23	0,57	0,43
Донецька	6,63	0,19	0,57	0,43
Закарпатська	7,13	0,86	0,61	0,39
Херсонська	7,17	0,95	0,61	0,39
Черкаська	8,11	3,63	0,69	0,31
Вінницька	8,37	4,72	0,71	0,29
Житомирська	8,39	4,79	0,72	0,28
Одеська	8,96	7,64	0,76	0,24
Луганська	9,68	12,12	0,83	0,17

#### 6. Висновки та перспективи подальших досліджень

Отримані результати дослідження свідчать про значний рівень об'єктивності застосування таксономічних процедур в задачах моніторингу інтелектуального потенціалу регіонів України. Для прикладу був проаналізований конкурс–захист Малої академії наук 2019 року – останнього стабільного року в Україні, що передував негативному розвитку суспільно–економічних процесів з огляду на пандемію COVID–19 та подальшим введенням з 2022 р. військового стану на території України.

Так, за результатами дослідження можна зробити висновки, що цілком закономірно узгоджуються зі станом освітнього середовища у 2019 р.

##### 6.1. Загальний огляд та розподіл результатів:

- *Діапазон.* Показники варіюються від 0,17 (Луганська) до 0,80 (Харківська), що свідчить про значну нерівномірність у рівні інтелектуальних досягнень між регіонами.
- *Середній показник.* Більшість областей знаходяться в діапазоні від 0,40 до 0,60.

##### 6.2. Регіони–лідери (найвищі показники інтелектуальних досягнень):

- Харківська область (0,80). Однозначний лідер рейтингу, що підкреслює її сильні позиції у розвитку обдарованої молоді та науково–дослідницькій діяльності учнів. Харків традиційно був великим науковим і освітнім центром, що, ймовірно, відображається у високих результатах інтелектуальних конкурсів.
- м. Київ (0,67). Столиця України посідає високе місце, що очікувано, враховуючи концентрацію ресурсів, висококваліфікованих педагогів та доступ до наукових установ.
- Дніпропетровська область (0,67). Розділяє друге місце з Києвом, що також вказує на потужну освітню базу та активну роботу з талановитою молоддю.
- Львівська область (0,61). Західноукраїнський лідер, що відображає її статус великого освітнього та культурного центру.
- Тернопільська область (0,60), Івано–Франківська область (0,57), Рівненська область (0,55). Ці області демонструють стабільно високі результати, що може свідчити про ефективні регіональні програми підтримки обдарованих дітей.

##### 6.3. Регіони із середніми показниками:

- Цю групу складають області з показниками від 0,45 до 0,53, включаючи Полтавську, Чернівецьку, Кіровоградську, Сумську, Київську, Волинську, Запорізьку, Хмельницьку та Миколаївську. Їхні результати свідчать про наявність певного рівня роботи з обдарованими дітьми, але з потенціалом для подальшого зростання.

##### 6.4. Регіони–аутсайтери (найнижчі показники інтелектуальних досягнень):

- Луганська область (0,17). Займає останнє місце, що може бути пов'язано з наслідками конфлікту на Сході України, який розпочався у 2014 році. Обмежений доступ до контрольованих територій, зруйнована інфраструктура та міграція населення, ймовірно, мали значний негативний вплив на освітній процес та участь у конкурсах.

- Одеська область (0,24), Житомирська область (0,28), Вінницька область (0,29), Черкаська область (0,31). Ці області мають значно нижчі показники порівняно з лідерами. Це може вказувати на потребу у посиленні програм підтримки обдарованої молоді, покращенні якості підготовки до наукових конкурсів або ефективності роботи регіональних відділень МАН.
- Херсонська область (0,39), Закарпатська область (0,39), Донецька область (0,43), Чернігівська область (0,43). Хоча ці показники не найнижчі, вони також вказують на певні виклики, особливо для Донецької та Херсонської областей, які вже тоді відчували вплив конфлікту.

#### 6.5. Потенційні фактори впливу (для 2019 року):

- *Наявність великих університетських та наукових центрів.* Це корелює з високими показниками у Харкові, Києві, Дніпрі, Львові.
- *Рівень економічного розвитку регіону.* Може впливати на фінансування освітніх програм та доступність ресурсів для учнів.
- *Активність регіональних відділень МАН.* Ефективність роботи обласних відділень МАН, їхня співпраця зі школами та науковими установами.
- *Кадрова політика.* Наявність кваліфікованих педагогів–наставників, що здатні залучати учнів до наукової діяльності.
- *Демографічні фактори.* Загальна кількість учнів у регіоні.

Таким чином, аналіз таблиці інтелектуальних досягнень учнів у конкурсах МАН за 2019 рік виявляє чітку регіональну диференціацію. Провідні позиції займають великі освітні та наукові центри, тоді як області, що постраждали від конфлікту (Луганська, Донецька), або ті, що мають менш розвинену освітню інфраструктуру, демонструють нижчі результати. Ці дані за 2019 рік є важливим базисом для порівняння з показниками після початку повномасштабної війни, що дозволить оцінити вплив конфлікту на розвиток обдарованої молоді в Україні.

#### Список використаної літератури

1. Мала академія наук України. (н.д.). Офіційний сайт. <https://man.gov.ua>
2. Мала академія наук України. (н.д.). Система оцінювання та визначення переможців. <https://man.gov.ua/contests/olympiad/konkurs-zahist-naukovo-doslidniskih-robit-uchniv-chleniv-man/conditions/sistema-ocinyuvannya-ta-viznachennya-peremozhciv>
3. Інформаційно-аналітична система «Оцінювання інтелектуальних досягнень». (н.д.). <https://intellect.stemua.science/ias/analytics/>
4. Ogrodnik, K. (2023). Application of MCDM/MCDA methods in city rankings - review and comparative analysis. *Economics and Environment*, 86(3), 132–151. <https://doi.org/10.34659/eis.2023.86.3.689>
5. Pradhan, S., & Abdourzakou, Y. (2020). “Power ranking” professional circuit eSports teams using multi-criteria decision-making (MCDM). *Journal of Sports Analytics*, 6(1), 61–73. <https://doi.org/10.3233/JSA-190420>
6. Wang, Y., Li, W., & Li, R. (2025). AHP-entropy integrated evaluation model for Olympic sports discipline selection: Enhancing decision-making with multi-criteria analysis. *Advances in Engineering Technology Research*, 13(1), 1100. <https://doi.org/10.56028/aetr.13.1.1100.2025>
7. Dadelo, S., Turskis, Z., Zavadskas, E. K., & Dadelienė, R. (2014). Multi-criteria assessment and ranking system of sport team formation based on objective-measured values of criteria set. *Expert Systems with Applications*, 41(14), 6106–6113. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.03.036>
8. Ayhan, İ., & Özdemir, A. (2023). A practical framework for ranking universities by their competitive advantages: A mixed methods study on foundation universities in Turkey. *The TQM Journal*, 35(8), 2114–2140. <https://doi.org/10.1108/TQM-08-2022-0246>
9. Skupiene, J. (2011). Score calculation in informatics contests using multiple criteria decision methods. *Informatics in Education*, 10(1), 89–103. <https://doi.org/10.15388/infedu.2011.07>
10. Горбурков, В. В., Приходнюк, В. В., & Франчук, О. В. (2022). Алгоритм конкурентної нормалізації в системі рейтингового оцінювання інтелектуальних досягнень. *Наукові записки Малої академії наук України*, (1), 3–12. <https://doi.org/10.51707/2618-0529-2022-23-01>
11. Huang, J., Zhang, Y., Xu, M., Lv, Y., Zhang, J., & Shafieezadeh, M. M. (2025). Hybrid FAHP-FTOPSIS methodology for objective football player selection and ranking. *Scientific Reports*, 15(1), 27913. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13973-6>
12. Saaty, T. L. (1980). *Analytic hierarchy process*. McGraw-Hill International.
13. Pluta, W. (1977). Wielowymiarowa analiza porównawcza w badaniach ekonomicznych: Metody taksonomiczne i analizy czynnikowej [Multivariate comparative analysis in economic research: Taxonomic and factor analysis methods]. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.
14. Hellwig, Z. (1968). Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju i strukturę wykwalifikowanych kadr [Application of the taxonomic method to the typological division of countries according to their level of development and the structure of qualified personnel]. *Przegląd Statystyczny*, (4), 211.

#### References

1. Junior Academy of Sciences of Ukraine. (n.d.). Official website. <https://man.gov.ua>

2. Junior Academy of Sciences of Ukraine. (n.d.). Systema otsiniuvannia ta vyznachennia peremozhstiv [System of evaluation and determination of winners]. <https://man.gov.ua/contests/olympiad/konkurs-zahist-naukovo-doslidnitskikh-robit-uchniv-chleniv-man/conditions/sistema-ocinyuvannya-ta-viznachennya-peremozhciv>
3. Informatsiino-analitychna systema "Otsiniuvannia intelektualnykh dosiahnen" [Information and analytical system "Evaluation of intellectual achievements"]. (n.d.). <https://intellect.stemua.science/ias/analytics/>
4. Ogrodnik, K. (2023). Application of MCDM/MCDA methods in city rankings - review and comparative analysis. *Economics and Environment*, 86(3), 132–151. <https://doi.org/10.34659/eis.2023.86.3.689>
5. Pradhan, S., & Abdourazakou, Y. (2020). "Power ranking" professional circuit eSports teams using multi-criteria decision-making (MCDM). *Journal of Sports Analytics*, 6(1), 61–73. <https://doi.org/10.3233/JSA-190420>
6. Wang, Y., Li, W., & Li, R. (2025). AHP-entropy integrated evaluation model for Olympic sports discipline selection: Enhancing decision-making with multi-criteria analysis. *Advances in Engineering Technology Research*, 13(1), 1100. <https://doi.org/10.56028/aetr.13.1.1100.2025>
7. Dadelo, S., Turskis, Z., Zavadskas, E. K., & Dadeliene, R. (2014). Multi-criteria assessment and ranking system of sport team formation based on objective-measured values of criteria set. *Expert Systems with Applications*, 41(14), 6106–6113. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.03.036>
8. Ayhan, İ., & Özdemir, A. (2023). A practical framework for ranking universities by their competitive advantages: A mixed methods study on foundation universities in Turkey. *The TQM Journal*, 35(8), 2114–2140. <https://doi.org/10.1108/TQM-08-2022-0246>
9. Skupiene, J. (2011). Score calculation in informatics contests using multiple criteria decision methods. *Informatics in Education*, 10(1), 89–103. <https://doi.org/10.15388/infedu.2011.07>
10. Gorborukov, V. V., Prykhodniuk, V. V., & Franchuk, O. V. (2022). Alhorytm konkurentnoi normalizatsii v systemi reitynhovoho otsiniuvannia intelektualnykh dosiahnen [Algorithm of competitive normalization in the system of rating evaluation of intellectual achievements]. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy*, (1), 3–12. <https://doi.org/10.51707/2618-0529-2022-23-01>
11. Huang, J., Zhang, Y., Xu, M., Lv, Y., Zhang, J., & Shafieezadeh, M. M. (2025). Hybrid FAHP-FTOPSIS methodology for objective football player selection and ranking. *Scientific Reports*, 15(1), 27913. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13973-6>
12. Saaty, T. L. (1980). *Analytic hierarchy process*. McGraw-Hill International.
13. Pluta, W. (1977). Wielowymiarowa analiza porównawcza w badaniach ekonomicznych: Metody taksonomiczne i analizy czynnikowej [Multivariate comparative analysis in economic research: Taxonomic and factor analysis methods]. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.
14. Hellwig, Z. (1968). Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju i strukturę wykwalifikowanych kadr [Application of the taxonomic method to the typological division of countries according to their level of development and the structure of qualified personnel]. *Przegląd Statystyczny*, (4), 211.

Матриця стандартизованих ознак з ідеальною точкою

Регіони	Учн	ВУчн	ВВикл	ВУчит	ВВР	СР
Вінницька	-1,36	-1,72	-0,79	-0,28	-0,83	-1,02
Волинська	1,42	1,13	1,08	-1,98	-0,35	0,79
Дніпропетровська	1,42	1,13	1,47	0,51	0,36	1,29
Донецька	-0,52	-0,10	-0,13	0,16	-0,15	-0,99
Житомирська	-0,99	-1,15	-1,22	-1,27	-0,69	-0,85
Закарпатська	-0,62	-1,23	-0,79	-0,71	0,47	-0,23
Запорізька	0,13	-0,20	0,62	-0,58	-0,55	0,20
Івано-Франківська	0,22	-0,07	0,52	0,32	0,72	0,49
Київська	-0,15	-0,72	-0,79	-0,42	1,44	0,52
Кіровоградська	0,03	0,21	1,17	0,00	-0,47	-0,04
Луганська	-1,91	-1,72	-1,53	0,51	-1,80	-2,26
Львівська	1,42	1,64	0,64	-0,51	0,57	0,95
м. Київ	1,61	1,36	0,21	2,55	-0,15	1,88
Миколаївська	-0,43	0,27	0,26	0,41	-0,57	-0,78
Одеська	-1,36	-1,29	-1,44	-0,95	-1,10	-1,43
Полтавська	0,13	-0,20	-0,13	0,00	0,90	0,21
Рівненська	0,50	0,05	0,11	-0,25	0,44	0,89
Сумська	-0,15	0,07	1,27	-0,11	-0,09	-0,23
Тернопільська	0,03	1,32	0,96	1,16	0,58	-0,18
Харківська	2,45	1,94	1,83	0,20	3,21	2,31
Херсонська	-0,34	-0,67	-0,31	-1,13	-0,44	-0,03
Хмельницька	-0,52	-0,60	-0,97	-0,16	1,01	0,08
Черкаська	-0,52	-0,01	-2,09	-0,56	-1,10	-0,78
Чернівецька	-0,15	0,71	0,19	2,55	-0,48	-0,45
Чернігівська	-0,34	-0,16	-0,13	0,51	-0,90	-0,34

Обчислення відстаней від об'єктів дослідження до еталону

Регіони	$(z_{is} - z_{0s})^2$						$\Sigma$	$c_{i0}$
	Учн	ВУчн	ВВикл	ВУчит	ВВР	СР		
Вінницька	14,46	13,34	6,82	8,02	16,31	11,11	70,06	8,37
Волинська	1,04	0,65	0,56	20,53	12,66	2,32	37,76	6,15
Дніпропетровська	1,04	0,65	0,13	4,16	8,10	1,05	15,12	3,89
Донецька	8,81	4,13	3,84	5,71	11,28	10,86	44,63	6,68
Житомирська	11,78	9,50	9,28	14,62	15,18	9,99	70,35	8,39
Закарпатська	9,37	10,01	6,82	10,68	7,49	6,43	50,80	7,13
Запорізька	5,38	4,54	1,45	9,84	14,12	4,45	39,78	6,31
Івано–Франківська	4,96	4,02	1,70	4,97	6,19	3,32	25,17	5,02
Київська	6,75	7,03	6,82	8,84	3,13	3,19	35,75	5,98
Кіровоградська	5,82	2,98	0,43	6,50	13,53	5,54	34,79	5,90
Луганська	19,01	13,34	11,27	4,16	25,06	20,86	93,70	9,68
Львівська	1,04	0,09	1,41	9,36	6,94	1,85	20,68	4,55
м. Київ	0,70	0,33	2,60	0,00	11,29	0,19	15,10	3,89
Миколаївська	8,27	2,78	2,45	4,61	14,29	9,57	41,97	6,48
Одеська	14,46	10,40	10,65	12,28	18,55	13,99	80,34	8,96
Полтавська	5,38	4,54	3,84	6,50	5,29	4,40	29,94	5,47
Рівненська	3,79	3,56	2,94	7,86	7,62	2,01	27,79	5,27
Сумська	6,75	3,49	0,31	7,07	10,88	6,44	34,95	5,91
Тернопільська	5,82	0,38	0,76	1,93	6,92	6,19	22,00	4,69
Харківська	0,00	0,00	0,00	5,54	0,00	0,00	5,54	2,35
Херсонська	7,74	6,76	4,56	13,55	13,33	5,49	51,44	7,17
Хмельницька	8,81	6,44	7,83	7,33	4,82	4,97	40,20	6,34
Черкаська	8,81	3,78	15,34	9,70	18,52	9,53	65,69	8,11
Чернівецька	6,75	1,50	2,66	0,00	13,55	7,62	32,08	5,66
Чернігівська	7,74	4,41	3,84	4,16	16,84	7,01	43,99	6,63

**Внесок авторів**

Олександр Стрижак – концептуалізація; методика дослідження, аналіз теоретичних основ дослідження включаючи джерела.

Андрій Яременко – розробка програмного забезпечення; емпіричне дослідження та перевірка даних.

**Декларація про штучний інтелект**

Штучний інтелект не використовувався.

**Конфлікт інтересів**

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та підтверджують, що під час підготовки цієї роботи не існувало жодних комерційних, фінансових чи інших взаємовідносин, які могли б бути розцінені як такі, що здатні вплинути на результати дослідження або їх інтерпретацію. Робота виконана відповідно до принципів академічної доброчесності, етичних норм проведення наукових досліджень та вимог редакційної політики щодо запобігання конфлікту інтересів.

**Надійшла до редакції: 27.02.26**

**Прийнята до друку: 12.06.26**

**Опубліковано: 30.06.26**