

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-54-26>

УДК 004.652

Федонюк Анатолій Ананійович, к.ф.-м.н., доцент<https://orcid.org/0000-0003-0942-227X>**Герасимчук Олена Борисівна**, к.ф.-м.н., доцент<https://orcid.org/0000-0002-3025-9211>**Юнчик Валентина Леонідівна**, старший викладач<http://orcid.org/0000-0003-3500-1508>**Федонюк Юрій Анатолійович**, аспірант<https://orcid.org/0000-0003-0942-227X>

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ БАГАТОВИМІРНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ФОРМУВАННЯ РЕЙТИНГУ НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ ВУЗУ НА ПРИКЛАДІ ВОЛИНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Федонюк А.А., Герасимчук О.Б., Юнчик В.Л., Федонюк Ю.А. Використання методу багатовимірної середньої для оптимізації формування рейтингу науково-педагогічних працівників вузу на прикладі волинського національного університету імені Лесі Українки. В роботі проаналізовано наявні інструменти для формування рейтингу, створено власний програмний продукт для імпортування даних викладачів із селекцією необхідних параметрів з існуючих баз даних. У самій програмі передбачено кілька алгоритмів для обрахунку за методом багатовимірної середньої рейтингу викладачів, сортування даних в порядку спадання (зростання) та візуалізацію результатів.

Ключові слова: багатовимірні середня, рейтинг, ранжування, науково-педагогічний працівник.

Fedonyuk A., Gerasymchuk O., Yunchyk V., Fedonyuk Yu. Utilization of the multidimensional mean method for optimizing the ranking formation of scientific and pedagogical staff of the university using the example of Lesya Ukrainka Volyn National University. The paper analyzes existing tools for ranking formation, develops a proprietary software product for importing teacher data with the selection of necessary parameters from existing databases. The program itself incorporates several algorithms for calculating teachers' rankings using the multidimensional mean method, sorting data in descending (ascending) order, and visualizing the results.

Keywords: multidimensional mean, ranking, sorting, scientific and pedagogical staff.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Коректна оцінка вкладу кожного окремого науково-педагогічного працівника в загальну роботу вищого навчального закладу є надзвичайно важливим чинником в плані його розвитку і стимуляції діяльності на майбутнє. Саме тому необхідно мати інструмент для здійснення такої оцінки. Ми вважаємо таким інструментом рейтинг.

Інтенсивний динамічний розвиток українського суспільства можливий лише в тому випадку, коли в його ар'єргарді будуть правильно і ефективно працювати освітні процеси. Ці процеси включають в себе абсолютно всі ланки від дошкільної і до вищої освіти. І, оскільки, всі вони тісно пов'язані, то до вищої освіти приділяється величезна увага, оскільки, завдяки їй формуються спеціалісти самих найрізноманітніших напрямків суспільного укладу.

Ефективність роботи вищого навчального закладу напряму залежить від правильної організації всіх процесів: підбору кадрів, оплати праці, забезпечення належних умов праці персоналу, престижу, адекватної оцінки проробленої роботи за певний період тощо. Саме в цьому ракурсі дуже важливо мати ефективний інструмент кількісної оцінки всіх аспектів діяльності науково-педагогічних працівників вищого навчального закладу, адже тоді адміністрація може, спираючись на конкретну величину, яка характеризує конкретного викладача організувати комплексний мотиваційний процес, який включає оплату, заохочення, оприлюднення даних і т.д. Таким інструментом є рейтинг.

Рейтинг (від англ. - *rating*) - це індивідуальний числовий показник оцінки досягнень деякого суб'єкта в класифікаційному списку, який щорічно складається експертами відповідних галузей.

Фактично "рейтинг" - це система впорядкування у вигляді списку якості будь-яких об'єктів на основі кількісних показників, або рейтингових оцінок.

Згідно «Положення про рейтингове оцінювання викладача, кафедри, факультету (інституту) у Волинському національному університеті імені Лесі Українки» [1] сформовано мету рейтингового оцінювання в Університеті (рис.1.).

З аналізу базових документів університету випливає, що основними завданнями рейтингового оцінювання є ті, що відображені на рис.2. Для коректної реалізації цих завдань задекларовані вимоги до формування рейтингового оцінювання (рис.3.).



Рис.1 – Візуальне подання мети рейтингового оцінювання в Університеті, затвердженої «Положенням про рейтингове оцінювання викладача, кафедри, факультету (інституту) у Волинському національному університеті імені Лесі Українки»

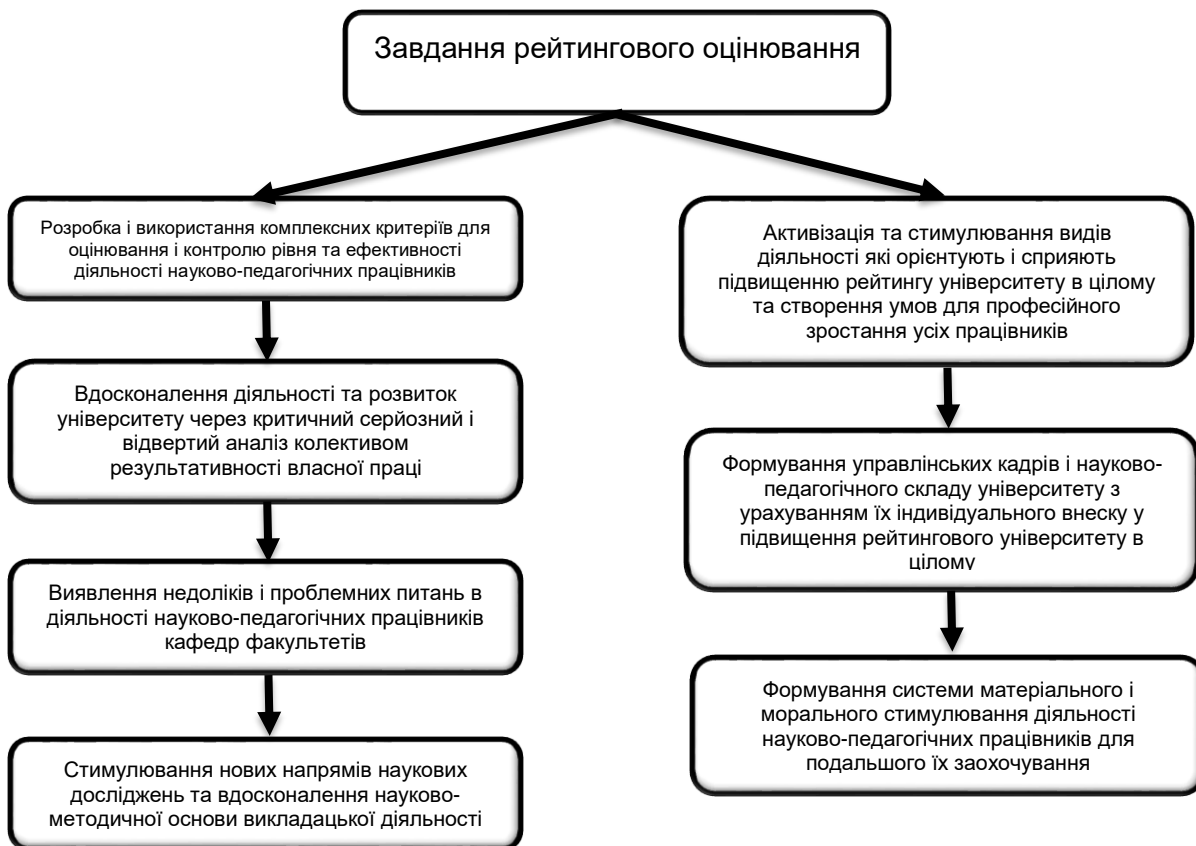


Рис.2 – Структурна схема завдань рейтингового оцінювання згідно «Положення про рейтингове оцінювання викладача, кафедри, факультету (інституту) у Волинському національному університеті імені Лесі Українки»



Рис.3 – Задекларовані Вченою радою Університету вимоги до системи рейтингового оцінювання

Рейтинг формується за такою послідовністю: Рейтингове оцінювання викладача, кафедри, факультету (інституту) в Університеті здійснюється на основі показників діяльності лише штатних науково-педагогічних працівників. Склад експертної комісії для формування щорічних показників для розрахунку рейтингу викладача, кафедри, факультету (інституту) затверджується наказом ректора. Перелік показників для розрахунку рейтингу за результатами діяльності у поточному навчальному році затверджуються вченою радою Університету. Важливість кожного показника визначається кількістю балів за одиницю показника. Форми звітів з переліком показників для підрахунку рейтингів формуються у Центрі інноваційних технологій та комп'ютерного тестування і надсилаються електронною поштою на факультети (інститути). Викладачі, завідувачі кафедр і декани факультетів (інститутів) формують звіти за встановленими формами та подають їх технічному секретареві експертної комісії. На вимогу експертної комісії до звітів додаються довідкові матеріали, копії дипломів, наказів тощо, які підтверджують наведені у звітах показники.

Методика розрахунку рейтингу викладача згідно Положення про рейтинг оцінювання викладачів, кафедри, факультету (інституту) у Волинському національному університеті імені Лесі Українки [1] виглядає так:

В основу вибору критеріїв ранжування покладено систему рейтингових індикаторів, запропоновану Міністерством освіти і науки України для ранжування вищих навчальних закладів. Цей перелік доповнено показниками, характерними для діяльності факультетів (інститутів) Університету.

Для стимулювання постійної творчої активності науково-педагогічних кадрів індивідуальний рейтинг викладача включає: рейтинг **Prof**, який характеризує набутий кваліфікаційний потенціал, та рейтинг **Active**, який відображає його активність за основним напрямом діяльності.

Рейтинг викладача, який характеризує набутий кваліфікаційний потенціал, визначається за формулою:

$$Prof = n \cdot \sum_{i=1}^n a_i A_i, \quad (1)$$

де a_i – кількість балів відповідного показника;

A_i – значення показника відповідно до звіту викладача;

n – кількість заповнених позицій у переліку показників рейтингу **Prof**.

Рейтинг викладача **Active**, який характеризує активність навчально-методичної та громадської діяльності, визначається за формулою:

$$Active = \frac{\sum_{i=n+1}^m a_i A_i}{st}, \quad (2)$$

де m – загальна кількість показників рейтингу **Active**;

st – приведена ставка, $st = \frac{Vuk}{600}$, де Vuk – виконане річне навантаження викладача.

Загальний абсолютний рейтинг викладача Abs_RV розраховується за формулою:

$$Abs_RV = 0,3 \cdot Prof + 0,7 \cdot Active. \quad (3)$$

Для розрахунку відносного рейтингу викладача VRV у групі суб'єктів ранжування абсолютні значення рейтингів впорядковуються за спаданням значень і здійснюється їх згортка за формулою:

$$VRV_i = \frac{Abs_RV_i}{\max_i \{Abs_RV_i\}} \cdot 100, \quad i = \overline{1, k}, \quad (4)$$

де k – кількість суб'єктів ранжування (викладачів кафедри).

Запропонована методика передбачає накопичувальну систему формування рейтингу як викладача, так і адміністративного персоналу середньої ланки з різних аспектів діяльності: показників професійного зростання (40%), навчально-методичної роботи (30%), науково-дослідної роботи (20%) та навчально-виховної та організаційної роботи (10%).

При всіх перевагах та позитивах такої системи формування рейтингу, очевидним є те, що використовується формальний та так званий «ручний» підхід до визначення важливості конкретної форми діяльності науково-педагогічного працівника, і, як наслідок призначення конкретної кількості балів за визначений вид роботи. Такий підхід передбачає так звану «універсальність» кожного викладача вузу без врахування його особливого вкладу в розбудову університету. Адже очевидно, що є науково-педагогічні працівники, які акцентують свою діяльність на науковій роботі, і це в них забирає левову частку часу, а є такі, які концентруються на методичній діяльності, проводячи значну роботу в плані навчання студентів. В умовах класичного університету обидві сфери діяльності вкрай важливі.

Тому ми пропонуємо відмовитись від жорсткого розподілу у відсотках на кожен вид діяльності і формувати рейтинг з використанням методу багатовимірної середньої.

Це дасть змогу сформувати по кожному окремому параметру, який включено до переліку рейтингової діяльності середнє значення серед усіх працівників, прирівняти це значення до 1 та визначити відносний показник для кожного НПП згідно кількісного показника з цього параметру.

На наступному етапі присвоюється коефіцієнт важливості кожному параметру згідно стратегії розвитку університету.

Знаходимо середнє значення відносних показників, з врахуванням коефіцієнта важливості для кожного науково-педагогічного працівника. Це і буде його рейтинг за звітний період.

Впорядковуємо таблицю викладачів в порядку спадання отриманої багатовимірної середньої і маємо структурований рейтинговий список викладачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З метою надання адміністрації Університету можливості ранжування всіх науково-педагогічних працівників, незалежно від їх напрямку, виду та специфіки діяльності, необхідно використовувати рекомендаційні системи, яким притаманна реальна допомога при реалізації процедури раціонального вибору (найкращого з погляду суб'єкта, що приймає рішення, в нашому випадку адміністрація Університету) одного або декількох об'єктів із множини аналогічних. При цьому, як правило, об'єктивна (числова) оцінка, що має статистичний характер, базується на низці спостережень про характер поведінки досліджуваної множини цих об'єктів.

Якщо кожен з елементів такої множини характеризується однією числовою характеристикою, то проблема вибору очевидна – якщо особа, яка приймає рішення, знає, якого результату бажає досягти. Достатньо розташувати елементи в порядку зростання вагових коефіцієнтів, що відображають ступінь їх привабливості. Однак, якщо в розрахунок приймається не одна, а дві, три або більше характеристик об'єктів, що порівнюються, проблема стає значно складнішою. Безпосереднє порівняння тут неможливе, бо у різних об'єктів є сильні і слабкі сторони. Доволі часто один з однотипних об'єктів перевершує інший за однією ознакою, та поступається йому за іншою. Завдання ще більше ускладнюється, якщо об'єкти характеризуються показниками, вимірними в різних одиницях. Звичайно, в деяких випадках можна довіритися інтуїтивним рішенням, оснований на емоційних мотивах. Так, зазвичай, і відбувається в повсякденному житті. Але ситуація змінюється, коли йдеться про вагомі рішення.

При вирішенні таких завдань необхідно, щоб емоційні мотиви у вербальній оцінці знайшли відображення в вагових коефіцієнтах. Інакше кажучи, потрібні інструменти, що дають змогу порівнювати об'єкти, які характеризуються множиною ознак, тобто на основі багатовимірних критеріїв, які необхідно враховувати при реалізації процедури вибору.

Найчастіше використовують алгоритми простого сумування кількості балів за різними критеріями, визначеними адміністрацією як пріоритетні. Причому, кількість балів по кожному критерію задається відносно «суб'єктивно» – рішенням рейтингової комісії, адміністрації Університету тощо. Так відбувається процедура в Волинському національному університеті імені Лесі Українки [1], в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка [5], Національному університеті «Львівська політехніка» [6] тощо.

Це чудовий інструмент для ранжування науково-педагогічних працівників за визначений період, але, на нашу думку, він містить недосконалості. У великих навчальних закладах

спостерігається типова картина, коли чітко розмежовуються фігуранти на початку таблиці ранжування завдяки великій кількості накопичених балів, а далі досить часто виокремлюються досить великі групи (з 2-12) людей з однаковою кількістю балів (рис.5).

Одним із інструментів, що використовується у процедурі вибору, є метод середніх. Особливим видом середніх величин є середня багатовимірна, яка є середньою величиною кількох ознак для однієї одиниці сукупності. Оскільки неможливо розрахувати середню величину за абсолютними значеннями різних ознак (різнотипових, виражених у різних одиницях виміру), то багатовимірна середня визначається у відносних величинах (частках, процентах тощо), як правило, у відношеннях абсолютних значень для одиниці сукупності до середніх значень цих ознак. Це найпростіший, проте дуже дієвий метод опрацювання результатів аналізу багатовимірних величин. Багатовимірна середня характеризує елемент множини за набором ознак, а звичайна середня характеризує множину елементів за однією ознакою.

Постановка задачі. Мета статті полягає у використанні методу багатовимірної середньої для формування ефективного, справедливого та адекватного рейтингу викладачів великого ЗВО, такого як Волинський національний університет імені Лесі Українки, реалізації цього методу засобами створеного власноруч програмного продукту, який би передбачав опрацювання великої кількості параметрів та ранжування за допомогою нього об'єктів (науково-педагогічних працівників Університету).

Визначення рангів об'єктів. Набір векторів $I_i, i=1,2,3, \dots, k$, що обрані як множина об'єктів, які підлягають ранжуванню, вважаються вихідними даними в задачах багатовимірного аналізу. Зазвичай це достатньо однорідний масив. Він складається з k різних векторів (об'єктів) однакової розмірності (кожен об'єкт охарактеризований заданим набором n різних ознак):

$$I_1 = \begin{pmatrix} x_{1,1} \\ x_{1,2} \\ \vdots \\ x_{1,n} \end{pmatrix}, I_2 = \begin{pmatrix} x_{2,1} \\ x_{2,2} \\ \vdots \\ x_{2,n} \end{pmatrix}, \dots, I_k = \begin{pmatrix} x_{k,1} \\ x_{k,2} \\ \vdots \\ x_{k,n} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Отже, $x_{j,l}$ є характеристикою j -го об'єкта за l -ю ознакою. Наприклад, потрібно ранжувати об'єкти, які охарактеризовані деяким числом різнорідних ознак. Для реалізації алгоритму буде зручно формалізувати вихідні дані у вигляді таблиці (табл. 1).

Таблиця 1 – Вихідні дані

| Об'єкти | Характеристики ознак | | | | | |
|---------|----------------------|------------------|-----|------------------|-----|------------------|
| | x_1 | x_2 | ... | x_j | ... | x_n |
| I_1 | $x_{1,1}$ | $x_{1,2}$ | ... | $x_{1,j}$ | ... | $x_{1,n}$ |
| I_2 | $x_{2,1}$ | $x_{2,2}$ | ... | $x_{2,j}$ | ... | $x_{2,n}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| I_k | $x_{k,1}$ | $x_{k,2}$ | ... | $x_{k,j}$ | ... | $x_{k,n}$ |
| | $\overline{x_1}$ | $\overline{x_2}$ | ... | $\overline{x_j}$ | ... | $\overline{x_n}$ |

Кожен з рядків цієї таблиці містить інформацію про один з об'єктів за всіма ознаками (різнорідні дані з різними одиницями виміру), а кожен стовпець – інформацію про кожен об'єкт за однією ознакою (однорідні дані з однаковою одиницею вимірювання).

Середнє арифметичне, обчислене за кожним із стовпців $\overline{x_j}$, де $j = 1, 2, \dots, k$, дає середнє значення ознаки для всієї групи об'єктів:

$$\overline{x_j} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{i,j}. \quad (6)$$

Для вигляду, що допускає порівняння, необхідно здійснити нормування даних k . З цією метою візьмемо дані кожного стовпчика, поділене на відповідне середнє за ознакою:

$$y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\bar{x}_j} \quad (7)$$

У результаті нормування отримаємо безрозмірні значення $y_{i,j}$, що характеризують ознаки об'єктів. Якщо всі розглянуті об'єкти є достатньо однорідними, то отримані в результаті нормування величини не тільки позбавлені розмірності, але і є набором чисел, близьких до одиниці.

Величина $y_{i,j}$ показує, у скільки разів j -й показник, обчислений для i -го об'єкта, перевершує відповідне середнє значення цієї ознаки для усієї множини аналізованих об'єктів.

Після цієї процедури кожен об'єкт може бути охарактеризований за всіма нормованими ознаками середнім значенням – a_i , тобто одним числом. Тепер можливе ранжування за принципом “чим більше, тим краще” – або, навпаки, залежно від напрямку показників.

У табл. 2 через A_1, A_2, \dots, A_k позначено рейтинги (ранги) об'єктів, присвоєні їм на підставі порівняння їхніх узагальнених числових характеристик a_1, a_2, \dots, a_k .

У процесі реалізації цього алгоритму необхідно враховувати те, що всі характеристики ознак повинні бути рівнонаправленими, тобто, що більшого значення набуває характеристика, то кращим є стан об'єкта за цією ознакою.

Таблиця 2 – Ранжування методом багатовимірної середньої

| Об'єкти | Характеристики ознак | | | | Нормовані характеристики | | | | Багатовимірні середні | Ранги |
|---------|----------------------|-------------|-----|-------------|--------------------------|-----------|-----|-----------|--|-------|
| | x_1 | x_2 | ... | x_j | y_1 | y_2 | ... | y_n | | |
| I_1 | $x_{1,1}$ | $x_{1,2}$ | ... | $x_{1,j}$ | $y_{1,1}$ | $y_{1,2}$ | ... | $y_{1,n}$ | $a_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1,i}$ | A_1 |
| I_2 | $x_{2,1}$ | $x_{2,2}$ | ... | $x_{2,j}$ | $y_{2,1}$ | $y_{2,2}$ | ... | $y_{2,n}$ | $a_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2,i}$ | A_2 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| I_k | $x_{k,1}$ | $x_{k,2}$ | ... | $x_{k,j}$ | $y_{k,1}$ | $y_{k,2}$ | ... | $y_{k,n}$ | $a_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{k,i}$ | A_k |
| | \bar{x}_1 | \bar{x}_2 | ... | \bar{x}_j | | | | | | |

Для застосування методу багатовимірної середньої шляхом збору та внесення індивідуальних даних викладача, передбачених Положенням про рейтингове оцінювання викладачів, кафедри, факультету (інституту) у Волинському національному університеті імені Лесі Українки отримано дані – показниками слугують кількісні показники по всіх 64 пунктах, які передбачені в Додатку 1. до цього «Положення...» [1].

Під час реалізації методу засобами створеного нами програмного продукту показниками виступатимуть кількісні величини користувачів за усіма критеріями, передбаченими «Положенням...». Під об'єктами розуміють весь перелік науково-педагогічних працівників Університету.

Отже, для досягнення поставленої мети сформульовано і вирішено наступні завдання (рис.4.):

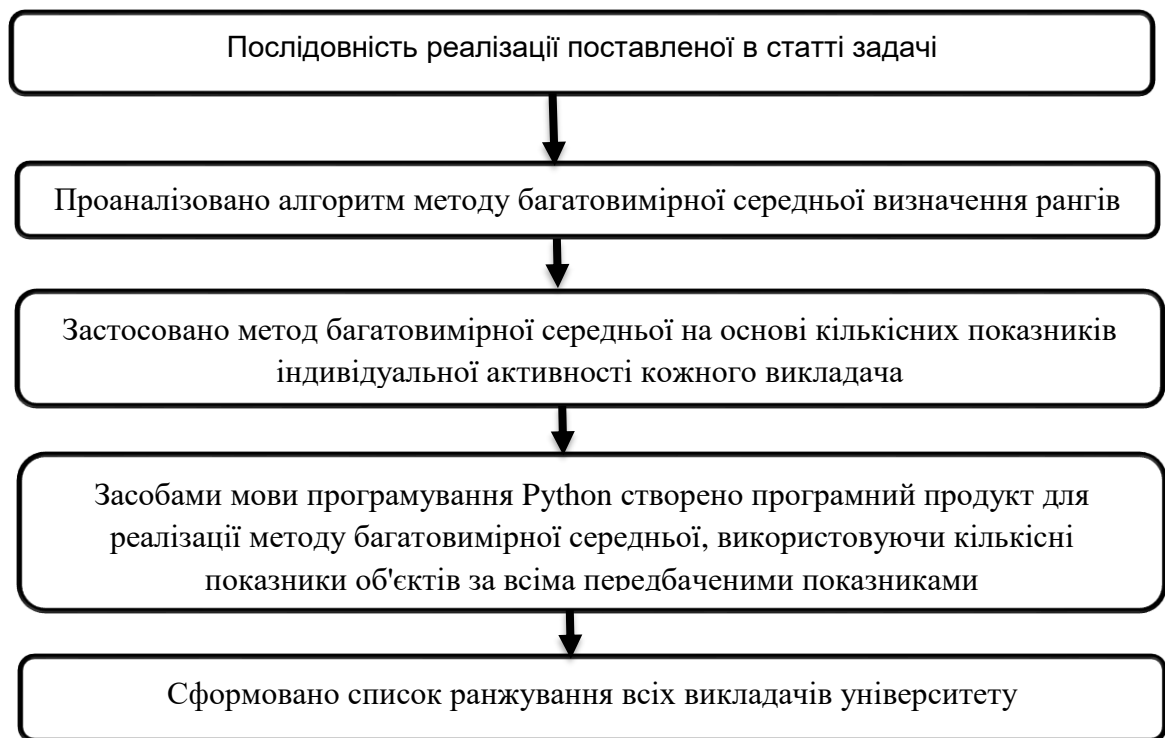


Рис.4 – Структурна схема реалізації використання методу багатовимірної середньої для оптимізації формування рейтингу науково-педагогічних працівників ВНУ.

Застосування методу багатовимірної середньої для визначення величин формування рейтингу викладачів Університету. Аналіз всіх відомих нам методик обрахунку рейтингу викладачів показує, що всі вони використовують просте сумування кількісних показників певних параметрів для кожної особи, а потім, внаслідок порівняння здійснюють ранжування.

Такий алгоритм ефективний, але має недоліки, особливо, коли доводиться порівнювати здобутки людей не з вершини списку, де градація очевидна, а в тій частині, де сумарна кількість балів для значної кількості науково-педагогічних працівників є однаковою (рис.5). Тут доводиться застосовувати якісь додаткові критерії розмежування. Найчастіше застосовують розташування за алфавітом, а це спричиняє «різничитання» та спотворення реальної картини дійсності, а іноді і не абсолютно правильного морального і матеріального заохочення. А це вже проблема.

Використання ж методу багатовимірної середньої усуває повністю дану проблему, оскільки сам алгоритм знаходження відносного показника за кожним параметром передбачає отримання дробового числа, яке ми можемо заокруглити до певного розряду відразу, або ж спочатку здійснити всі операції з ним, а заокруглення застосувати вже перед самою візуалізацією. Саме останню процедуру ми й передбачили в алгоритмі нашого програмного продукту. І це дало змогу безпечібно розташувати кожного науково-педагогічного працівника саме на його заслужено зайнятій позиції.

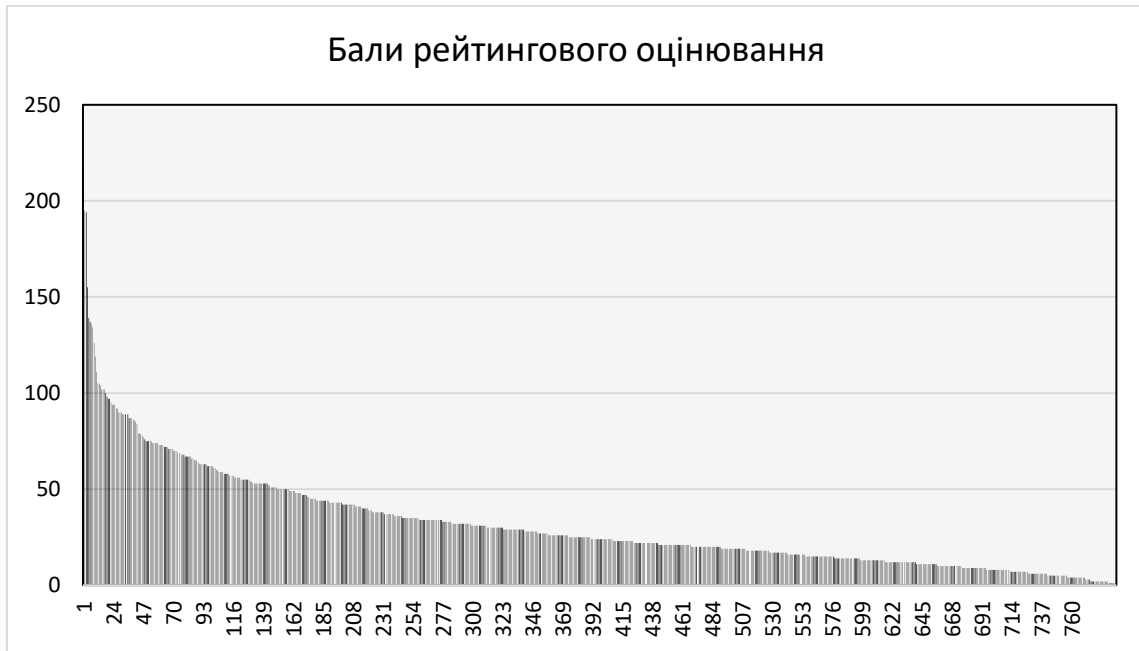


Рис.5 – Гістограма результатів рейтингового оцінювання науково-педагогічних працівників ВНУ шляхом простого сумування балів, визначених як пріоритетні для такого підрахунку.

Для реалізації методу засобами створеного нами програмного продукту, ми внесли реальні дані конкретних викладачів в комплексну базово-розрахункову таблицю (Табл.3).

```
# Функція для підключення до бази даних в MongoDB
def connect_to_mongodb():
    try:
        # Встановлення з'єднання з базою даних
        client = pymongo.MongoClient("mongodb://localhost:27017/")
        db = client["teachers_database"]
        collection = db["teachers"]
        return collection

    # Хендлер можливих помилок
    except Exception as e:
        print(f"Помилка підключення до MongoDB: {str(e)}")
        return None

# Функція для додавання даних до бази даних. Формат даних в parameters:
# {Name: **, Value: **}
def add_data(collection, name, parameters):
    try:
        # Схема для додавання даних
        data = {
            "Name": name,
            "Parameters": parameters
        }
        collection.insert_one(data)
        print(f"Дані для {name} успішно додані!")
    except Exception as e:
        print(f"Помилка додавання даних до MongoDB: {str(e)}")
```

Наступним кроком є знаходження середнього значення по кожному критерію (параметр x_{ij}) та формування відносних величин по кожному критерію для конкретного працівника (створення рядка сумування – «нормовані показники» p_{ij}).

```
# Функція для розрахунку суми поля 'Value' у параметрах
def calculate_score(parameters):
    res = sum(param["Value"] for param in parameters)
    return res
```

Таблиця 3 – Комплексна базово-розрахункова таблиця для внесення кількісних показників об'єктів по кожному параметру та їх обрахунку за методом багатовимірної середньої

| № п / п , i | Викладачі | Кількісні показники за поточний рік x_{ij} | | | | Нормовані показники p_{ij} | | | | Сума нормованих значень показників | Багатовимірна середня величина, P_i |
|----------------------------|--------------|--|----------------------------------|-----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| | | П ар ам ет р x_{i1} | Па ра ме тр x_{i2} | .. | Па ра ме тр x_{ij} | Па ра ме тр p_{i1} | Па ра ме тр p_{i2} | .. | Па ра ме тр p_{ij} | | |
| 1 | Викл1 | 6 | 0 | ... | 4 | 5,45 | 0 | ... | 4,3 | 120,8 | 1,89 |
| 2 | Викл2 | 1 | 2 | ... | 1 | 0,91 | 2,25 | ... | 1,08 | 69 | 1,08 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| n | Виклк | 2 | 1 | ... | 1 | 1,82 | 1,12 | ... | 1,08 | 37 | 0,58 |
| | | 1,1 | 0,89 | ... | 0,93 | | | | | | |

Необхідно визначити середню багатовимірну величину для кожного значення.

Для обчислення нормованого значення j -ї ознаки I -го тестування за формулою

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}, \quad (8)$$

необхідно спочатку визначити середнє значення j -ї ознаки для кожного параметра \bar{x}_j . Середнє значення для всіх об'єктів визначають як звичайну середню арифметичну.

В алгоритмі створеного нами на мові програмування Python програмного продукту передбачили відповідні обрахунки, згідно (6) та (7). Знайшли суму нормованих значень всіх показників для кожного об'єкта. І це дало змогу визначити багатовимірну середню величину P_i , яка, на нашу думку, є адекватною числовою величиною, яка реально відображає індивідуальний рейтинг кожного викладача Університету.

Причому, використання реалізованого нами алгоритму усуває проблему відносно великих груп з однаковими рейтинговими значеннями. Це забезпечується на етапі формування відносних рейтингових значень по кожному з параметрів, оскільки в процесі обчислення відношень (7) і (8) ми отримуємо дробові величини, які в таких випадках є близькими по значенню, але можуть відрізнятися десятими, сотими чи навіть тисячними значеннями. Але цього цілком достатньо для точного розташування конкретного об'єкта в таблиці рангів.

Проробивши цю процедуру, ми здійснюємо сортування таблиці (3) за полем «Багатовимірна середня величина» і отримуємо рейтинг всіх викладачів університету.

Функція для отримання та виведення відсортованих імен за рейтингом у спадяючому порядку

```
def print_sorted_names(collection):
    try:
        cursor = collection.find()
        data_list = list(cursor)
        # Реверсивне сортування з використанням анонімної функції
        data_list.sort(key=lambda x: calculate_score(x["Parameters"]),
            reverse=True)
```

```
print("Відсортовані за рейтингом імена:")
for item in data_list:
    print(f"{item['Name']} - Рейтинг:
{calculate_score(item['Parameters'])}")
except Exception as e:
    print(f"Помилка отримання та сортування даних з MongoDB:
{str(e)}")
```

При використанні не абсолютних значень (відношень, відсотків, часток тощо) результати розрахунку середніх будуть визначені з похибками. Для точного розрахунку середніх необхідно знати абсолютні значення показників і на їх основі обчислювати відносні показники. У нашому випадку, для формування рейтингу Університету всі показники параметрів є кількісними величинами, що відображають надбання викладача за рік з конкретного виду діяльності. Отже, ці дані можна вважати абсолютними і такими, які не даватимуть похибки при розрахунку середніх.

Для здійснення самих розрахунків ми брали реальні значення кількості штатних викладачів у Волинському національному університеті імені Лесі Українки на момент написання статті – 780 одиниць (в Таблиці 3. за цю величину відповідає n). Також сталою була і величина j – кількість параметрів, які включені адміністрацією Університету для формування рейтингу в Положення. ($j = 64$).

Висновки. Проаналізувавши динаміку трансформації процесу формування рейтингу у Волинському національному університеті імені Лесі Українки з початку його реалізації в 2013 році і дотепер, ми виявили, що сам підсумковий підрахунок може бути здійснено більш ефективно і з врахуванням більшої кількості параметрів які застосовують у своїй професійній діяльності викладачі за допомогою методу багатовимірної середньої.

Застосувавши метод багатовимірної середньої на основі кількісних показників індивідуальної активності кожного викладача, ми сформували список ранжування всіх викладачів університету.

Отриманий список в основному корелює з офіційно оприлюдненими списками рейтингових оцінювань викладачів Університету, але усуває ряд недоліків, пов'язаних з кількістю рейтингових параметрів та з обмеженням кількісних показників об'єктів по деяких параметрах.

Причому, використання реалізованого нами алгоритму усуває проблему відносно великих груп з однаковими рейтинговими значеннями.

Отже, запропонований метод багатовимірної середньої, реалізований створеною нами програмою засобами Python для обрахунку рейтингу науково-педагогічних працівників ВНУ імені Лесі Українки є таким, що адекватно відображає індивідуальний внесок викладачів в розбудову вузу.

Список бібліографічного опису:

1. Положення про рейтингове оцінювання викладачів, кафедри, факультету (інституту) у Волинському національному університеті імені Лесі Українки [Електронний ресурс]. – https://vnu.edu.ua/sites/default/files/2022-06/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3%202022_0.pdf. Дата доступу: 19.07.2023.
2. Дубас Ю. Застосування методу багатовимірної середньої при формуванні індивідуальних навчальних траєкторій студентів ІТ-спеціальностей / Юрій Дубас, Наталія Кунанець // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі. — Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. — № 7. — С. 70–77.
- 3.Рекомендаційні системи. Огляд: Energyfirefox [Електронний ресурс]. – <http://energyfirefox.blogspot.com/2013/12/blog-post.html>. Дата доступу: 19.01.2020
4. Как работают рекомендательные системы: Neurohive [Електронний ресурс]. – <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/rekomendatelnye-sistemy-modeli-i-ocenka/> – Дата доступу: 20.01.2020.
5. КНУ імені Тараса Шевченка / Рейтинг викладачів підрозділів природничого спрямування по факультетам: <https://science.knu.ua/research/ analytics/raitingfaculty2.php> / – Дата доступу: 19.09.2023.
6. НУ «Львівська політехніка» / Щорічне оцінювання науково-педагогічних і педагогічних працівників / <https://lpnu.ua/tszyao/shchorichne-otsiniuvannia-naukovo-pedahohichnykh-i-pedahohichnykh-pratsivnykh> / – Дата доступу: 19.09.2023.

References:

1. Regulations on the rating assessment of teachers, departments, faculties (institutes) at Lesya Ukrainka Volyn National University [Electronic resource]. - https://vnu.edu.ua/sites/default/files/2022-06/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3%202022_0.pdf

- BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%
D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%D0%BD%
BD%D0%
D0%B3%202022_0.pdf. Access date:
19.07.2023.
2. Dubas Yu. Application of the multidimensional mean method in forming individual educational trajectories of IT specialty students / Yuri Dubas, Natalia Kunanets // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Information systems and networks. - Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2020. - No. 7. - P. 70–77.
3. Recommender systems. Overview: Energyfirefox [Electronic resource]. - <http://energyfirefox.blogspot.com/2013/12/blog-post.html>. Access date: 19.01.2020
4. How recommender systems work: Neurohive [Electronic resource]. - <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/rekomendatelnye-sistemy-modeli-i-ocenka/> - Access date: 20.01.2020.
5. Taras Shevchenko National University / Rating of faculty members of natural direction by faculties: <https://science.knu.ua/research/analytics/raitingfaculty2.php> / - Access date: 19.09.2023.
6. Lviv Polytechnic National University / Annual assessment of scientific and pedagogical staff / <https://lpnu.ua/tszyao/shchorichne-otsiniuvannia-naukovo-pedahohichnykh-i-pedahohichnykh-pratsivnykiv/> - Access date: 19.09.2023.