

УДК 004.67

**І. В. Горбов, С. В. Каденко, І. В. Балагура,  
Д. Ю. Манько, О. В. Андрійчук**  
Інститут проблем реєстрації інформації НАН України  
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

### **Визначення потенційних експертних груп науковців у мережі співавторства з використанням методів підтримки прийняття рішень**

*Представлено мережу співавторства з комп'ютерних наук на основі реферативної бази даних «Україніка наукова». Визначено її основні показники центральності. Показано можливість виділення на їхній основі експертних груп і наукових шкіл. Запропоновано використання методів підтримки прийняття рішень для визначення кластерів у мережі співавторства та показано шляхи застосування методу «ординального факторного аналізу» для визначення вагомості різних показників центральності складних мереж.*

**Ключові слова:** мережа співавторства, реферативна БД «Україніка наукова», центральність, ординальний факторний аналіз.

#### **Вступ**

Інтенсивний розвиток і загальна еволюція науки, бурхливе зростання кількості публікацій всіх видів привели до необхідності комплексного охоплення та організації системи статистичного аналізу документального інформаційного потоку [1, 2]. Наукометрія, як якісно нова форма розвитку аналітичної обробки літератури і науково-статистичної інформації, спрямована на вирішення питань найбільш раціонального вибору ефективної інформації, методик її оцінки та ефективних шляхів дослідження. Умови адекватного функціонування і розвитку обумовлюють надзвичайну актуальність проблеми визначення науково обґрунтованої, виваженої та ефективної державної політики [2]. Наукометрія знаходить практичне застосування в оцінці якості наукових публікацій та визначення динаміки розвитку як окремих напрямків, так і науки в цілому.

Важливою та необхідною частиною наукового прогресу є взаємодія науковців різних напрямів, яка виявляється, серед іншого, у мережах співавторства. При вивченні наукової співпраці крім методів бібліо- та наукометрії також застосовують

методи дослідження складних мереж та експертне оцінювання [3]. Зокрема, одним із найпоширеніших методів є використання мережі співавторства, де вузлам відповідають автори наукових публікацій, а ребрам — зв'язки співавторства, що пропорційні кількості спільних робіт [4]. Мережа співавторства є інструментом визначення структури функціонування науки в цілому, допомагає зрозуміти і прогнозувати розповсюдження наукової інформації, еволюції наукових шкіл, здійснювати вибір актуальності досліджень. Вивчення відповідних мереж дозволяє виділити ключові публікації, напрямки, кластери співавторів [5, 6].

Мережі співавторства є одним із прикладів складних мереж і можуть аналізуватися за допомогою відповідних кількісних показників їхньої топології і в подальшому трактуватися зі змістовного боку [7, 8]. Так, наприклад, визначені кластери співавторів можуть відповідати експертним групам і науковим школам [9]. Актуальність проблеми визначення експертних груп є безперечною тому, що тільки професійна експертиза може надати всебічну об'єктивну оцінку наукових результатів, а наукометричні показники в такому випадку є лише інструментами підтримки прийняття рішень [10].

У свою чергу, наукові школи є невід'ємною основою розвитку наукового пізнання та навчально-виховного процесу. Незважаючи на важливу ключову роль наукової школи, слід констатувати факт формального невизнання її на державному рівні, оскільки відсутність єдиної реєстрації, узаконення наукових відносин між науковим керівником та аспірантами-вихованцями — все це знижує її авторитетність [11]. Тобто виділення наукових шкіл необхідно для процесу оптимізації спільної наукової діяльності, а саме: оптимізації колективної інтелектуальної творчої діяльності, спрямованої на здобуття і використання якісно нових, оригінальних, значущих у певній науковій галузі знань.

При пошуку експертних груп і наукових шкіл у «центрі» відповідних кластерів мережі співавторства будуть знаходитися певні «важливі» вузли [12]. Таким чином, визначення потенційних центрів мережі співавторства є необхідною умовою для визначення відповідних експертних груп і наукових шкіл.

## **Основні показники центральності в мережі співавторства**

Потенційні експертні групи науковців визначаються на основі показників центральності в мережі співавторства. В теорії складних мереж існує декілька типів таких коефіцієнтів, що визначаються як рівень їхньої центральності у графі. Причому деякі з концепцій були засновані на основі теорії складних мереж, інші ж вийшли із соціологічних досліджень. Існує декілька основних типів центральності, що широко використовуються в аналізі мереж: рівень центральності (degree centrality), центральність у розумінні посередництва (betweenness centrality), центральність за власним вектором (eigenvector centrality) та інші [13–15].

Рівень центральності оцінює з якою кількістю інших учасників пов'язана конкретна особа, що для мереж співавторства також можна розуміти як степінь наукової взаємодії. У найпростішому випадку — це степінь конкретної вершини, що характеризує авторів з точки зору комунікабельності та може використовуватися для передбачення продуктивності автора. За даними досліджень ця характеристика не корелює з середньою цитованістю та не повною мірою відображає всі

аспекти комунікабельності авторів [16]. Недоліком даного індикатора для визначення комунікативності є відсутність урахування ваг ребер, тобто кількості сумісних публікацій авторів.

У роботі [13] запропоновано коефіцієнт для обрахунку центральності у зваженому графі для конкретної вершини (weighted degree centrality):

$$C_D^{\omega\alpha}(i) = k_i^{(1-\alpha)} s_i^\alpha,$$

де враховується  $k_i = \sum_{j=1}^N m_{ij}$  — сума зв'язків з іншими вершинами та  $s_i = \sum_{j=1}^N \omega_{ij}$  — сума ваг відповідних зв'язків,  $\alpha$  є коефіцієнтом, що підбирається залежно від конкретних випадків.

Центральність, у розумінні посередництва, визначає вершину, що зв'язує між собою підграфи. В розумінні наукової співпраці посередництво надає змогу визначити авторів, що утворюють зв'язок між науковими школами:

$$C_B(i) = \sum_{j < k} g_{jk}(i),$$

де  $g_{jk}(i)$  — число найкоротших шляхів у графі, що проходять через  $i$ -ту вершину,  $i \neq j, k$  [3].

Метрика центральності власного вектора обчислюється за допомогою врахування ваг сусідніх вузлів, надає змогу оцінити вузли, що пов'язані з важливими сусідами та обчислюється як нормалізоване значення власного вектора матриці суміжності. Центральність вузла за власним вектором  $x_i$  вузла  $i$  рекурсивно визначається як

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_k a_{ki} x_k,$$

де  $\lambda \neq 0$ ,  $A = (a_{ij})$  — матриця суміжності мережі. Центральність вузла за власним вектором пропорційна сумі степенів центральності вузлів, з якими він з'єднаний, та в матричному представленні  $\lambda e = eA$  ( $e$  — вектор центральності) [17]. Автор може мати велику кількість зв'язків співавторства, проте низький рівень центральності за власним вектором, тому що його співавтори відзначаються низьким рівнем центральності за останнім показником.

При визначенні важливості вузлів мережі необхідно враховувати комунікабельність, значимість сусідніх вузлів, але не слід втрачати інформацію про загальну продуктивність авторів, так як кількість співавторів не впливають прямо на ефективність роботи [14]. Визначення важливих вузлів є актуальною задачею і вимагає детального вивчення предмета дослідження, так як існує багато коефіцієнтів, що відображають різнопланові характеристики вершин, а доцільність їхнього використання визначається тільки відповідністю цілям експериментів.

## **Визначення центрів мережі співавторства з комп'ютерних наук на основі реферативної бази даних «Україніка наукова»**

Для побудови мереж співавторства з комп'ютерних наук було досліджено галузі «Інформаційна та обчислювальна техніка» та «Кібернетика» в реферативній базі даних (БД) «Україніка наукова». Для цього був оброблений файл реферативної інформації за серпень 2013 року, що містив 474 846 записів. До рубрик «Інформаційна та обчислювальна техніка», «Кібернетика» входять теми: «Основи інформатики та обчислювальної техніки», «Аналогова і гібридна обчислювальна техніка», «Цифрова обчислювальна техніка», «Комп'ютери і програмування», «Кібернетичні моделі», «Теорія інформації», «Системний аналіз», «Теорія автоматів» та «Біоніка» [18].

Звичайний запис у реферативній БД, що представлений для користувача містить бібліографічний опис згідно ДСТУ 7.1:2006, реферат, індекс рубрикатора НБУВ, шифр НБУВ і посилання на повний текст джерела. Відповідно до вимог до корпоративної бібліотечної інформаційної системи, можливостей обміну інформації в Україні та на міждержавному рівні, існує необхідність використання комунікативного бібліотечного формату [19]. Дані з реферативної БД «Україніка наукова» представлені у форматі УКРМАРК, що є цифровим форматом представлення бібліографічних даних та українською версією міжнародного комунікативного формату UNIMARK.

Для проведення відповідних наукометричних досліджень БД «Україніка наукова» було розроблено програмний комплекс фільтрації та аналізу даних, який забезпечує виділення тематичних фрагментів вихідної бази даних, окремих записів і полів [12]. Було використано дані полів 700, що позначають першого автора, та 701, що містить усіх наступних співавторів. Для виключення збігу авторів з однаковими прізвищами та ініціалами було реалізовано припущення, що в одній і тій же тематиці «Комп'ютерні науки» мало ймовірна присутність таких авторів [9]. Для визначення тематики використовувалося поле 686 формату УКРМАРК, що містить індекс рубрикатора НБУВ з різних галузей.

На мові високого рівня Python було створено програмні засоби, що виконували фільтрацію співавторів за індексами рубрикатора НБУВ «397. Інформаційна та обчислювальна техніка», «381 Кібернетика» та формували мережу співавторів. Реферативна база даних «Україніка наукова» містить записи на українській, англійській та російській мовах, тому інформація про публікації авторів може містити похибки. Для корекції результатів було проведено незначну лінгвістичну обробку прізвищ. Ваги зв'язків між авторами для кожної публікації визначалися обернено пропорційно до кількості її авторів [14]. Візуалізація мережі та обчислення основних характеристик, визначення наукових шкіл було виконано за допомогою засобів програмного продукту Gephi [20].

У результаті отримано мережу співавторів, що містить 1189 автори та 18049 зв'язки. Діаметр графа, тобто найбільша відстань між двома співавторами через інших авторів, рівний 23. При чому середня довжина шляху між вузлами близька до 8. Середня кількість людей, з якими співпрацює один співавтор, або середня степінь вузла, приблизно рівна 4. Середня зважена степінь приблизно 2, тобто у співавторстві один автор має 2 публікації.

Наявність наукових шкіл у галузі «Комп'ютерних наук» можна простежити наочно за особливістю більшості клік, що в своїй основі містять потужного автора з великою кількістю статей у співавторстві та значну кількість маленьких вузлів — авторів-учнів. На рис. 1 наведено фрагмент побудованої мережі співавторів, що містить дані по академіку Палагіну О.В., його співавторам та співавторам його співавторів. Розмір відповідного вузла автора відповідає його кількості зв'язків (табл. 1). Концентрація зв'язків співавторства навколо одного або декількох лідерів можуть характеризувати створення окремих наукових шкіл. У даному випадку їхніми потенційними центрами є такі автори як Палагін О., Сергієнко І., Бодянський Е., Баркалов А. та інші.

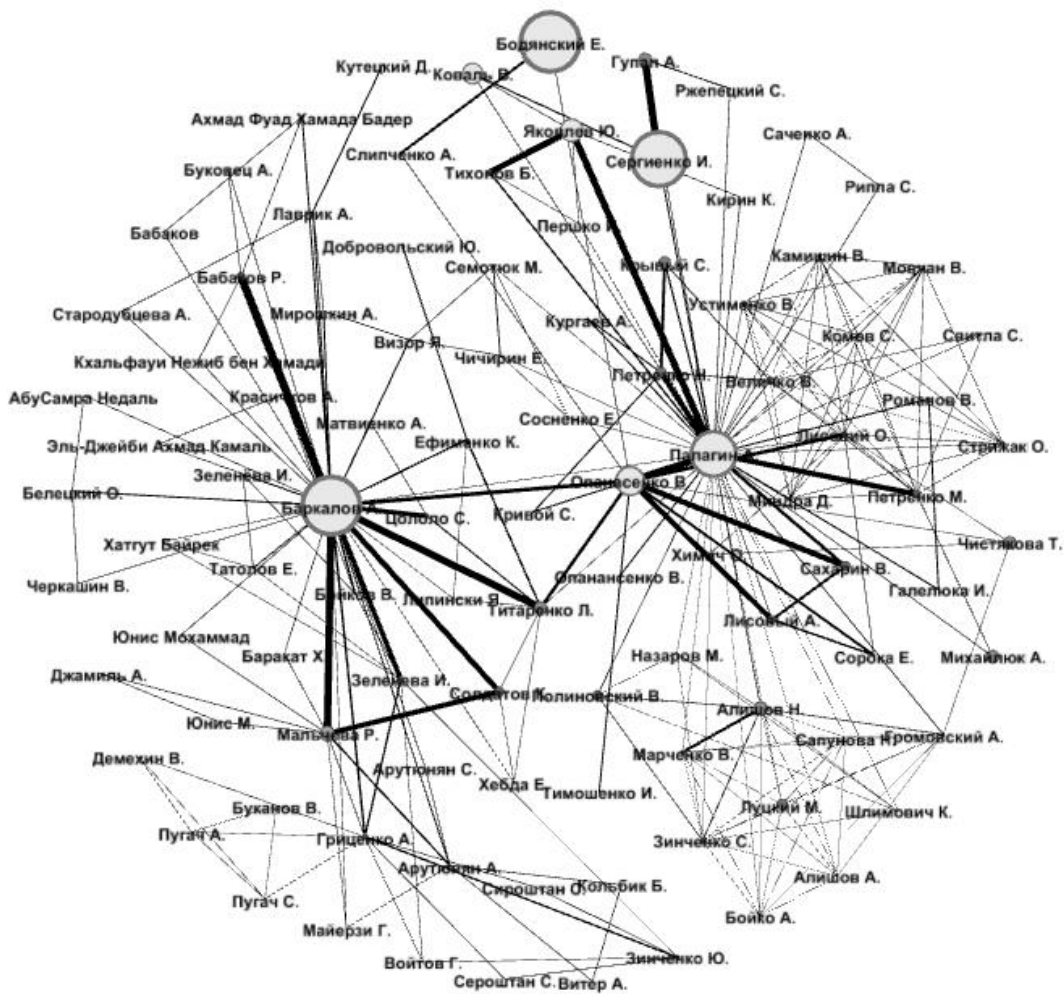


Рис. 1. Співавтори автора Палагіна О. до другого рівня

Для детального вивчення окремої наукової школи необхідно збільшувати рівень співавторства. При дослідженні наукових шкіл також необхідно враховувати зв'язок між видатними авторами та розділяти наукові школи. В деяких прикладах наукових шкіл визначено видатних авторів, що поєднані щільним зв'язком і

мають значну кількість спільних співавторів. Така особливість пояснюється належністю таких співавторів до однієї наукової школи.

У результаті дослідження було визначено основні показники центральності мережі з комп'ютерних наук. Список прізвищ, що мають максимальні показники за кількістю зв'язків і кількістю публікацій у співавторстві представлені у табл. 1. Ранжування за кількістю зв'язків і зваженим рівнем центральності відмінні, адже на початковій обробці інформації з реферативної БД було визначено ваги зв'язків, що пропорційно розподілені між всіма авторами кожної публікації. Зважений рівень центральності, що фактично є показником кількості статей у співпраці, відображає об'єм напрацювань автора, а кількість зв'язків автора характеризують коло його співавторів.

Таблиця 1. Автори наукових робіт з комп'ютерних наук, що мають найбільші показники центральності

Кількість зв'язків		Зважений рівень центральності		Центральність як посередництво		Центральність за власним вектором	
Кожем'яко В.	88	Кожем'яко В.	81	Харченко В.	2751055	Харченко В.	1,0
Харченко В.	86	Хорошко В.	69	Бодянский Е.	1492023	Кожем'яко В.	0,837
Хорошко В.	67	Бодянский Е.	56	Мельник А.	1275277	Крючин А.	0,745
Крючин А.	52	Баркалов А.	54	Кожем'яко В.	1254255	Петров В.	0,714
Сергиенко И.	51	Глушаков С.	52	Палагин А.	1184602	Костюкевич С.	0,558
Петров В.	50	Харченко В.	52	Хорошко В.	1071704	Мартинюк Т.	0,510
Мартинюк Т.	49	Сергиенко И.	51	Бидюк П.	1042434	Шанойло С.	0,480
Бодянский Е.	48	Дорошенко А.	51	Шевченко А.	1011663	Хорошко В.	0,459
Бидюк П.	47	Бидюк П.	50	Жуков И.	986974	Браткевич В.	0,449
Палагин А.	47	Баранник В.	44	Анисимов А.	974230	Плоткин В.	0,437
Мельник А.	44	Азаров О.	43	Кузнецов А.	955300	Тимченко Л.	0,430
Кравец В.	43	Кузнецов А.	43	Сергиенко И.	918764	Климнюк В.	0,417

Відповідно до табл. 1 вірогідність автора бути потенційним центром змінюється залежно від того, за яким показником центральності її оцінювати. На рис. 2. представлено мережу співавторів з найбільшими значеннями зваженого рівня центральності.

Автори з високим рівнем показника центральності пов'язані в окремих групах — наукових школах і не пов'язані між собою. На рис. 3 зображено мережу співавторів з найбільшими значеннями центральності за власним вектором.

Перелік прізвищ авторів у табл. 1 при врахуванні більшого інтервалу за найбільшими значеннями зваженого рівня центральності, центральності як посередництва, центральності за власним вектором і кількості зв'язків майже повторюється. Це підтверджує їхню значимість у наукових досягненнях і високий рівень співпраці в галузях «Інформаційна та обчислювальна техніка», «Кібернетика». Кожен показник центральності відображає окремий аспект комунікабельності авторів. При певних задачах можна застосовувати один із них, або у комплексі разом з методами підтримки прийняття рішень.

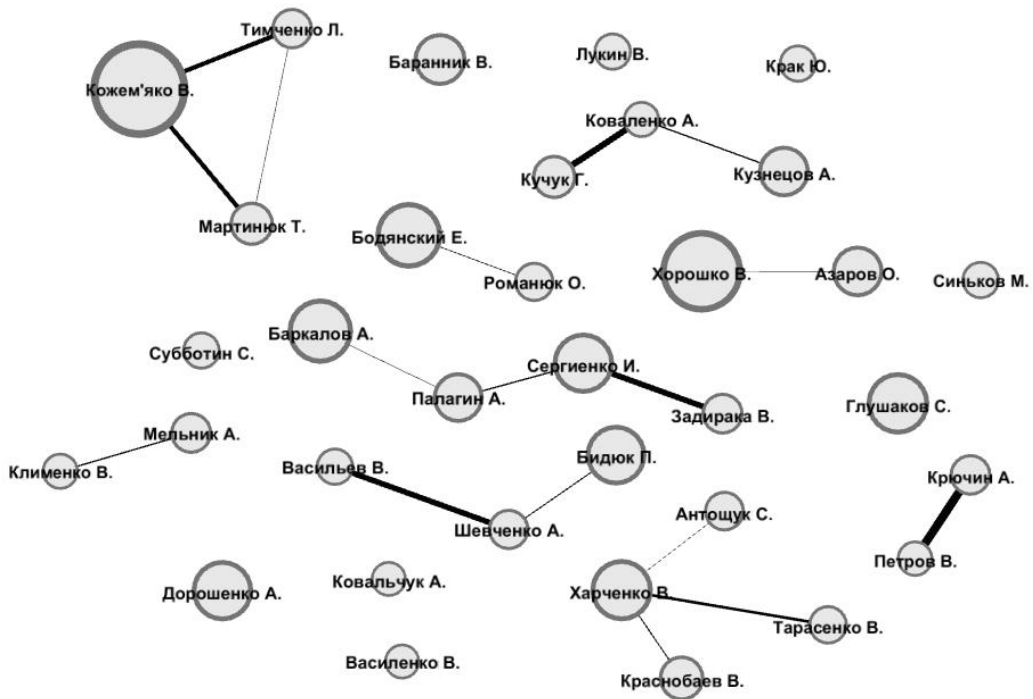


Рис. 2. Мережа співавторів з високим значенням рівня центральності у зваженому графі

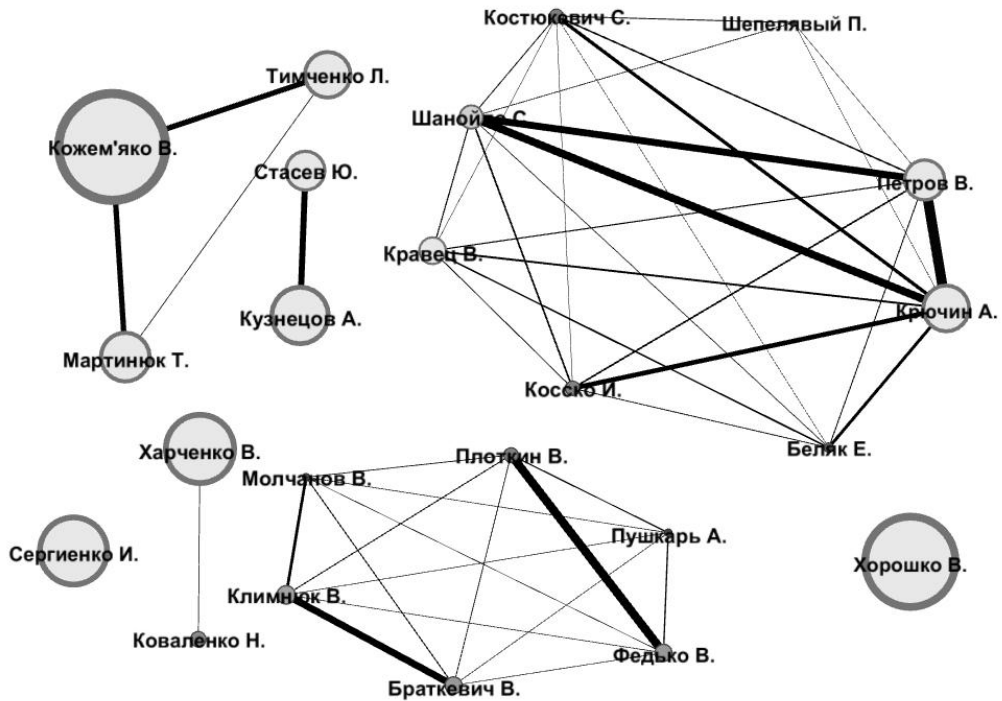


Рис. 3. Мережа співавторів з високим рівнем показника центральності за власним вектором

## Використання методів підтримки прийняття рішень для визначення центрів мережі співавторства

У розрізі двох критеріїв (кількість зв'язків і зважений рівень центральності), які характеризують авторів, і фігурують у табл. 1, можна спробувати отримати інформацію про вагомість цих критеріїв на основі ординального факторного аналізу [21, 22]. Так, якщо попросити одного або кількох спеціалістів назвати провідних авторів у певній сфері, і за цими даними побудувати ранжирування, то, на основі цих ранжирувань і даних про кількість статей і співавторів з табл. 1 можна обчислити ваги цих двох критеріїв — це дозволить з'ясувати, наскільки важливим є дані критерії для репутації спеціалістів (яку визначатиме експертне ранжирування).

Гіпотетичний приклад: під час опитування експерт(и) (відповідаючи на питання: «порекомендуйте, будь-ласка, до 10 спеціалістів у галузі комп'ютерних наук») розташував (розташували) авторів у своїх ранжируваннях наступним чином: ... , Кожем'яко В., ..., Харченко В., ..., Хорошко В., ..., Бодянский Е., ..., Сергиенко І.,..., Бідюк П., ... (табл. 2).

Таблиця 2. Гіпотетичне ранжирування спеціалістів у галузі комп'ютерних наук

Автор	Ранжирування за кількістю зв'язків	Ранжирування за зваженим рівнем центральності	Гіпотетичне експертне ранжирування
Кожем'яко В.	1	1	1
Харченко В.	2	4	2
Хорошко В.	3	2	3
Сергиенко І.	4	5	5
Бодянский Е.	5	3	4
Бідюк П.	6	6	6

Згідно з підходом, описаним у [21, 22], для обчислення ваг критеріїв, на основі ранжирувань альтернатив будується відповідна система нерівностей. Шукані ваги — це центр мас перетину симплекса та області розв'язків цієї системи. Строга постановка задачі та покроковий алгоритм розв'язання наведені у [21, 22].

На основі даних з табл. 2, отримуємо ваги критеріїв: кількість зв'язків —  $2/3$ ; кількість статей —  $1/3$ . Тобто, для даного експерта або експертної групи важливішим критерієм рівня спеціаліста є саме кількість зв'язків, а не кількість статей.

Як реальне об'єктивне ранжирування можна використати інформацію про авторів за міжнародною реферативною БД Scopus, в якій представлена статистика цитування публікацій науковців [23]. Таким чином, визначимо, чи впливають різні аспекти центральності автора на його міжнародний рейтинг. Для цього проранжируємо кількох авторів з табл. 1 за кількістю цитувань, а також, визначимо їхні рейтинги за кількома аспектами центральності (зокрема, за зваженим показником



центральності, центральністю в значенні посередництва та центральністю за власним вектором) (табл. 3).

Таблиця 3. Ранжирування за цитуванням у БД Scopus та основними показниками центральності

Автор	Кількість цитувань у БД Scopus	Ранжирування за:			
		кількістю цитувань	зваженим рівнем центральності	центральністю як посередництвом	центральністю власного вектора
Сергиенко І.	243	1	3	4	3
Бодянский Е.	83	2	2	1	5
Крючин А.	20	3	6	6	2
Кожем'яко В.	17	4	1	2	1
Дорошенко А.	13	5	4	5	6
Палагин А.	12	6	5	3	4

Науковці, які мають найбільшу в своїй галузі кількість робіт у співавторстві, мають високий показник центральності та відзначаються високим цитуванням [24]. Проте не можна сказати, що існує пряма залежність між даними характеристиками. Якщо намагатися знайти ваги різних критеріїв центральності за допомогою алгоритму, наведеного у [22], то область ваг виявляється порожньою. Якщо ж здійснити мінімальну перестановку у ранжируванні (реальний експерт-укладач ранжирування може погодитися її зробити) — поміняти місцями авторів Сергиенка І. та Кожем'яко В., то ваги критеріїв будуть наступні: (зважений показник центральності —  $2/3$ ; центральність як посередництво —  $0$ ; центральність за власним вектором —  $1/3$ ).

Такий результат можна інтерпретувати наступним чином. Порожня область ваг означає, що, строго кажучи, центральність не впливає на кількість цитувань. Тобто, кількість цитувань автора у міжнародній БД слабо залежить від кількості публікацій у БД «Україніка наукова», від «наукового посередництва» автора та його центральності за власним вектором. Якщо ж порівнювати відносні ваги цих факторів (навіть при тому, що залежність взагалі є слабкою), то кількість публікацій у БД «Україніка наукова» (якій відповідає зваженому рівню центральності) є більш впливовим фактором (вага —  $2/3$ ), центральність за власним вектором — менш впливовим (вага —  $1/3$ ), а центральність як посередництво — взагалі не впливає на кількість цитувань.

Таким чином, поряд з окремими аспектами центральності, можна говорити також про певний узагальнений показник центральності автора. Його можна обчислювати як середнє арифметичне, середнє геометричне, або як зважену суму нормованих рейтингів авторів за кількома критеріями з тих, що наведені у табл. 3. Даний підхід до агрегації даних про альтернативи (у нашому випадку — про авторів), зокрема, описаний у [25] та може бути використаний, оскільки критерії є незалежними за перевагами (умова [26]).

## Висновки

Показано, що виділення авторів з високим показником центральності та виділення їхніх співавторів дає можливість виявляти наукові школи та експертні групи, проте для детальних досліджень необхідно також застосовувати лінгвістичний аналіз рефератів та експертні оцінки. Таким чином, також можна точніше виділяти наукові напрямки та оцінювати їхній розвиток.

Представлено інформаційну модель та засоби візуалізації масиву наукових публікацій на основі реферативної БД, що дозволяє виділяти окремі кластери та визначати основні тенденції наукової співпраці. Показано, що визначення важливих вузлів у мережі є актуальною задачею та потребує детального вивчення предмету дослідження, адже існує багато коефіцієнтів, що надають різнобічні характеристики вершин, та доцільність їхнього застосування визначається тільки відповідністю цілям експериментів.

Запропоновано використання методів підтримки прийняття рішень для визначення потенційних експертних груп науковців і наукових шкіл з мережі співавторства та показано шляхи застосування методу «ординального факторного аналізу» для визначення вагомості різних показників центральності складних мереж на прикладі реферативної БД «Україніка наукова».

Показано, що різні аспекти центральності автора у вітчизняному науковому контексті слабо впливають на його міжнародний рейтинг. Це можна інтерпретувати як підтвердження факту низької представленості вітчизняних видань у міжнародних наукових ресурсах.

1. *Russell J.* Scientometrics / Jesse Russell, Ronald Cohn. — Berlin: Book on Demand, 2012. — 142 p.
2. *Пенькова О.В.* Наукометрические и библиометрические исследования в библиотечной и библиографической теории и практике: автореф. дис. канд. пед. наук: специал. 05.25.03 / Краснодарский государственный университет культуры и искусств. — Краснодар, 2002. — 20 с.
3. *Alireza A.* Betweenness Centrality as a Driver of Preferential Attachment in the Evolution of Research Collaboration Networks / Abbasi Alireza, Hossain Liaquat, Loet Leydesdorff // Journal of Informetrics. — 2012. — Vol. 6, N 3. — P. 403–412.
4. *Ланде Д.В.* Наукометричні дослідження мереж співавторства по базі даних «Україніка наукова» / Д.В. Ланде, І.В. Балагура // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2012. — Т. 14, № 4. — С. 41–51.
5. *Ding Y.* Scientific Collaboration and Endorsement: Network Analysis of Coauthorship and Citation Networks / Ying Ding // Journal of Informetrics. — 2011. — Vol. 5, N 1. — P. 187–203.
6. *Topics in Dynamic Research Communities: An Exploratory Study for the Field of Information Retrieval* // Erjia Yan, Ying Ding, Stasa Milojevic, Cassidy R. Sugimoto // Journal of Informetrics. — 2012. — Vol. 6, N 1. — P. 140–153.
7. *Newman M.E.J.* The Structure of Scientific Collaboration Networks / M.E.J. Newman // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2001. — Vol. 98. — P. 404–409.
8. *Ландэ Д.В.* Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы / Д.В. Ландэ, А.А. Снарский, И.В. Безсуднов. — М.: Либроком (Editorial URSS), 2009. — 264 с.

9. Ландэ Д.В. Сети соавторства по базе данных «Украиника научная» / Д.В. Ландэ, И.В. Балагура // Прикладна лінгвістика та лінгвістичні технології: Megaling-2012: зб. наук. пр. / НАН України, Укр. мовно-інформ. фонд; редкол.: В.А. Широков [та ін.]. — К.: УМІФ, 2013. — С. 155–163.
10. Чеботарев П. Ю. Наукометрия: как с её помощью лечить, а не калечить? / Чеботарев П.Ю. // Управление большими системами. — 2013. — Т. 44. — С. 14–31.
11. Козубцов І.М. Обґрунтування вибору принципу побудови динамічної наукової картини світу знань / І.М. Козубцов // Науково-теоретичний і громадсько-політичний альманах «Грані». — 2013. — Т. 99, № 7. — С. 45–48.
12. Балагура І.В. Дослідження параметрів важливості вузлів в мережах співавторів / І.В. Балагура, Д.В. Ланде, І.В. Горбов // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2013. — Т. 15, № 1 — С. 45–52.
13. Opsahl T. Node Centrality in Weighted Networks: Generalizing Degree and Shortest Paths / Tore Opsahl, Filip Agneessens, John Skvoretz // Social Networks. — 2010. — Vol. 32, N 3. — P. 245–251.
14. Балагура І.В. Характеристики сети соавторов медицинских наук / И.В. Балагура, Д.В. Ландэ, И.В. Горбов // Клини. информат. и телемед. — 2013. — Т. 9, № 10. — С. 141–144.
15. Ланде Д.В. Дослідження мереж співавторства у правовій науці по базі даних «Україніка наукова» / Д.В. Ланде, І.В. Балагура // Правова інформатика. — 2012. — Т. 36, № 4. — С. 50–57.
16. Liao Ch. Hs. Quantifying the Degree of Research Collaboration: A Comparative Study of Collaborative Measures / Chien Hsiang Liao, Hsiuju Rebecca Yen // Journal of Informetrics. — 2012. — Vol. 6, N 1. — P. 27–33.
17. Bonacich P. Some Unique Properties of Eigenvector Centrality / P. Bonacich // Social Networks. — 2007. — Vol. 29, N 4. — P. 555–564.
18. Реферативна база даних «Україніка наукова» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/db/ref.html>
19. УкрМарк. Національний формат представлення бібліографічних даних (проект) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/library/ukrmark.html>. — Назва з екрану.
20. An Open-Source Software for Visualizing and Analyzing Large Network Graphs «Gephi» [електронний ресурс]. — Режим доступу: [gephi.org](http://gephi.org). — Назва з екрану.
21. Каденко С.В. Определение относительных весов критериев оценки альтернатив на основе четких и нечетких ранжирований / С.В. Каденко // Проблемы управления и информатики. — 2013. — № 1. — С. 41–49.
22. Каденко С.В. Про один підхід до прийняття кадрових рішень / С.В. Каденко, В.В. Циганок // Реєстрація зберігання і оброб. даних. — 2009. — Т. 11, № 3. — С. 66–74.
23. Scopus [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.scopus.com>. — Назва з екрану.
24. Балагура І.В. Дослідження реферативної бази даних «Україніка наукова» щодо виявлення зв'язку між цитуванням авторів та їхньою науковою співпрацею / І.В. Балагура // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової конференції 27–28 лютого 2013. — К.: ІПРІ НАН України, 2013 — С. 210–214.
25. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект [Текст] / В.Г. Тоценко; ИПРИ НАНУ. — К.: Наук. думка, 2002. — 382 с.
26. Keeney R.L. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs / R.L. Keeney, H. Raiffa. — New York: Cambridge University Press, 1993. — 540 p.

Надійшла до редакції 06.12.2013