

## Наукометричні дослідження мереж співавторства по базі даних «Україніка наукова»

В статті представлено деякі напрямки дослідження комунікаційних зв'язків співавторів в різних галузях науки в Україні на базі застосування методології складних мереж. Запропоновано використання засобів оцінки монопольного становища в окремих галузях наук, досліджено феномен «клубу багатих» для мереж співавторства. На основі даних реферативної бази даних «Україніка наукова» досліджено мережі співавторства з математики, фізики, економіки, права, мовознавства. Показано, що для досліджуваних мереж спостерігається феномен «клубу багатих», а для вузлів цих мереж виконується закономірність Парето-Лоткі.

**Ключові слова:** мережі співавторів, феномен «клубу багатих», реферативна база даних «Україніка наукова», формат УКРМАРК

В работе представлены некоторые направления исследования коммуникационных связей соавторов в разных областях науки в Украине на базе использования методологии сложных сетей. Предложено использование средств оценки монопольного состояния в отдельных областях наук, исследован феномен «клуба богатых» для сетей соавторства. На основе данных реферативной базы данных «Украиника научная» исследовано сети соавторства по математике, физике, экономике, праву, языкознанию. Показано, что для исследуемых сетей наблюдается феномен «клуба богатых», а для узлов этих сетей выполняется закономерность Парето-Лотки.

**Ключові слова:** сети соавторов, феномен «клуба богатых», реферативная база данных «Украиника научная», формат УКРМАРК.

The aim of the paper is to study the collaboration patterns for various scientific area of Ukraine, using complex networks. The employment of monopoly position estimation methods for some scientific areas was proposed. The rich-club phenomenon was detected for co-authorship networks. The co-authorship networks of mathematics, physics, economics, law, linguistics were studied using data of *the Ukrainika naukova* abstract database. It was shown that Pareto-Lotka principle is fulfilled for co-authorship network nodes.

**Key-words:** co-authorship networks, rich-club phenomenon, the Ukrainika naukova abstract database, UKRMARC format.

### Вступ

Розвиток інформаційного суспільства супроводжується взаємовпливом, взаємопроникненням наукових галузей. Важливою та необхідною частиною

наукового прогресу є взаємодія науковців різних напрямів, яка виявляється, серед іншого, у мережах співавторства. Сумісне написання наукових праць відображує роботу, що націлена на досягнення єдиної цілі або розподілення зусиль та знань окремих науковців [1].

При вивченні наукової співпраці найчастіше використовують методи бібліо- та наукометрії, вивчення семантичних мереж, експертне оцінювання. Зокрема, мережі співавторства надають комплексне бачення цілісного наукового процесу. Вивчення відповідних мереж дозволяють виділити ключові публікації, напрямки, кластери співавторів [2-8]. У роботі [9] визначено оптимальну кількість співавторів в галузі економіки, при якій спостерігається високий індекс цитування, визначено позитивний вплив на цитування наявності співавторів з різних організацій та країн.

Зазначимо, що властивості наукового процесу в Україні значно відрізняються від зарубіжних країн, тому існує необхідність дослідити мережі співавторства в українських наукових виданнях та з їх допомогою визначити основні тенденції наукової співпраці в нашій країні.

Метою статті є дослідження комунікаційних зв'язків співавторів у різних наукових напрямках в Україні за допомогою застосування концепції складних мереж. Для дослідження зв'язків співавторства було обрано реферативну базу даних (БД) «Україніка наукова», що разом з українським реферативним журналом «Джерело» входить до Системи реферування української наукової літератури [10,11]. Аналізувалися дані, що знаходились у базі даних за станом на листопад 2012 року, що становило понад 430 000 записів.

Відповідно до вимог щодо можливостей обміну інформації в Україні та на міждержавному рівні, існує необхідність використання комунікативного бібліотечного формату [12]. Дані з реферативної бази даних «Україніка наукова» представлені у форматі УКРМАРК, що є цифровим форматом представлення бібліографічних даних та українською версією формату UNIMARK [13] та зберігає його структуру [14, 15]. У ньому застосовуються поля та підполя національного використання, що дозволяє підтримувати корпоративні технології аналітико-синтетичної обробки документів. З метою систематизації документів у науковій базі даних Національною бібліотекою України ім. Вернадського розроблений рубрикатор НБУВ.

### **Автоматизована обробка даних**

Для проведення наукометричних досліджень на основі реферативної БД «Україніка наукова» було розроблено програмний комплекс фільтрації та аналізу даних, який забезпечує виділення тематичних фрагментів вихідної БД, окремих записів і полів. При аналізі файлу з даними реферативної БД станом на листопад 2012 року за правилами формату УКРМАРК було використано дані полів 700 та 701, що позначають авторів та співавторів. Для виключення збігу авторів з однаковими прізвищами та ініціалами було реалізоване припущення, що в одній і тій же тематиці мало ймовірна присутність таких авторів. Для визначення тематики використовувалося поле 686 формату УКРМАРК, що міс-

тять індекс рубрикатора НБУВ. Також було розроблено спеціальне програмне забезпечення для візуалізації мереж співавторства.

### Ранговий розподіл кількості робіт, що приходяться на одного автора

У 1926 р. А. Дж. Лотка дослідив розподіл кількості наукових співробітників у залежності від числа опублікованих ними наукових робіт [16] – як степеневу функцію:

$$y = f(x) = Cx^{-n}.$$

З іншого боку, розподіл кількості наукових робіт залежно від авторів відповідає виразу:

$$x = Dy = Dx^{-1/n}; \quad D = 1 / C.$$

Було досліджено п'ять фрагментів БД «Україніка наукова» за такими напрямками: економічні науки, фізика, математика, мовознавство, правові науки.

Для всіх наведених галузей отримано розподіл кількості наукових робіт за авторами та експериментально підтверджено їх відповідність вищенаведеній закономірності (рис. 1) із степеневими показниками від 0,50 (мовознавство) до 0,77 (юридичні науки), відповідні дані наведено у таблиці 1.

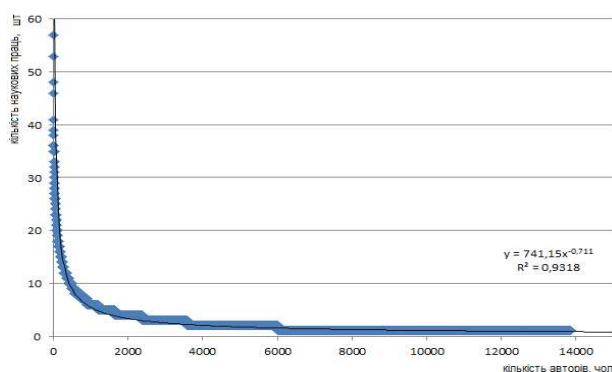


Рис. 1 – Графік розподілу кількістю статей, що приходяться на автора для галузі правових наук

Таблиця 1. Рівняння функції апроксимації розподілу кількості наукових робіт за авторами

Галузь	Рівняння	Точність апроксимації
Мовознавство	$y = 67,14x^{-0,501}$	$R^2 = 0,8941$
Фізика	$y = 354,04x^{-0,621}$	$R^2 = 0,9201$
Математика	$y = 319,4x^{-0,67}$	$R^2 = 0,9266$
Правова наука	$y = 741,15x^{-0,711}$	$R^2 = 0,9318$
Економіка	$y = 2704,8x^{-0,773}$	$R^2 = 0,9346$

### Крива Лоренца, індекси Джині, Гувера

Для незалежної цифрової оцінки значення авторів в мережі співавторства пропонуються підходи, що застосовуються в економіці при визначенні монополізму на ринках, які базуються на дослідженнях Лоренца, Джині, Гувера.

Крива Лоренца [16] – це представлення функції кумулятивного розподілу, в якому акумулюються долі медіаприсутності, звичайно її застосовують, як показник економічної нерівності. У разі рівномірного розподілу присутності праць автора кожна група об’єктів зустрічається в базі даних кількістю разів, пропорційну своїй чисельності. Такий випадок описується кривою рівності (line of perfect equality). У разі повної нерівності (коли лише один об’єкт представлений в інформаційному просторі) крива (line of perfect inequality) спочатку “прилипає” до осі абсцис, а потім з точки (1;0) “злітає” до точки (1;1). Крива Лоренца поміщена між кривими рівності і нерівності (рис. 2).

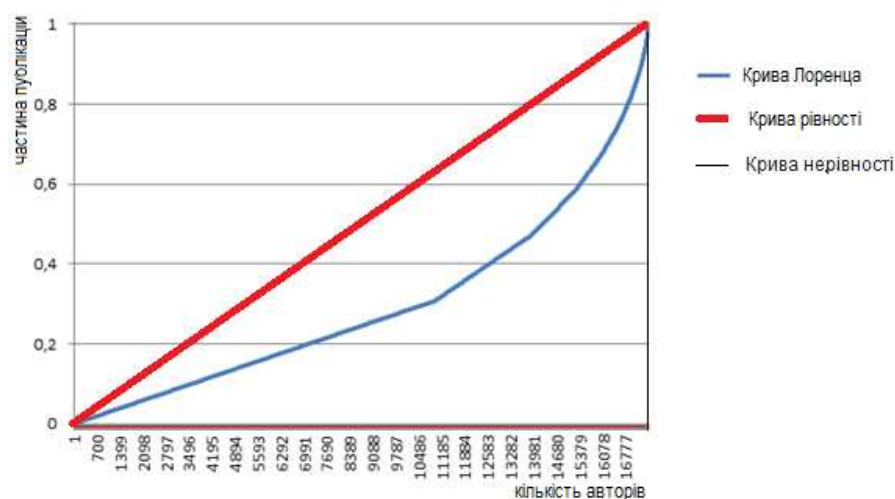


Рис. 2. Крива Лоренца для правових наук

З кривої Лоренца можна вивести кількісні показники нерівності, наприклад коефіцієнт Джині та індекс Гувера.

Коефіцієнт Джині [17] – це статистичний показник, що свідчить про ступінь розшарування об’єктів по відношенню до деякої ознаки, що вивчається, наприклад, по рівню присутності праць автора в базі даних.

Коефіцієнт Джині розраховується як відношення площі фігури, що утворюється кривою Лоренца і кривою рівності, до площі трикутника, утвореного кривими рівності і нерівності. У разі повної рівності коефіцієнт буде рівний 0; у разі повної нерівності – 1. Коефіцієнт можна розрахувати за формулою:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |y_i - y_j|}{2N^2 \bar{y}}$$

де:  $G$  коефіцієнт Джині  $N$  – число авторів;  $y_k$  – частка ознак об’єкту (публікацій автора)  $k$ ;  $\bar{y}$  – середнє арифметичне значення кількості публікацій одного автора.

Застосування коефіцієнта Джині надає можливості: порівнювати розподіл кількості публікацій у сукупностях з різним числом авторів; може використовуватися для порівняння розподілу кількості публікацій між різними сукупнос-

тями авторів; дозволяє відстежувати динаміку нерівномірності розподілу кількості публікацій в сукупності на різних етапах динаміки розвитку.

До недоліку коефіцієнта Джині слід віднести його деяку неінваріантність щодо обсягів сукупності, що досліджується. Так, чим на більшу кількість груп поділена одна і та ж сукупність, тим вище для неї значення коефіцієнта Джині.

Індекс Гувера (Hoover index) [18], також відомий як індекс Робін Гуда (Robin Hood index), – це ще один показник нерівності по параметрах, що має зв'язок з кривою Лоренца. Він рівний тій частці параметра (кількості публікацій) в сукупності об'єктів (авторів), яку необхідно перерозподілити для досягнення рівності. Графічно він представлений як найдовший вертикальний відрізок, що сполучає фактичну криву Лоренца з лінією рівності (бісектрисою I координатної чверті). Індекс Гувера також належить напіввідкритому інтервалу  $[0;1)$ .

Для розглянутих фрагментів бази даних «Україніка наукова» були визначені індекси порівняння, значення яких наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Індекси порівняння для різних галузей науки

Галузь науки	Індекс Робін Гуда	Коефіцієнт Джині
Мовознавство	0.272	0.319
Фізика	0.324	0.408
Математика	0.356	0.443
Правова наука	0.370	0.466
Економіка	0.382	0.498

### **Залежність кількості наукових робіт від величини груп співавторів**

У відповідності з [19] розподіл кількості наукових робіт, що відповідають величині групи співавторів описується формулою:

$$y = f(x) = Cx^{-n} e^{x/x_c},$$

яка може розглядатися як узагальнення закономірності Лотки-Парето для наукової продуктивності груп співавторів.

Саме такому рівнянню задовольняють розподіли за названими вище галузями – фрагментами бази даних «Україніка наукова» (рис. 3).

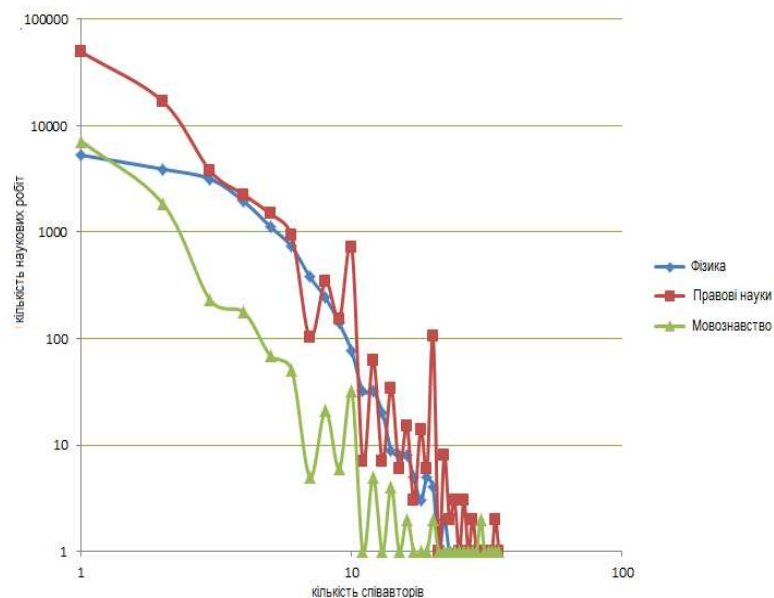


Рис. 3. Розподіл кількості наукових робіт за величиною груп співавторів за галузями науки у подвійній логарифмічній шкалі

### Клуб багатих. Степеневий розподіл значень показників «клубу багатих»

Отримані мережеві структури досліджувались на наявність феномену «клубу багатих». Даний феномен спостерігається в складних мережах та проявляється у якості скупчення великої кількості зв'язків в окремих вузлах, тобто чим більша степінь вершини, тим більше зв'язків вона в подальшому буде отримувати.

Коефіцієнт «клубу багатих», за визначенням авторів роботи [20],  $\varphi(k)$  рівний сумі кількості наявних ребер графу  $E_k$  розділених на максимальну можливу кількість ребер, що можуть поєднувати к вершин:

$$\varphi(k) = \frac{2E_k}{k(k-1)} .$$

Апроксимаційні рівняння для значень коефіцієнтів «клубу багатих» для розглянутих вище галузей науки наведено у таблиці 3. На рис. 4 наведено графік розподілу значень показників «клубу багатих» для галузі правових наук у подвійній логарифмічній шкалі.

Таблиця 3. Апроксимаційні рівняння для значень коефіцієнтів «клубу багатих»

Галузь науки	Рівняння	Точність апроксимації
Мовознавство	$y = 0,026x^{-0,479}$	$R^2 = 0,8937$
Фізика	$y = 0,1433x^{-0,542}$	$R^2 = 0,9649$
Правові науки	$y = 0,2834x^{-0,66}$	$R^2 = 0,9803$
Економіка	$y = 0,3783x^{-0,718}$	$R^2 = 0,9765$
Математика	$y = 0,2007x^{-0,739}$	$R^2 = 0,9869$

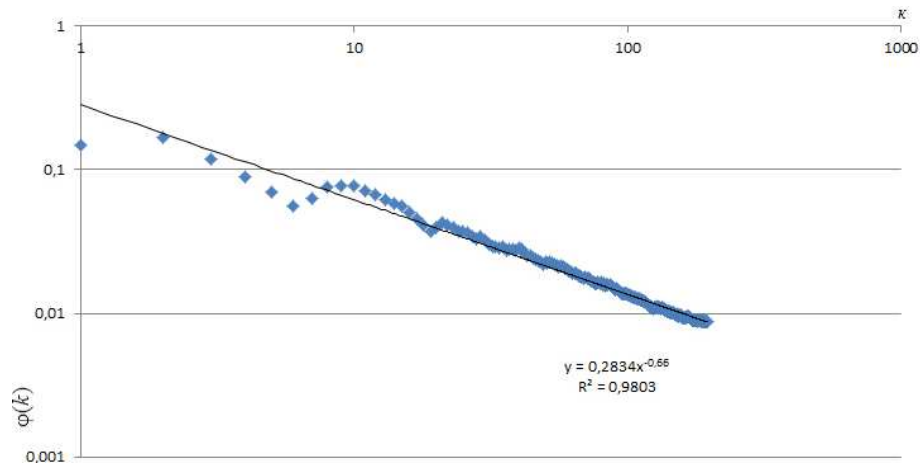


Рис. 4 – Степеневий розподіл значень показників «клубу багатих» для галузі правових наук

Показано, що для мереж співавторства для розглянутих галузей науки спостерігається феномен «клубу багатих», тобто автори, які мають найбільшу кількість робіт пишуть роботи переважно з такими ж солідними авторами.

Чим вище степеневий коефіцієнт у розглянутих в таблиці 3 рівняннях, тим вище ознака «клубу багатих».

### Кругова діаграма мережі співавторів і усереднений коефіцієнт клубу багатих

Для визначення відношення між «багатими» та «бідними» вершинами було проведено вдосконалення вищенаведеного виразу – усереднений коефіцієнт «клубу багатих» *RCC* (Rich Club Coefficient) [21]. Запропоновано використовувати відношення коефіцієнту «клубу багатих» вершин з найбільшими степенями до аналогічного коефіцієнту вершин з найменшими степенями, також у чисельниках членів відношення додатково було використано одиницю, що виключає випадки ділення на 0:

$$RCC = \frac{2(E_{k_v} + 1)}{k(k-1)} : \frac{2(E_{k_n} + 1)}{k(k-1)} = (E_{k_v} + 1) / (E_{k_n} + 1),$$

де  $E_{k_v}$  – кількість ребер, що поєднують  $k$  вузлів з найбільшими степенями,  $E_{k_n}$  – кількість ребер, що поєднують  $k$  вузлів з найменшими степенями  $k$  – проміжок спостереження, що обирається, в нашому випадку  $k = N / 5$  ( $N$  – кількість вузлів мережі співавторів).

Для побудови мережі наукової взаємодії будується мережева структура [22], в якій вузлам відповідають автори наукових публікацій, а ребра позначають наявність спільних публікацій між ними. При чому чим товща лінія ребра у цьому графі, тим більше спільних статей було написано авторами. Розміри вузлів також відповідають кількості спільних статей автора. Для наочності відображення на рис. 5 і 6 відображається лише фрагмент мережі співавторства, до якої входять 200 найбільш продуктивних авторів.

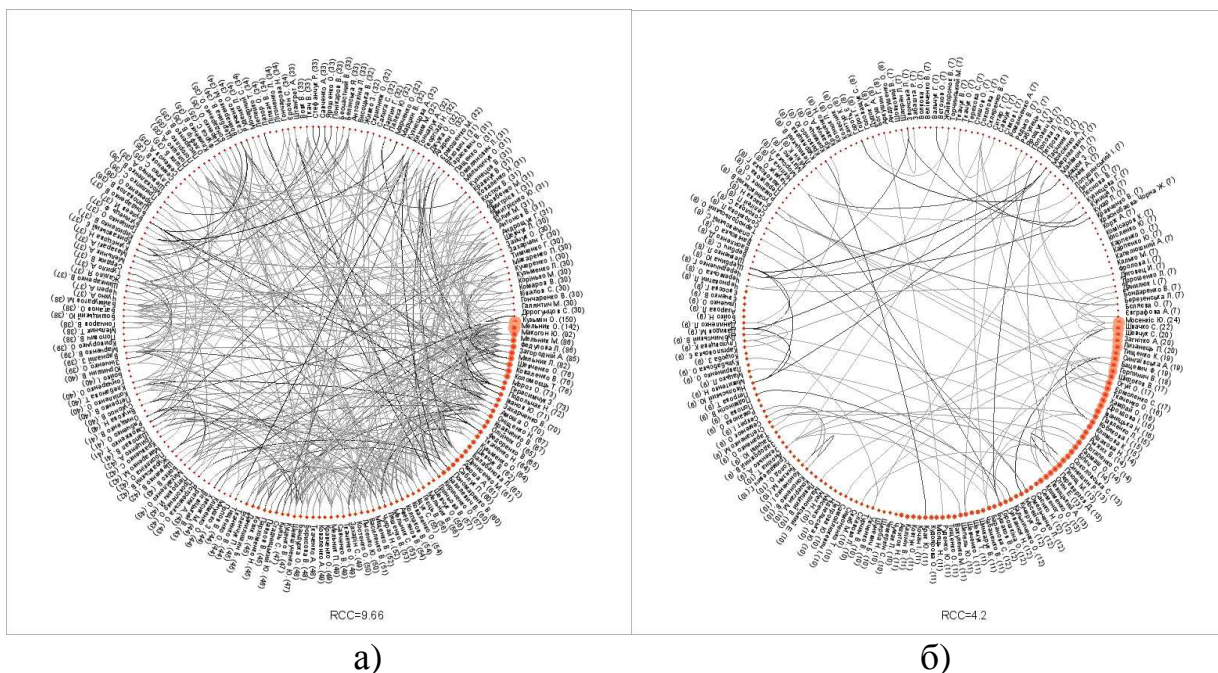


Рис. 5 – Фрагменти мережі співавторства по праву (а) та мовознавству (б)

В ході досліджень було створено програмний модуль, що виконує обчислення усередненого коефіцієнту «клубу багатих» на основі створених мереж співавторів. Для кожної галузі науки було побудовано окремі графи та розраховано усереднений коефіцієнт «клубу багатих». Значення RCC для окремих галузей науки наведено у таблиці 4.

Таблиця 4. Значення RCC для окремих галузей науки

Галузь науки	Рівняння
Мовознавство	4,2
Фізика	4,6
Правові науки	9,7
Економіка	6,5
Математика	9

## Результати

Аналізуючи мережу співавторів наукових робіт, що містяться в реферативній базі даних, можна зробити висновок, що вона не є суцільною, а має вигляд скупчень за окремими галузями, тобто публікації науковців не відображають активну міжгалузеву взаємодію. Встановлено, що на співавторство значний вплив має місце роботи та географічне розташування. Детально було розглянуто деякі галузі, серед них найбільш комунікативно себе проявили автори, що досліджують правові науки, тобто у цьому випадку спостерігається найрозгалуженіша мережа взаємодії; найменш комунікативні математики, що працюють



найчастіше з одними і тими самими співавторами у парі протягом тривалого часу. Проте слід зазначити, що важливо окремо розділяти дослідження в різних наукових напрямків. Через специфіку наукових галузей спеціалісти теоретичних та прикладних спеціальностей по-різному цитують, готують та використовують матеріали [23, 24]. Наприклад, для теоретичних досліджень існує менша необхідність роботи у команді через відсутність використання спеціалізованого обладнання. Відомо також, що кількість випускників вищих навчальних закладів, науковців та спеціалістів з різних галузей в Україні за останні роки різняться у декілька разів [25]. Відбиток на опублікування результатів досліджень також несуть періодичні видання, адже дуже невелика кількість з них (в основному з природничих наук) включена до всесвітньовідомих реферативних БД [26].

Визначено, що для більшості галузей спостерігається феномен «клубу багатих». Проте значення зваженого коефіцієнту «клубу багатіїв» для чотирьох наукових галузей відрізняються.

Окремо було розглянуто авторів у галузі економіки, та їх наукові роботи, що містяться в реферативній БД. В БД містяться записи «найбагатших» авторів з економічних наук, що містять до 8 співавторів, проте найбільшу кількість цитат в Google Scholar з економіки отримують монографії або підручники з двома, трьома авторами, деякі роботи досягають 150 цитат, включаючи самоциткування [27]. Індекс Хірша найбільш комунікабельних науковців з економіки на основі даних Google Scholar в середньому складає 8,9 на листопад 2012 року. За рейтингом SCImago Journal & Country Rank у БД Scopus знаходиться 104 документи українських авторів з розділу «економіка та фінанси», а їх загальний індекс Хірша рівний 11 [28, 29].

Науковці-фізики в своїй більшості намагаються публікувати статті у міжнародних виданнях, крім того декілька українських фізичних видань реферуються провідними наукометричними БД. «Найбагатші» автори, що часто українськими науковцями з фізики та астрономії опубліковано близько 25408 робіт, що в середньому цитуються по 5,95 рази на одну роботи, загальний індекс Хірша рівний 96 станом на 2011 рік, ці показники є найкращими серед інших галузей в Україні. За даними на 2011 рік «Українського наукового клубу» в БД Web of Knowledge найвищий індекс Хірша з фізики та астрономії в Україні рівний 34. Більшість розглянутих робіт - статті трьох або чотирьох авторів, проте найбільше цитувань у Google Scholar (близько 950) отримала робота українського вченого з більш ніж 300 співавторами з різних країн. Саме в фізиці часто зустрічаються роботи з великою кількістю співавторів, що підкреслюють специфічність проведення відповідних досліджень.

Виходячи з досліджень, правові науки мають найбільший коефіцієнт «клубу багатих», при цьому наукові роботи відрізняються найменшою у середньому кількістю співавторів. Найбільше цитат – до 140, отримали одноосібні монографії авторів. Індекс Хірша у Google Scholar авторів з права досягає 16. У проекті SCImago Journal & Country Rank виділено галузь «закон», у базі даних Scopus на 2011 рік знаходилось лише 15 українських статей у даній рубриці. Саме українські гуманітарні науки найменш представлені у зарубіжних БД, то-

му для класифікації та підвищення рівня даного напрямку актуальною задачею є створення індексу цитування або іншого національного наукометричного апарату саме в галузі суспільних і гуманітарних наук.

У галузі математики також високий коефіцієнт «клубу багатих». У Scopus на 2011 рік знаходиться 7216 документів з України, (індекс Хірша – 53). Найбільш цитованими у математиці виявились учбові посібники з трьома авторами у Google Scholar та статті у співавторстві із трьома зарубіжними авторами в міжнародних виданнях, цитованість яких становила 719. Індокси Хірша авторів з математики, що входять до мережі співавторства у Scopus та Google Scholar досягають 13 та 21 відповідно.

### **Висновки**

1. Досліджено реферативну базу даних «Україніка наукова» та на її основі побудовано мережі співавторів з фізики, математики, економіки, права та мовознавства.
2. Запропоновано застосування усередненого коефіцієнту «клубу багатих» та методику його обчислення, що дає можливість визначати відношення між вершинами підмережі з найбільшими та найменшими степенями.
3. Визначено, що для окремих галузей науки в Україні спостерігається феномен «клубу багатих». Науковці, що мають найбільшу кількість робіт у співавторстві публікуються разом з такими ж продуктивними авторами.
4. Для вивчених наукових галузей виконується закономірність Лотки-Парето у розподілі кількості статей за авторами.
5. Для різних галузей науки рівень «клубу багатих» значно відрізняється, що може пояснюватися декількома причинами, зокрема, деякі науки фактично об'єднують лише формально пов'язані розділи знань, в межах яких працюють слабо пов'язані одна з однією групи учених; у деяких галузях науки активно працюють конкуруючі наукові школи; в окремих випадках еліта настільки сконцентрувалася, що не приймає або не може прийняти у своє коло молоде поповнення (це можна пов'язати із зменшенням зацікавленості фундаментальними науками з боку молоді).
6. Розробка наукометричного апарату для українських видань є актуальною задачею. Особливої уваги слід приділити гуманітарним галузям, оскільки вони найменш представлені у зарубіжних БД. Для класифікації та підвищення рівня даного напрямку актуальною задачею є створення національного індексу цитування або іншого наукометричного апарату порівняння.

1. *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, № 3. – P. 403-412.

2. *Liaquat H.* The social networks of collaborative process / Hossain Liaquat, Daniel Fazio // *The Journal of High Technology Management Research.* – 2009. – Vol. 20, № 2. – P. 119-130.

3. *Ding Y.* Community detection: Topological vs. topical / Ying Ding // Journal of Informetrics. – 2011. – Vol. 5, № 4. – P. 498-514.
4. *Bales M.E.* Evolution of Coauthorship in Public Health Services and Systems Research / M.E. Michael, S.B. Johnson, J.W. Keelong, K.M. Carley, F. Kunkei, others // American Journal of Preventive Medicine. – 2011. – Vol. 41, № 1. – P. 112-117.
5. *Lemarchand G.A.* The long-term dynamics of co-authorship scientific networks: Iberoamerican countries (1973-2010) /Guillermo A. Lemarchand // Research Policy. – 2012. – Vol. 41, № 2. – P. 291-305.
6. *Ding Y.* Scientific collaboration and endorsement: Network analysis of coauthorship and citation networks / Ying Ding // Journal of Informetrics. – 2011. – Vol. 5, № 1. – P. 187-203.
7. *Yan E.* 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, № 1. – P. 140-153.
8. *Love A.* The intersection of sport management and sociology of sport research: A social network perspective / Adam Love, Damon P.S. Andrew // Sport Management Review. – 2012. – Vol. 15, № 2. – P. 244-256.
9. *Chung K.H.* On the relation between intellectual collaboration and intellectual output: Evidence from the finance academe/ Kee H. Chung, Raymond A.K. Cox, Kenneth A. Kim// The Quarterly Review of Economics and Finance. – 2009. – Vol. 49, № 3. – P. 893-916.
10. *Реферативна база даних «Україніка наукова»* [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/db/ref.html>.
11. *Система реферування української наукової літератури* [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/db/ri.html>. – Назва з екрану.
12. *Крючин А.А.* Значення видання українського реферативного журналу «Джерело» для розвитку наукових комунікацій в Україні / А.А. Крючин, Л.Й. Костенко, Н.М. Мініна, І.В. Балагура, Л.М. Овсієнко// Наука України у світовому інформаційному просторі. – 2012. – Вип.6. – с.20-23.
13. *Воройский Ф. С.* Основы проектирования автоматизированных библиотечно-информационных систем /Ф. С. Воройский // – М.: Физматлит, 2002. – 384 с.
14. *УкрМарк.* Національний формат представлення бібліографічних даних (проект) [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/library/ukrmark.html> – Назва з екрану.
15. *Лобанова Э.Ш.* Долгий путь эволюций форматов: От MARC I до MARC 21 / Э.Ш. Лобанова // Библиотека. – 2003. – № 9. – С. 55-57.
16. *Lotka A. J.* The Frequency Distribution of Scientific Productivity / A. J. Lotka // Journal of the Washington Academy of Sciences . – 1926. – Vol.16. – P. 317-323.
17. *Lorenz M.O.* Methods of measuring the concentration of wealth / M.O. Lorenz // Publications of the American Statistical Association. – 1905. – Vol. 9, №. 70. – P. 209 – 219.

18. *Gastwirth J.L.* The Estimation of the Lorenz Curve and Gini Index / *J.L. Gastwirth* // *The Review of Economics and Statistics*. – 1972. – Vol. 54, № 3.– P. 306–316.
19. *Hoover E.M. jr.* The Measurement of Industrial Localization / *E.M. jr. Hoover* // *Review of Economics and Statistics*. – 1936. – Vol.18, – P. 162-171.
20. *Colizza V.* Detecting rich-club ordering in complex networks / *V. Colizza, A. Flammini, M.A. Serrano, A. Vespignani* // *Nature Physics*. – 2006. – Vol. 2. – P. 110-115.
21. *Ландэ Д.В.* Сети соавторства по базе данных "Украиника научная" [електронний ресурс] /Д.В. Ландэ, И.В. Балагура // *MegaLing'2012. Горизонти прикладної лінгвістики та лінгвістичних технологій. Тези доповідей міжнародної наукової конференції. 20 - 23 листопада 2012.* – К.: Український мовно-інформаційний фонд НАН України. – Режим доступу: <http://megaling.ulif.org.ua/mova-mislennya-kommun-kats-ya/lande-d-v-balagura-v-seti-soavtorstva-po-baze-dannich-ukrainika-nauchnaya>
22. *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.
23. *Albert R.* Statistical mechanics of complex networks / *R. Albert, A.L. Barabasi* // *Reviews of modern physics* – 2002. – Vol. 74. – P. 47-97.
24. *Yan E.* Discovering author impact: A PageRank perspective // *Erjia Yan, Ying Ding* // *Information Processing & Management*. – 2011. – Vol. 47, № 1. – P. 125-134.
25. *Писаренко Т.В.* Інноваційний потенціал освіти України порівняно зі світовою практикою / *Т.В. Писаренко, Т.К. Куранда, Н.І. Вавіліна* // *Науково-технічна інформація*. – 2012. –№ 1- С. 9-16.
26. *Рейтинги наукових журналів України* [електронний ресурс]. – Національна бібліотека України ім. Вернадського – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/portal/impact.html>. – Назва з екрану.
27. *Академия Google* [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://scholar.google.com.ua>. – Назва з екрану.
28. *Scopus* [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.scopus.com>. – Назва з екрану.
29. *The SCImago Journal & Country Rank* [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.scimagojr.com/>. – Назва з екрану.