

ICMP-17-05U

Ю. Головач, М. Красницька, О. Мриглод, А. Ровенчак*

ДВАДЦЯТЬ РОКІВ
«ЖУРНАЛУ ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ».
СПРОБА ЖУРНАЛОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

*Львівський національний університет імені Івана Франка, кафедра теоретичної фізики, вул. Драгоманова, 12, Львів, 79005, Україна

УДК: 53:001.12/.18, 530.1, 519.25, 004.942, 001.6

PACS: 01.30.-y, 89.75.-k, 02.10.Ox, 02.50.-r

Двадцять років «Журналу фізичних досліджень». Спроба журналометричного аналізу

Ю. Головач, М. Красницька, О. Мриглод, А. Ровенчак

Анотація. Проведено кількісний аналіз публікацій «Журналу фізичних досліджень» за період 1996–2016 рр. Дослідження співпраці авторів журналу виконано із застосуванням теорії складних мереж. Побудовано мережі співавторства, досліджено географію та динаміку співпраці, обчислено відповідні характеристики складних мереж. Тематичний аналіз публікацій здійснено на підставі рубрикатора PACS, а для аналізу цитування опублікованих статей застосовано декілька моделей із використанням дискретних та неперервних розподілів. Отримані результати можуть бути корисними як для оцінювання ролі журналу в цілому, так і для вироблення редакційної політики на майбутнє.

Twenty years of the “Journal of Physical Studies”. An attempt for a journalometric analysis

Yu. Holovatch, M. Krasnytska, O. Mryglod, A. Rovenchak

Abstract. The quantitative analysis of publications in the “Journal of Physical Studies” for the period of 1996–2016 is presented. The results of that analysis can be used to estimate the role of the journal as well as to form the editorial policy for the future. One of our tasks was to introduce to general public methods used for the quantitative analysis of journal’s publications. Collaborative networks have been built, geography and dynamics of cooperation have been analyzed, and the respective characteristics of complex networks are calculated. We built and analyzed the collaborative networks in frames of an international collaboration as well as on the level of cities of Ukraine. Thematic analysis of publications was carried out by means of the PACS numbers.

**Подається в Журнал фізичних досліджень
Submitted to Journal of Physical Studies**

Препринти Інституту фізики конденсованих систем НАН України розповсюджуються серед наукових та інформаційних установ. Вони також доступні по електронній комп'ютерній мережі на WWW-сервері інституту за адресою <http://www.icmp.lviv.ua/>

The preprints of the Institute for Condensed Matter Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine are distributed to scientific and informational institutions. They also are available by computer network from Institute's WWW server (<http://www.icmp.lviv.ua/>)

Юрій Васильович Головач
Мар'яна Богданівна Красницька
Олеся Ігорівна Мриглод
Андрій Адамович Ровенчак

Двадцять років «Журналу фізичних досліджень». Спроба журналометричного аналізу

Роботу отримано 24 листопада 2017 р.

Затверджено до друку Вченою радою ІФКС НАН України

Рекомендовано до друку лабораторією статистичної фізики складних систем

Виготовлено при ІФКС НАН України
© Усі права застережені

1. Вступ

Наприкінці 2016 року вийшло четверте число 20-го тому «Журналу фізичних досліджень» (ЖФД). З цієї нагоди цікаво здійснити як кількісний аналіз журнальних публікацій, так і висловити певні міркування про сам журнал, його історію, роль, авторів, редакційну політику. Двоє з авторів цієї статті — члени редакційної колегії ЖФД, кожен протягом десяти років був відповідальним секретарем редколегії. Двоє інших — спеціалісти з наукометрії і теорії складних мереж. Разом з тим, ми — читачі й автори цього журналу. Тож таке поєднання, на наш погляд, цілком доцільне для досягнення мети цієї публікації.

Наукометричний аналіз періодичних видань є ділянкою науки, яка активно розвивається. Дослідження проводять як для групи видань за певною тематикою [1, 2], так і окремих журналів [3]. Прецедентами в українській науковій періодиці є, скажімо, здійснений у праці [4] аналіз «Українського фізичного журналу» та застосування методів теорії складних мереж до аналізу публікацій журналу “Condensed Matter Physics” [5]. Цікавими прикладами самозамкнених досліджень можуть слугувати наукометричний аналіз наукометричної літератури [6] чи застосування методів кількісної лінгвістики до анотацій одного з провідних видань у цій галузі, “Journal of Quantitative Linguistics” [7].

Подальша структура статті така: у розділі 2 коротко розповімо про історію створення журналу, його особливості, основні етапи розвитку. Метод нашого аналізу — журналометрію — у більш загальному контексті наукометрії та науки про складні мережі обговоримо у розділі 3. У розділах 4 і 5 приведені результати нашого аналізу, висновки подано у розділі 6.

2. Трохи історії

Ідея заснування «Журналу фізичних досліджень» виникла в середині фізиків Львівського національного університету імені Івана Франка та Західноукраїнського фізичного товариства. Журнал засновано 1994 року, перше число тому 1 з'явилося 1996 року. Решта три номери вийшли в 1997, і відтоді Львівський національний університет імені Івана Франка регулярно видає щорічно один том журналу, що містить чотири номери. На чолі групи, що ініціювала створення журналу, був професор Іван Вакарчук, відомий український учений, тоді — ректор університету. Він став головним редактором

журналу, а до першого складу редакційної колегії увійшли фахівці з багатьох ділянок експериментальної та теоретичної фізики: Л. Блажівський, М. Ваврух, Ю. Головач (відповідальний секретар), Л. Дідух, І. Климишин, В. Лендєл, О. Логвиненко, Р. Луців, С. Мельничук, О. Миколайчук, В. Прохоренко, М. Романюк, Ю. Рудавський, І. Савицький, В. Сливка, І. Стасюк, Й. Стахіра (заст. головного редактора), М. Ткач, Л. Шимон. Таким чином, було закладено дві ознаки, що стали (як згодом побачимо і з кількісного аналізу) визначальними в існуванні журналу. Це — різноманіття тематики й переважна орієнтація на західну Україну (із центром на фізичному факультеті ЛНУ). Хоча останнє твердження не надто категоричне. Від самого початку і в редакційній колегії, і серед авторів журналу присутні вчені з різних наукових закладів України та світу, а з часом ця присутність стає стабільною й відчутною (див., зокрема, аналіз, проведений у підрозділі 4.2). Іноземні члени редколегії були обрані з-поміж тих, хто співпрацював з ініціаторами журналу.

Журнал задекларував, що публікуватиме всю фізику, включно з міждисциплінарними дослідженнями, — саме це і відображено в назві журналу. Для категоризації публікованих статей вирішено впровадити індексування за схемою PACS (Physics and Astronomy Classification Scheme) [8]. За зразком видань Американського інституту фізики, подібну практику на ту пору часто застосовували в різних фізичних виданнях у всьому світі. Було вирішено, що статті публікуватимуться однією з двох мов — українською чи англійською. У процесі тривалих обговорень сформувались головні аргументи на користь такого рішення: статті українською мовою необхідні для підтримання та вироблення української наукової термінології, однак незаперечним й очевидним є той факт, що нормальне функціонування сучасних природничих наук відбувається в англійськомовному контексті. Дискусії щодо того, якою мовою мають публікуватися наукові видання в Україні, тривають і триватимуть. Як переконаємося з плином часу, названі два аргументи є центральними в цих дискусіях.

За вмілого та постійного керівництва проф. Вакарчука, за сприяння Львівського національного університету було налагоджено роботу редакційної колегії та редакції журналу (першим завідувачем редакції став В. Мигаль). ЖФД було включено в такі реферативні видання, як “Physics Abstracts”, “Chemical Abstracts”, PubScience, EBSCO, “US NSF National Science, Mathematics, Engineering, and Technology Education Digital Library”, «Реферативный журнал». У 2003 році «Журнал фізичних досліджень» визнало Європейське фізичне товариство (European Physical Society, EPS). Починаючи з 2004

року, його включено в наукометричну базу Scopus, а з 2015 — в базу Emerging Sources Citation Index у межах платформи Web of Science. У листопаді 2014 року онлайн-версія ЖФД отримала окремий ISSN 2310-0052 на додаток до ISSN 1027-4642 для паперової версії.

Однак особливості журналу — українська мова більшості публікацій, переважна орієнтація на західну Україну, широка тематика — як давали переваги, так і створювали проблеми впродовж усього часу його існування. Адже локальність неминуче створює загрозу провінційності. Щобільше, локальні проблеми всіх українських журналів, як і ЖФД, поєднуються із проблемами глобальними, що постають перед відповідними академічними виданнями у світі. Те, що ЖФД проіснував уже понад двадцять років є, безперечно, свідченням його потреби. Журнал має своїх авторів і своїх читачів. Сподіваємося, що такий статус збережеться й надалі. Протягом 1996–2016 років у ЖФД опубліковано 962 статті близько 1400 різних авторів [9]. Цей масив даних дозволяє застосувати кількісні методи для їх статистичного аналізу. Однак перш ніж це зробити, у наступному розділі ми розповімо про загальний контекст, у якому прийнято виконувати такий кількісний аналіз, — наукометрію, науку про вимірювання науки, та її застосування.

3. Коротко про наукометрію та журналометрію

В умовах сучасного світу, де обсяги інформації збільшуються та накопичуються у безпрецедентно швидких темпах, а також у контексті системи науки, що також безперестанку обробляє та продукує надзвичайно велику кількість інформації, наукове періодичне видання виконує водночас декілька важливих функцій. В першу чергу, воно залишається найголовнішим способом оприлюднення та поширення найновішого наукового результату. На противагу монографіям чи збірникам праць, публікація в журналі є свого роду науковою «колонкою новин», що висвітлює здобутки на вістрі наукового прогресу, оперативно поширює нове знання та привертає критичну увагу фахівців. З огляду на очевидну неможливість (непотрібність) публікувати абсолютно все, науковий журнал повинен виконувати також функцію першого інформаційного фільтра в науці. Таким чином, він перетворюється із простого засобу представлення інформації в носія також і мета-інформації: його авторитет починає «говорити» на користь (а буває і навпаки) кожної опублікованої роботи. А отже, авторитет видання стає чимось важливим, що варто розвивати та на основі чого можна здійснювати порівняння чи рейтингування. Таким

чином, постає і задача кількісного аналізу та комплексного оцінювання наукового періодичного видання для того, щоб зрозуміти, які фактори впливають на його поточний статус, що варто змінити для підвищення останнього та за якими показниками можливо порівняти між собою різні журнали [5].

У широкому сенсі проблема оцінювання в науці особливо відчутною є нині, коли і далі спостерігається описана С. де Прайсом ще в середині минулого століття тенденція до експоненційного зростання обсягів наукової інформації [10]. Залишається актуальним як ніколи твердження про те, що 90% всіх вчених, які коли-небудь існували, є нашими сучасниками. Саме фактор все зростаючої кількості науковців та наукової інформації провокує зміни як у способі комунікації, так і в усталеній практиці наукової роботи. Так, в свій час, особисте спілкування поступилося поштової переписці, а ще згодом ознайомлення колег із отриманим результатом почало відбуватися шляхом публікації статті у журналі [11, 12]. Принцип “publish or perish” — «публікуйся або зникни» — досі диктує необхідність опублікування матеріалу як невід’ємної ланки у роботі науковця. А зворотнім боком медалі є чергове зростання кількості статей та, відповідно, видань. Якщо завданням редакторів перших наукових журналів було, в першу чергу, наповнення випусків, то з часом все актуальнішою ставала задача забезпечення відбору надісланих рукописів. І, знову таки, фактор зростаючої кількості інформації обумовив спершу освоєння практики рецензування статей незалежними експертами, а далі спровокував потребу також у інших, кількісних, методиках оцінювання.

Після другої світової війни, що послугувала катализатором для розвитку науки, а особливо після того, як Ю. Гарфілд втілював свою революційну ідею про використання наукових цитувань [13], на новий рівень вийшла *наукометрія*. Як напрям наукознавства — науки про науку — наукометрія охоплює всі його об’єкти, проте зосереджується лише на їх кількісних аспектах. Іншими словами, наукометрія займається усім, що має стосунок до науки та що можна виразити у цифрі. Перебуваючи на початковому щаблі свого розвитку до 60-х років ХХ століття, наукометричний напрям зрештою почав активно розвиватися (тоді ж фактично отримавши свою назву), озброївшись кількісними інструментами бібліометрії та отримавши у своє розпорядження безцінний ресурс — бази даних про наукові цитування.

Первинно будучи засобом для розробки ефективних методів пошуку серед моря наукової інформації, цитування невдовзі почали розглядатися як мінімальні одиниці наукового визнання, які можна

порахувати. Так, «побічним ефектом» аналізу даних про пристатейні списки джерел стали алгоритми кількісної оцінки праці науковця [14]. Нині цей аспект наукометрії виявився надзвичайно популярним: запропоновано безліч кількісних індикаторів та метрик для того, щоб виконувати кількісний аналіз та «вимірювати» вагомість не лише індивідуальних результатів, але й порівнювати дослідницькі групи, наукові установи чи навіть країни. Безперечно, один із основних векторів таких досліджень присвячений кількісному аналізу діяльності наукових періодичних видань. За аналогією до терміну «наукометрія», що промовисто говорить про суть наряду, складаючись із двох частин: «наука» та «метрія», ділянку аналізу наукової періодики умовно можна було б назвати *журналометриєю* [4, 5]. Кількісні характеристики авторського ядра, автоматизована рубрикація статей, моделювання процесу роботи над рукописами, класифікація авторів за тематикою та автоматичний підбір рецензентів — ці та інші завдання диктуються практичними потребами різного масштабу: перед видавцем постають задачі планування редакційної роботи та утримання журналу на відповідному конкурентному рівні, проблемами оптимізації системи наукової періодики займаються управлінці на рівні держави, розширений тематичний пошук може цікавити читача чи автора, тощо.

Джерелом кількісного аналізу наукового періодичного видання можуть слугувати дані двох категорій. У розпорядженні редакції є, в першу чергу, такі, що містяться безпосередньо у публікаціях чи характеризують редакційний процес — назовемо їх «внутрішніми даними». До них відноситься уся бібліографічна інформація: заголовки статей, прізвища та робочі адреси авторів, тексти анотацій, ключові слова та присвоєні тематичні індекси, тощо; повні тексти статей; дані про дати надсилання рукописів, їх оновлених версій та кінцевого прийняття до друку; інформація про терміни рецензування статей; відомості про склад редколегії та інші. На противагу їм, «зовнішні дані» надходять з інших джерел та можуть нести в собі інформацію про цитування статей у журналі, перегляди користувачами офіційної сторінки, завантаження файлів публікацій, відгуки в соцмережах та блогах, реакцію ЗМІ, тощо.

Основним фундаментом для порівняльної оцінки діяльності видань залишаються цитування на опубліковані статті. За пропонованою вище класифікацією мова іде про зовнішні дані, які одержуються із наукометричних баз даних. Таких баз нині існує чимало, адже кожна база, що містить бібліографічні дані та відомості про здійснені поклики, може називатися наукометричною [12]. Проте далеко не

кожну варто використовувати для розрахунку наукометричних показників. Адже має значення ступінь охоплення наукової літератури «вшир» (вичерпність як з точки зору загальної кількості індексованих видань, так і їх розподілу по дисциплінах), а також «вглиб» (кількість врахованих років публікації статей). Повнота бази слугує гарантом надійності розрахованих метрик. З іншого боку, важливим є те, як ретельно підбираються видання для індексації у базі. На перший погляд, ці два фактори: повнота та відбір — є суперечливими, адже перший передбачає намагання охопити якомога більше, а другий накладає обмеження. Насправді ж за неможливості охопити абсолютно всю наукову літературу ключовою проблемою є охоплення «правильного» (в залежності від поставленої задачі) її сегменту. Ще у 30-х роках ХХ століття було виявлено закономірність: сукупність публікацій за довільно заданою тематикою розподілена серед журналів неоднорідно. Третина релевантних статей сконцентрована у невеликій кількості видань, наступна третина розсіяна ширше, а для охоплення останньої третини треба опрацювати дуже велику кількість видань. С. Бредфорд виявив, кількості журналів по цих групах є пропорційними до $1 : n : n^2$ [15]. Саме закон Бредфорда лежить в основі селективної політики Web of Science [16] та Scopus [17] — двох найбільш авторитетних наукометричних сервісів у світі. Для включення журналу у список індексованих згаданими сервісами потрібно пройти цілу систему фільтрів, що включає кількісні, якісні та формальні показники. Зрештою, саме тому сам лише факт включення до цих переліків вже свідчить про відповідний рівень видання. До цього моменту первинно мали апелювати і українські нормативи стосовно вимог до наукових публікацій. При оцінюванні звіту про виконану роботу, захисті дисертації чи опрацюванні заявки на одержання гранту можна зіткнутися із таким показником, як кількість статей у виданнях, що включені до наукометричних баз. Звісно, без конкретного вказання назв цих сервісів вимога втрачає свій сенс, адже включення до багатьох наукометричних баз не передбачає проходження процедури оцінювання та відбору. Так, аргумент про «індексацію» в академічній пошуковій системі Google Scholar виглядає дивно, адже система власне спрямована на пошук наукових джерел інформації у мережі Інтернет, тому видимість видання з цієї точки зору є свідченням не його наукового рівня, а коректного представлення його веб-сторінки.

Незважаючи на те, що сучасна наукометрія в ділянці оцінювання наукової ефективності найчастіше опирається на дані про цитування, варто пам'ятати про те, що способи наукової комунікації не

припиняють змінюватися. Нині, коли активність в мережі Інтернет стає не менш важливою за активність у реальному світі, обмін інформацією знову стає більше персональним. Науковці спілкуються у власних соцмережах, зберігають закладки на вподобані статті онлайн, висловлюють свою думку про результати один одного засобами різноманітних месенджерів на кшталт Твіттера, тощо. Сама форма оприлюднення наукової інформації також змінюється: тепер публікація не є виключно єдиним способом поділитися результатами, адже існують банки хімічних формул або фрагментів коду, графічні та відеоархіви [18]. Вже зараз наукометрія активно досліджує так звані альтметрики — метрики, що базуються на альтернативних джерелах інформації про науковця, статтю чи журнал [19]. Для доповнення кількісного опису враховуються статистика онлайн завантажень публікацій, кількість згадувань у наукових блогах, та інші параметри [20]. Незважаючи на назву «альтметрики», що наводить на думку про альтернативу цитуванням, найчастіше їх пропонується оцінювати в якості доповнення до відомих методів. Адже якщо навіть наукові цитування насправді можуть відрізнитися за контекстом і тим самим нести дещо різне змістове навантаження, то велика сукупність різних нових показників однозначно може давати різнопланову характеристику: це і привабливість публікацій ще до їх прочитання, і популярність «модної» тематики, і цікавість до міждисциплінарних знахідок, тощо.

Повертаючись до основного завдання цієї статті, у наступних розділах показано приклад аналізу зовнішніх та внутрішніх даних, що описують наукове періодичне видання, на основі даних ЖФД. Так, обговорюються характеристики його цитованості, розраховані на основі даних Web of Science, а також демонструються способи опрацювання бібліометричних даних. Останні зручно представляти та аналізувати у вигляді мережі — об'єкта, прообразом якого є математичний граф. Маючи арсенал інструментів теорії складних мереж [21–25], можна ефективно досліджувати бібліометричні дані у найрізноманітніших інтерпретаціях: спрямовані мережі цитувань; зважені мережі співавторства; багатосортні мережі, що описують співцитування авторів різними статтями; мультиплексні мережі, де різні типи зв'язків між парою авторів позначатимуть, відповідно, спільні публікації, місця праці чи використані однакові тематичні індекси на зразок УДК чи PACS [8]. Крім того, для мереж невеликого розміру є можливість зручної візуалізації, що на інтуїтивному рівні представить тематичний спектр видання чи структуру його авторських колективів.

Мережа чи граф — це множина вузлів (вершин) та зв'язків (ребер), що їх поєднують. Топологією мереж можна описати різноманітні системи — природні та штучні [21–25]. У цій статті ми зосередимось на таких типах і характеристиках мереж, що використовуються для наукометричного аналізу публікацій. В залежності від поставлених завдань, вузлами мережі можуть бути як окремі публікації, так і автори, країни, міста, а зв'язки між ними означатимуть, скажімо, наявність спільного автора в публікації чи спільної публікації для авторів, країни, міста.

Основними характеристиками мереж із кількістю вузлів N та L зв'язками, які ми досліджуватимемо нижче, є такі:

- середня довжина найкоротшого шляху між двома вузлами (mean shortest path length):

$$\langle l \rangle = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i>j} l(i, j), \quad (1)$$

де $l(i, j)$ — довжина найкоротшого шляху між вузлами i та j . Тут і нижче підсумовування ведеться за i, j вузлами мережі;

- ступінь вузла — кількість приєднаних до нього зв'язків. В залежності від того, чи у мережі розрізняються напрямленості зв'язків, до уваги можуть братися лише ті, що входять або виходять з вузла. Можна знайти максимальний ступінь вузла мережі k_{\max} або ж усереднене значення за всіма вузлами $\langle k \rangle$:

$$\langle k \rangle = \sum_{k=1}^{k_{\max}} P(k)k. \quad (2)$$

Тут $P(k)$ — функція розподілу, що характеризує імовірність, з якою випадково вибраний вузол має ступінь k . Для широкого класу систем це функція із характерною степеневою поведінкою. Вузли із великим ступенем називають габами (hubs). Зазвичай саме вони відіграють найважливішу роль у системі;

- посередництво (betweenness centrality) — ще одна характеристика вузла, що може свідчити про його значущість у системі. Посередництво визначається кількістю найкоротших шляхів, що проходять через вузол і розраховується як відношення кількості найкоротших шляхів між всіма парами вузлів в мережі, що проходять через вузол m , до загальної кількості найкоротших

шляхів між вузлами:

$$\sigma(m) = \sum_{i \neq j} \frac{l(i, m, j)}{l(i, j)}. \quad (3)$$

- коефіцієнт кластерності C_i містить інформацію про те, скільки найближчих сусідів E_i конкретного вузла i із ступенем k_i є також пов'язаними між собою:

$$C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i - 1)}. \quad (4)$$

Ще однією важливою характеристикою мережі є наявність чи відсутність гігантської зв'язної компоненти — найбільшого за розміром окремого зв'язаного фрагмента мережі. Навіть при безмежно великому розмірі системи частка вузлів, що формують гігантську компоненту, залишається скінченною:

$$N_{GCC} = \frac{N - N_i}{N} \times 100\%, \quad (5)$$

N_i кількість ізолюваних вузлів.

4. Журналометричний аналіз

4.1. Аналіз співпраці авторів у рамках журналу

Одним із найперших об'єктів мережевого аналізу в наукометрії були мережі наукової співпраці, де вузли представляють окремих авторів, а зв'язок означає наявність у них спільної публікації [26]. На основі бази даних ЖФД, що містить бібліометричну інформацію про 962 статті, опубліковані протягом 1996–2016 років, ми будемо зважену мережу співавторства, див. Рис. 1. Вона містить 1344 вузли, поєднані 2386 зв'язками; товщина зв'язків між вузлами пропорційна до кількості спільних статей, написаних відповідними авторами. Еволюцію цієї мережі в часі можна прослідкувати за даними, представленими в Табл. 1 (останній рядок містить значення для всього періоду існування журналу). Значення середнього ступеня вузла свідчить про те, що кожен автор переважно співпрацює з 3–4 іншими, хоча найчастіше зустрічаються вузли зі ступенем 2. Відомо, що публікації, які містять в основному теоретичні результати в тому числі з фізики, типово мають невелику кількість співавторів на одну роботу. Це

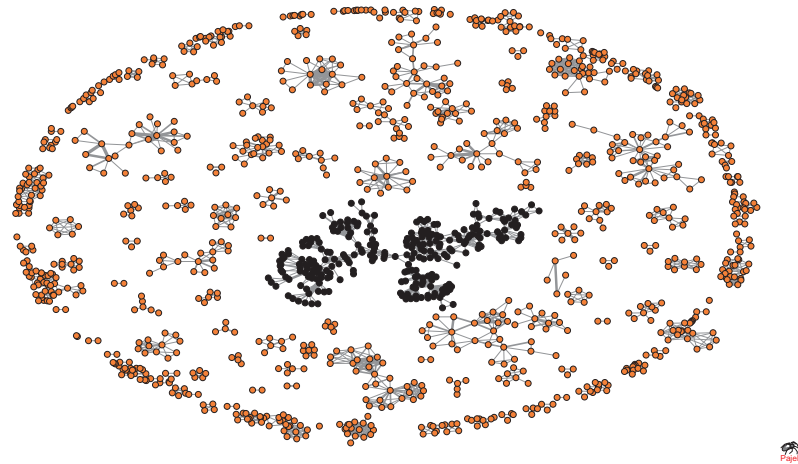


Рис. 1. Зважена мережа співавторства ЖФД на основі даних за 1996–2016 роки. Товщина зв'язку пропорційна до кількості спільних статей. Вузли, що становлять найбільшу зв'язну компоненту, зафарбовані чорним. Ця та наступні мережі побудовані за допомогою програми Pajek [28].

твердження підтримується і отриманими результатами: типово великі значення ступенів вузлів, а також той факт, що найчастіше зустрічаються статті двох співавторів, є багато одноосібних статей і менше 5% усіх робіт є результатом роботи авторських колективів з 5 чи більше осіб.

У першу п'ятірку найбільш продуктивних авторів ЖФД входять¹: R. R. Levitskii (загалом 24 статті), I. O. Vakarchuk (21), M. V. Vavruxh (19), M. V. Tkach (19) та I. V. Stasyuk (18). Важливі позиції в мережі з погляду кількості найкоротших шляхів, що проходять через відповідний вузол (тобто за величиною посередництва), займають: S. V. Melnychuk, Yu. P. Gnatenko, R. V. Gamernyk, I. M. Rarenko та V. M. Sklyarchuk. З найбільшою кількістю співавторів у межах видання працювали: L. A. Bulavin (ступінь вузла дорівнює 27), I. V. Stasyuk (20), V. Kapustianyk (19), R. R. Levitskii (19) та A. S. Voloshinovskii (18).

Діаметр мережі — найбільший із найкоротших шляхів між парою вузлів — рівний 16, а також середній найкоротший шлях між ними — 6.1, свідчать про невеликий лінійний розмір мережі. Як бачимо, для

¹Тут і далі імена авторів подаємо в транслітерації латинкою.

цієї мережі виконується відомий принцип «шести кроків розділення», що вперше був сформульований для соціальних мереж [27].

Побудована мережа є порівняно розрідженою: кількість зв'язків є невеликою у порівнянні з потенційно можливою. У кількісному вираженні це співвідношення називається густиною мережі і в даному випадку не перевищує значення 0.02. Крім того, вона є фрагментованою, складаючись із великої кількості зв'язних компонент. Ймовірно, через невеликий обсяг даних, структура мережі не є типовою, коли існує гігантська зв'язна компонента та кілька значно менших за розміром. У даному випадку (див. також Рис. 1) найбільший за розміром зв'язний фрагмент містить всього 18.6% вузлів, проте і це в кілька разів перевищує кількість, що входить до наступного за розміром — 2.7% (36 вузлів).

Розподіл ступенів вузлів повної мережі за весь період зображений на Рис. 2. Як видно з рисунку, загасання розподілу добре апроксимується степеневу залежністю. І хоч область значень k невелика, така залежність свідчить про появу поведінки, характерної для безмасштабних мереж.

Аналізувати мережу в динаміці можна по-різному, зважаючи на інтерпретацію її вузлів та зв'язків. Можна трактувати зв'язки та вузли як такі, що не мають терміну життя, тобто, з'явившись, залишаються в складі мережі. З іншого боку, у багатьох реальних мережах зв'язки можуть утрачати свою актуальність із часом. У мережі співавторства, залежно від завдання дослідження, лінк може означати опубліковану коли-небудь спільну статтю або ж таку, публікація якої

Табл. 1. Основні кількісні характеристики мережі співавторства, побудованої на основі даних про публікації в ЖФД за різні часові періоди. N : кількість вузлів; L : кількість зв'язків; $\langle k \rangle$, k_{\max} : середній та максимальний ступінь вузла відповідно; $\langle C \rangle$: усереднений коефіцієнт кластерності; $\langle l \rangle$, l_{\max} : середній та найдовший із найкоротших шляхів між парою вузлів; N_{GCC} : кількість вузлів у найбільшій зв'язній компоненті (в дужках вказано значення у процентах); N_i : кількість ізольованих вузлів.

Часовий період	N	L	k_{\max}	$\langle k \rangle$	$\langle C \rangle$	$\langle l \rangle$	l_{\max}	N_{GCC}	N_i
1996–2001	536	693	16	2.6	0.90	1.57	4	23(4.3%)	55
1996–2006	892	1443	19	3.24	0.87	2.9	10	72(8.1%)	65
1996–2011	1167	1956	23	3.35	0.87	5.6	14	207(17.7%)	84
1996–2016	1344	2386	27	3.55	0.86	6.1	16	250(18.6%)	90(6.7%)

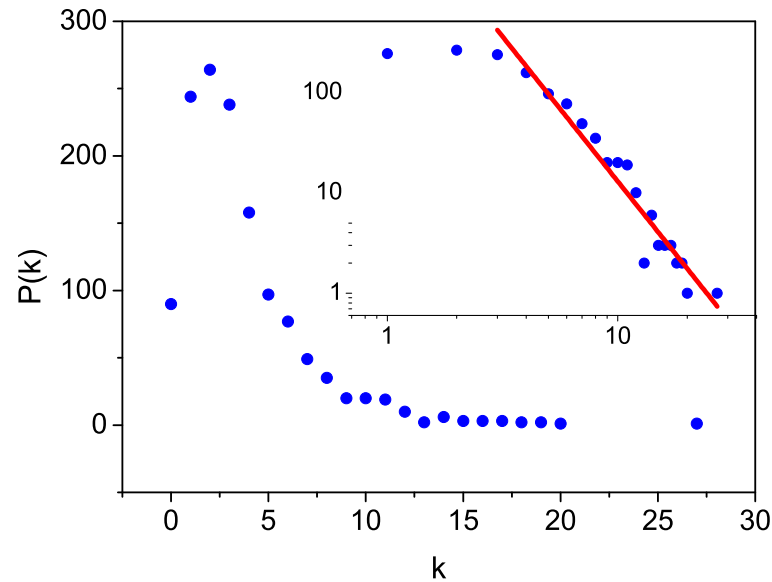


Рис. 2. Розподіл ступенів вузлів мережі співавторства ЖФД, побудованої на основі даних за 1996–2016 роки. Вставка містить цей самий графік у подвійному логарифмічному масштабі, а також пряму, що демонструє варіант лінійної апроксимації хвоста розподілу.

відбулась у певний проміжок часу. Якщо потрібно дослідити мережу за весь час існування видання, варто розглянути її розростання з часом, коли до уваги беруть усі дані. Тобто в цьому випадку аналізуємо свого роду кумулятивну динаміку. Якщо ж потрібно порівняти окремі періоди діяльності журналу, скажімо, щоб оцінити зміни в його роботі, то використовуємо методику плаваючого часового вікна. При цьому для кожного наступного проміжку часу мережу щоразу будуємо наново, нехтуючи даними, що виходять за межі заданого часового вікна.

Щоб простежити, як змінюється структура мережі з часом та побачити формування зв'язних компонент, досліджено кумулятивну динаміку побудованої мережі співавторства. Спочатку взяті до уваги дані за 1996–2001 роки, тоді за 1996–2006, за 1996–2011 і, нарешті, дані за 1996–2016, на основі яких будується, власне, кінцева версія мережі. Таким чином, можна спостерігати, як мережа змінюється через кожні приблизно 5 років. Деякі числові характеристики наведено у Табл. 1. Бачимо, що найбільша зв'язна компонента спочатку

була зовсім невеликою і містила всього близько 4% вузлів. Насправді по завершенні перших шести років діяльності журналу (у 2001) виразний найбільший зв'язний фрагмент не вирізняється, адже мережа є, по суті, набором менших та більших фрагментів. Деякі з них пізніше зіллються до купи та разом з деякими новими вузлами утворять компоненту, що буде виділятися своїм розміром. Незважаючи на те, що через наступні п'ять років (у 2006) найбільший зв'язний фрагмент є вдвічі більшим, структура мережі все ще має переважно однорідний вигляд. Проте вже у 2011 році вчергове вдвічі збільшена найбільша компонента зв'язності суттєво вирізняється з-поміж інших, а за наступні п'ять років так сильно більше не зростає.

Найбільшу зв'язну компоненту мережі співавторства можна інтерпретувати як основне ядро авторів видання, що включає тих, які публікували в ньому свої статті неодноразово та часто у складі різних авторських груп. З іншого боку, якщо тематика журналу досить широка — а саме таким є ЖФД — то можна припустити, що окрім найбільшої, існуватимуть інші нетривіальні зв'язні компоненти, які становитимуть собою окремі тематичні напрямки. Що вужча і специфічніша в такому разі тематика, то вірогідніше, що відповідні автори сформуують окремий мережевий фрагмент і не будуть приєднані до загальної найбільшої компоненти. З іншого боку, якщо є статистика за тривалий проміжок часу, завжди буде ймовірність виникнення з'єднувальної ланки у вигляді автора, що з часом змінив тематику або ж зацікавився міждисциплінарними проблемами.

Неоднорідність, характерна реальним складним мережам та мережам наукової співпраці зокрема, спостерігається й усередині найбільшої зв'язної компоненти. У цьому контексті йдеться не про ізольовані структурні одиниці, а про неоднорідність зв'язної структури. Існує чимало алгоритмів (досі немає одностайності щодо того, який є ефективнішим), що дають змогу виділити структуру спільнот — групи вузлів, що тісніше пов'язані між собою, аніж із рештою вузлів. Скажімо, Лувенський метод [29], один із популярних нині алгоритмів, виявляє структуру найбільшої компоненти зв'язності мережі співавторства ЖФД, показано на рис. 3.

Мережа співавторства покликана проілюструвати зв'язки співпраці, а вони часто виникають в межах спільної установи. Таким чином, природно, що багато компонент зв'язності, а також виділених у їх складі спільнот часто відповідають авторам з однієї установи. Наприклад, на Рис. 3 для довільно вибраної спільноти найбільшої компоненти вказано також мітки вузлів з іменами авторів. Так, можна перевірити, що ця спільнота відповідає групі науковців перева-

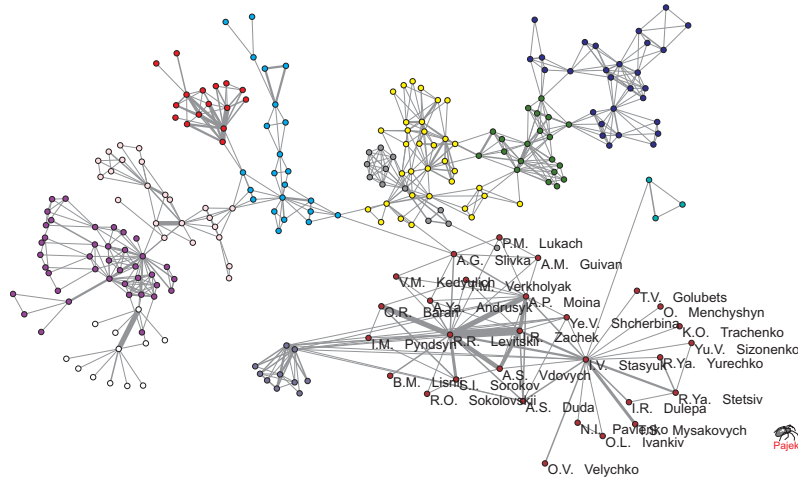


Рис. 3. (Онлайн-версія кольорова). Найбільша зв'язна компонента зваженої мережі співавторства ЖФД. Різними кольорами зображено вузли, що належать до різних спільнот, виявлених за Лувенським методом [29]. Щоб візуально не перевантажувати мережу, мітки вузлів з іменами авторів наведені лише для однієї, випадково обраної спільноти.

жно з Інституту фізики конденсованих систем НАН України. Також до найбільшої компоненти входять спільноти авторів з Львівського національного університету ім. І. Франка, Чернівецького державного університету ім. Ю. Федьковича, Київського національного університету ім. Т. Шевченка та багатьох інших. Оскільки все ж немає однозначної відповідності установа-спільнота (чи установа-компонента), то іноді групи авторів з різних установ, співпрацюючи між собою, належать до однієї структурної одиниці мережі. Наприклад, у одній авторській спільноті найбільшої зв'язної компоненти знаходимо авторів Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, Національного університету «Львівська політехніка» та Чернівецького національного університету або ж виділяється об'єднана група авторів з Львівського національного університету та Національного університету «Львівська політехніка», що включає також кількох авторів з інших установ. Крім того, важливу роль у формуванні зв'язних фрагментів мають наукові школи, коли керівник групи та/або науковий керівник відіграє ключову роль, по'єднуючи між собою численних учнів та колег. У такому випадку можна

побачити, що найбільш об'єднуючим чинником виступають спільні інтереси авторів та їх спільні задачі. Наприклад, друга за розміром зв'язна компонента містить авторів з багатьох установ — їх об'єднує скоріше спільна тематика, а важливу роль відіграла велика оглядова стаття, опублікована спільно 7-ма авторами [25]. Саме такі роботи часто слугують мостами, що поєднують різні фрагменти мережі, роблячи її цілісною. Поточна ж стаття таким чином поєднує між собою дві великі компоненти зв'язності, що станом на 2016 рік включно містили 36 та 24 вузли — тобто суттєво вплине на структуру мережі в цілому.

4.2. Аналіз співавторства в межах України

Серед публікацій ЖФД 123 (12.8% від усіх 962) були написані авторами-іноземцями, 81 (8.4%) робота з'явилася в результаті міжнародної співпраці, а безумовна більшість належить авторству українських вчених. У цьому розділі буде детальніше розглянуто географію українських авторів на рівні окремих населених пунктів (для спрощення будемо називати їх усіх містами), а також проаналізовано співавторство вітчизняних установ з точки зору їх поділу на вищі навчальні заклади та установи НАН України.

Мережа співавторства на рівні міст України будується так: вузли представляють міста, а зв'язок між ними виникає тоді, коли обидва міста фігурують в адресах указаних місць праці авторів однієї статті. Важливо зауважити, що в цьому випадку всі зв'язки співавторства з іноземними містами або установами не беруться до уваги, тобто як мережеві характеристики, так і наведена нижче статистика стосуються виключно українських авторів. На мапі України, рис. 4, схематично зображено побудовану мережу, що включає 29 міст України. Радіус круга для кожного міста залежить як $\ln(n + 1)$ від кількості n публікацій авторів із цього міста. Зображені зв'язки між містами є незваженими, тобто відображають лише сам факт співпраці між містами, а не її інтенсивність. Уже з рисунка можна зробити певні висновки. Передусім вузли з найбільшою кількістю публікацій мають і найбільший ступінь. Так, Двома яскравими «лідерами» за кількістю робіт є Львів (439 статей) та Київ (181) із ступенями 15 та 12 відповідно. Вузлі ж із найменшою кількістю публікацій є ізольованими (Слов'янськ, Сімферополь, Алчевськ, Кропивницький, Севастополь, Черкаси).

Основні кількісні характеристики побудованої мережі наведено у Табл. 2. Бачимо, що розмір гігантської зв'язної компоненти доволі значний — 23 (79.3%). Причому, як бачимо із Табл. 3, основа цієї

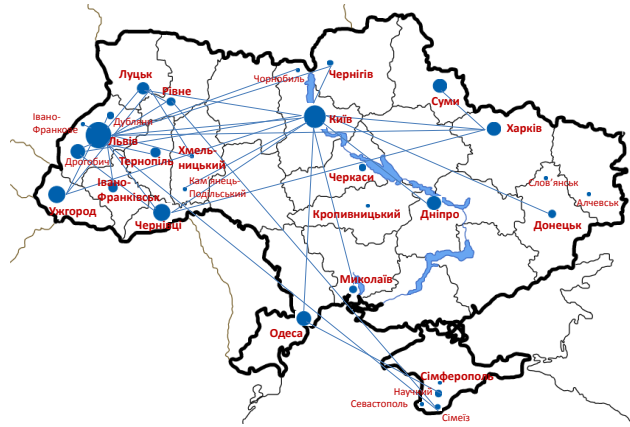


Рис. 4. (Онлайн-версія кольорова). Географія співавторства в ЖФД на рівні міст України, зображена за допомогою фрагмента незваженої мережі співавторства. Розмір вузла залежить як $\ln(n + 1)$ від кількості n публікацій, що стосуються певного міста.

компоненти сформувалась уже у перші роки.

Детальніша статистика публікаційної активності, що стосується окремих населених пунктів України, наведена в Табл. 3. ID в першій колонці таблиці — це порядковий номер, присвоєний 29 містам України; під номером 30 згруповано всіх іноземних авторів. У наступних трьох стовпцях наведено, відповідно, назву населеного пункту i , кількість робіт n_i , що належать до нього, та ступінь відповідного вузла в мережі k_i (ще раз підкреслимо, що в даному випадку не беремо до уваги співпраці з іноземцями). Символами «+» та «-» у наступному стовпці позначено наявність чи відсутність співпраці авторів цього міста з іноземцями. Останні дві колонки містять роки, коли назва населеного пункту вперше почала фігурувати в базі даних та коли згадувалася там востаннє.

Табл. 2. Основні кількісні характеристики мережі співавторства на рівні міст України, побудованої на основі даних про публікації в ЖФД. Використовуємо ті самі позначення, що в Табл. 1.

Параметр	N	L	k_{\max}	$\langle k \rangle$	$\langle C \rangle$	$\langle l \rangle$	l_{\max}	N_{GCC}	N_i
Значення	29	68	16	4.69	0.6	2.25	4	23(79.3%)	6

Табл. 3. Статистика спільних публікацій авторів з різних міст України, детальніші пояснення див. у тексті.

ID(i)	Назва населеного пункту i	Кількість публікацій, n_i	Ступінь, k_i	Лінк $i \leftrightarrow 30$	Рік появи	Рік зникнення
1	Львів	439	15	+	1996	2016
2	Ужгород	46	3	+	1996	2016
3	Дніпро	19	1	+	1996	2016
4	Дрогобич	27	3	+	1996	2016
5	Київ	181	12	+	1996	2016
6	Одеса	25	2	+	1996	2016
7	Чорнобиль	1	1	-	1997	1997
8	Донецьк	4	1	-	1997	2005
9	Рівне	5	3	-	1997	2016
10	Тернопіль	8	1	-	1997	2013
11	Чернівці	48	4	+	1997	2016
12	Суми	22	1	+	1997	2013
13	Харків	22	4	+	1997	2015
14	Чернігів	2	2	+	1998	2013
15	Луцьк	13	5	-	1998	2016
16	Івано-Франківськ	7	2	-	1998	2016
17	Хмельницький	1	1	+	2000	2000
18	Слов'янськ	1	0	-	2000	2000
19	Сімферополь	1	0	-	2000	2000
20	Кам'янець-Подільський	1	1	-	2002	2002
21	Алчевськ	1	0	-	2002	2002
22	Сімеїз	2	2	+	2002	2002
23	Наукове	3	1	+	2002	2013
24	Черкаси	3	0	-	2005	2007
25	Кропивницький	1	0	-	2007	2007
26	Дубляни	3	1	-	2008	2016
27	Севастополь	1	0	-	2010	2010
28	Івано-Франкове	1	1	-	2010	2010
29	Миколаїв (обласний центр)	4	1	+	2012	2016
30	Іноземні адреси	204	14	+	1997	2016

Рис. 5 відображає те, наскільки широкою була географія українських авторів щорічно та скільки найменувань населених пунктів вперше потрапили до бази даних. Цікаво дослідити, протягом якого періоду окремі міста з'являлися на карті співавторства ЖФД. За допомогою цієї статистики (див. останні дві колонки Табл. 3) можна виявити, які міста складають типову географію українських авторів видання, а які з'явилися на карті лише одноразово. Свого роду «тривалість життя» кожного міста в даному контексті показана на Рис. 6. По осі ординат відкладено порядковий номер міста від 1 до 29, а по осі абсцис — перший та останній рік згадування у статтях, проміжок між якими визначає кількість «років життя» міста. Перші

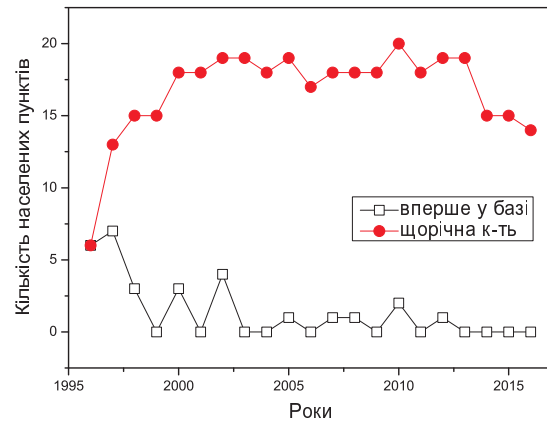


Рис. 5. (Онлайн-версія кольорова). Щорічна загальна кількість міст України, що фігурували у статтях журналу (круги), та кількість міст, що вперше ввійшли до бази даних (прямокутники).

шість міст (Львів, Ужгород, Дніпро, Дрогобич, Київ, Одеса) трапляються вже під час формування початкової бази статей у 1996 році та незмінно присутні аж до 2016 року включно. Доволі «довголітніми» виявились і міста, автори з яких уперше публікували роботи

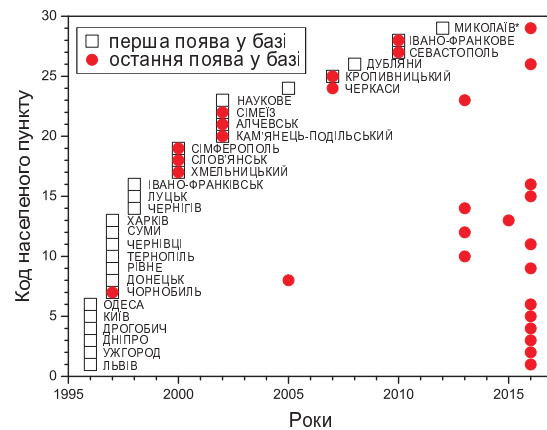


Рис. 6. (Онлайн версія кольорова). Статистика першої появи публікації із міста з кодом від 1 до 29 (прямокутники) та останньої публікації з цього міста (круги) з 1996 по 2016 рр. *обласний центр.

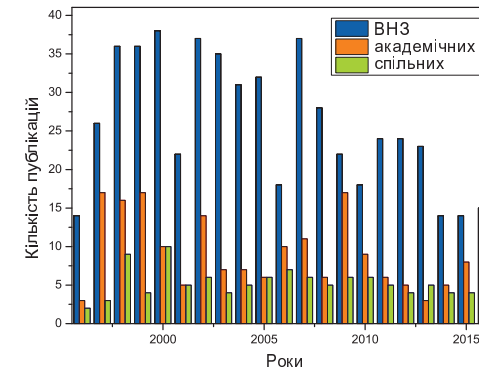


Рис. 7. (Онлайн версія кольорова). Діаграма кількості статей, які опублікували в період від 1996 до 2016 року науковці з ВНЗ МОН України, установ НАН України та спільних публікацій — сині, оранжеві та зелені стовпці, відповідно.

протягом наступних двох років. Виняток — Чорнобиль, оскільки в 1996 році була опублікована перша і єдина стаття авторів із цього міста. Також Донецьк із першою публікацією в 1997 році вже у 2006 залишив мережу (остання стаття з'явилась у 2005 році), зробивши, однак, внесок із 4 статей. Проте треба зазначити, що ці два міста мали спільні публікації зі Львовом та Києвом відповідно, тобто їм відповідають неізолювані вузли. Є низка міст, на які натрапляємо лише протягом одного року: Хмельницький, Слов'янськ та Сімферополь у 2000, Кам'янець-Подільський, Алчевськ та Сімєіз у 2002, Кропивницький у 2007 та Севастополь й смт Івано-Франкове в 2010. Варто зазначити, що із цієї статистики не помітно певних географічних кореляцій між часом першої та останньої публікації міста.

Статистику публікацій можна розглянути також на рівні співпраці між академічними установами та вищими навчальними закладами України, як це було зроблено, наприклад, для «Українського фізичного журналу» в [4]. На рис. 7 наведено кількість публікацій у ЖФД, які подали автори з ВНЗ, установ НАН України, а також спільних публікацій (знову ж таки, без іноземних партнерів) у період від 1996 до 2016. Легко бачити, що частка публікацій ВНЗ переважає в кожному році. Оскільки кількість публікацій у межах одного року не є стала, частка спільних статей теж змінюється, проте ніколи не зникає².

²Іноді факт співпраці фіксується за рахунок кількох афіліацій одного вченого.

4.3. Аналіз міжнародного співавторства

Для зручного представлення картини міжнародної співпраці у ЖФД будують мережу співавторства на рівні країн. У ній вузли позначають окремі країни, а зв'язок виникає тоді, коли дві із них зустрічаються серед переліку адрес авторів однієї статті. Таким чином кожна стаття враховується для країни тоді, коли серед співавторів є хоча б один її представник (кількість співавторів з однієї країни не береться до уваги в даному випадку). З іншого боку, якщо одному автору відповідає більше однієї країни, то це також інтерпретується як співпраця між ними та, відповідно, репрезентується у мережі зв'язком.

Побудована мережа (див. Рис. 8) містить 35 вузлів — отже, саме таку кількість країн представили собою автори статей, опублікованих за більше, ніж 20 років існування журналу. Природно, до найбільшої частки публікацій (838 статей) доклалися українські вчені. На наступних місцях за кількістю статей у ЖФД знаходяться Росія (45), Польща (44) та Болгарія (22). Останнє місце у перші п'ятірці розділяють Франція та Німеччина (по 19). На Рис. 8 кількості статей пропорційна величина вузла. Співпраця між країнами представлена 57 зв'язками — мережа є порівняно розрідженою, про що свідчить її густина. Ці та інші кількісні характеристики побудованої мережі наведені у Табл. 4. Побудована мережа є також зваженою, тобто кількість спільних робіт для пари країн відображена через вагу зв'язка. На Рис. 8 цьому своєрідному коефіцієнту інтенсивності співпраці відповідає товщина лінії.

Навіть візуальний огляд мережі співпраці країн, зображеної на Рис. 8, дає змогу зробити декілька висновків. По-перше, більшість країн утворюють єдину зв'язну компоненту, тоді як 10 — представлені ізольованими вузлами. Тобто майже третина країн зробила свій вклад, при цьому не долучаючись до міжнародної співпраці. Також видно, що Україна (і це природно) є одним із найбільших габів — тобто має безпосередні зв'язки із великою кількістю інших країн. Перша п'ятірка вузлів з найбільшим ступенем включає всі, згадані вище у контексті кількості статей, а саме: Україна (ступінь 19), Німеччина,

Табл. 4. Основні кількісні характеристики мережі співавторства на рівні країн. Використано ті самі позначення, що в Табл. 1.

Параметр	N	L	k_{\max}	$\langle k \rangle$	$\langle C \rangle$	$\langle l \rangle$	l_{\max}	N_{GCC}	N_i
Значення	35	57	19	3.26	0.58	2	4	25(71.4%)	10

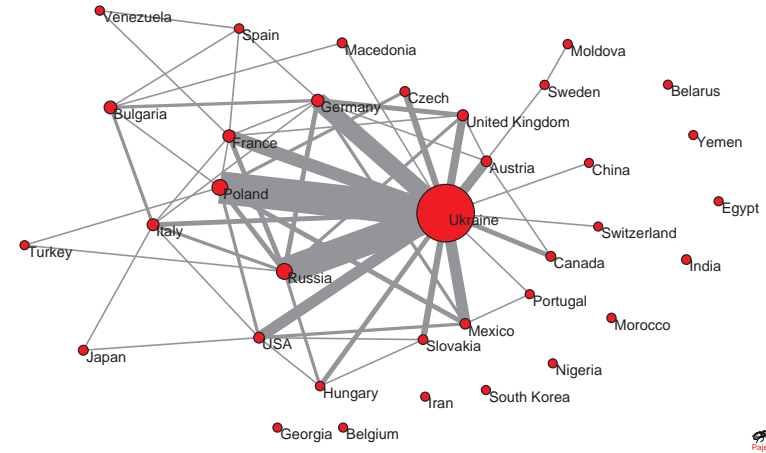


Рис. 8. Зважена мережа співавторства на рівні країн, побудована на основі даних про статті в ЖФД, опубліковані протягом 1996–2016 років. Розмір вузла пропорційний кількості статей, що можуть бути віднесені до кожної з країн. Товщина зв'язку пропорційна до кількості спільних статей.

Польща, Франція, Росія (по 8). Саме із «сусідами по п'ятірці» українці мають найбільше спільних публікацій: 20 із польськими вченими, 17 — з російськими, 11 — з німецькими та 8 — з французькими. Важливість України у мережі з точки зору її ролі як посередника між іншими країнами кількісно підтверджується значенням посередництва. Для України його значення є максимальним, а далі в порядку спадання виявляє значущість вузлів Швеції, Польщі, Франції, Італії, і т.д. Загалом мережа характеризується невеликим розміром: найдовший із найкоротших шляхів, що сполучає пару країн, вимірюється 4-ма кроками, а середня відстань є удвічі меншою.

На Рис. 9 показано зміну двох показників, що характеризують цю мережу. Перший пораховано із використанням плаваючого часового вікна і демонструє кількість країн, залучених до публікації статей у журналі протягом кожного конкретного року. Другий є інтегральною характеристикою і показує, скільки щороку в мережу додалося нових країн.

Зазвичай, наявність піків, які спостерігаємо на Рис. 9, пов'язана з випуском тематичних збірників. У нашому випадку такими були:

1998 рік: The First Winter Workshop on Cooperative Phenomena in Condensed Matter (Pamporovo, Bulgaria, 7–15 March 1998), том 2,

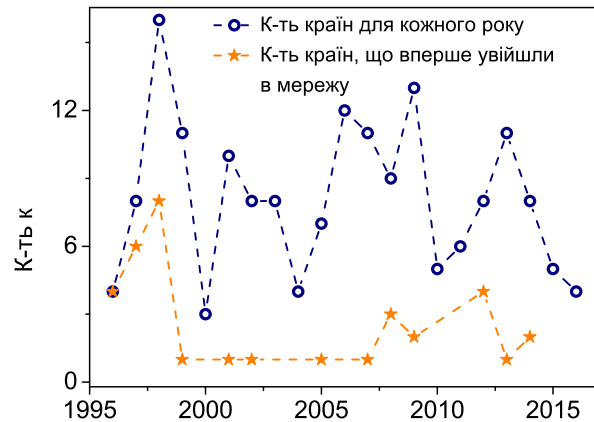


Рис. 9. Кількість різних країн, що фігурують серед адрес авторів публікацій ЖФД (кола), та кількість країн, що вперше увійшли в географію журналу (зірочки) протягом кожного року.

№2;

2001 рік: The Second International Pamporovo Workshop on Cooperative Phenomena in Condensed Matter (Pamporovo, Bulgaria, 28 July – 7 August 2001), том 5, №3/4;

2007 рік: Ювілейний випуск, том 11, №1 і №2;

2009 рік: Proceedings of the 3rd Conference on Statistical Physics (Lviv, Ukraine, 23–25 June 2009), том 5, №3/4.

З іншого боку, останній пік (2013 р.) є радше колективним ефектом, оскільки ніяких тематичних випусків у томі 17 не було.

Щоб дослідити, як мережа міжнародного співавторства ЖФД розвивалася та зростала з часом, використаємо кумулятивний підхід. Структура мережі станом на 2001, 2006, 2011 та 2016 роки сильно не змінювалася: найбільша зв'язна компонента сформувалася вже за перші 6 років існування журналу і пізніше лише помалу збільшувалася за рахунок приєднання нових або ж раніше ізольованих вузлів. Так, до її складу незмінно входять понад 70% усіх країн, що співпрацювали в журналі. Із поступовим збільшенням середнього ступеня вузла (від 2.5 до майже 3.3) лінійний розмір мережі залишається більш-менш сталим (довжина середнього шляху між парою вузлів коливається в околі 2).

Рис. 10 показує, яка частка публікацій видання належить виключно українським авторам, яку опублікували іноземці, а яка, власне,

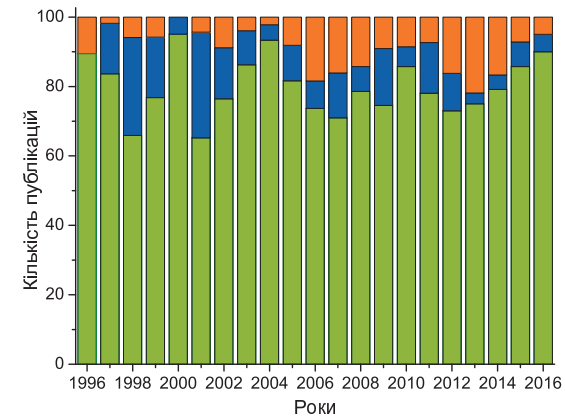


Рис. 10. (Онлайн-версія кольорова). Щорічна частка публікацій у ЖФД, що належать до однієї з трьох категорій: (i) у переліку адрес фігурує єдина країна – Україна (найнижча ділянка стовпчиків, позначена зеленим кольором); (ii) жодна адреса не належить до України (ділянка посередині, синім); (iii) серед указаних афіліацій є як Україна, так і хоча б одна інша країна (верх стовпців діаграми, оранжевим).

може свідчити про міжнародну співпрацю. До останньої категорії потрапляють і статті, опубліковані тими авторами з України, які вказали також і інші, закордонні, адреси. І хоча авторський колектив таких статей може включати лише українців, проте вважаємо, що факт міжнародної співпраці все одно наявний, адже вказання декількох адрес передбачає спільну роботу з відповідними установами (країнами).

4.4. Тематичний аналіз

Тематику журналу можна досліджувати різними методами, в залежності від поставленої задачі. Скажімо, у мережі співавторства можна шукати авторські групи, що працюють в одній ділянці. Це дає уявлення про структуру авторського колективу видання. Якщо поставити за мету погрупувати статті за тематичною спорідненістю, наприклад, для того, щоб зрозуміти наповненість тематичних рубрик журналу – це теж можна зробити на основі інформації про співавторство, але вже аналізуючи мережу статей, поєднаних спільними авторами. Проте, хоча зв'язки співавторства і базуються, в

основному, на спільних інтересах, вони не дають явної інформації про їх зміст. Довідатися безпосередньо про те, до якої ж тематики відноситься та чи інша публікація, допомагають присвоєні авторами ключові слова та тематичні індекси типу УДК чи PACS. Такі дані можуть використовуватися для побудови мереж іншого виду, коли у ролі вузлів виступають статті, а лінк означає, що у двох статтях був використаний один і той же тематичний індекс чи ключове слово. Звичайно, мережу можна представити і на рівні авторів, проте тоді як тематика окремої публікації є однозначною та незмінною, то вчений може працювати паралельно у різних ділянках та змінювати їх з часом. Тобто статичне групування авторів за тематикою часто не має змісту, тоді як структура пов'язаних між собою статей допомагає розкрити тематичний спектр журналу. Для того ж, щоб побачити, як окремі тематичні напрямки поєднуються між собою у виданні, зручно також розглянути й іншу проекцію згаданої мережі, коли у ролі вузлів виступають, власне, ключові слова або тематичні індекси, а зв'язки між ними означаються через спільні публікації. Саме цей тип мережі використаний далі для аналізу.

Тематика ЖФД охоплює різні галузі фізики. Відповідно, передбачено десять рубрик — тобто тематичних розділів, по яких групуються всі публікації. Їх належність до рубрики визначається першою цифрою першого з номерів PACS, присвоєних авторами. У Табл. 5 показано, як статті розподілені між різними розділами.

Попри те, що з метою віднесення статей до рубрик журналу до уваги береться лише перший із вказаних номерів PACS, цілісну інформацію про тематику роботи несе повний їх перелік. Вказуючи кілька різних індексів, автори підкреслюють міждисциплінарний характер статті, поєднання різних об'єктів та методів їх вивчення, багатаспектність роботи, тощо. Мережа номерів PACS, поєднаних лінками через спільні статті, показує, які напрями досліджуються у одній зв'язці. Із Рис. 11 видно, що за найбільш загальною класифікацією тематичні напрями досить сильно пов'язані одні з одними. Складається враження, що так чи інакше усі тематичні напрями є взаємопов'язаними. Насправді, хоча й густина даної мережі є рівною 0.84 і свідчить про мережу високої щільності, все ж вона менша за одиницю, а отож, зв'язки між деякими тематиками відсутні для даного журналу. Лише три із дев'яти розділів виявилися універсальними в сенсі опублікованих спільних досліджень з усіма іншими: 0 (Загальні проблеми фізики), 4 (Електромагнетизм, оптика, акустика, теплопередача, класична механіка і динаміка плиннів) та 7 (Конденсовані системи електронна структура, електричні, магні-

Табл. 5. Розподіл кількості статей ЖФД серед тематичних розділів).

Перша цифра номера PACS та відповідний тематичний розділ	К-ть статей у розділі
0 General Загальні проблеми фізики	233 (24.2%)
1 The Physics of Elementary Particles and Fields Фізика елементарних частинок і полів	15 (1.6%)
2 Nuclear Physics Ядерна фізика	30 (3.1%)
3 Atomic and Molecular Physics Атомна і молекулярна фізика	27 (2.8%)
4 Electromagnetism, Optics, Acoustics, Heat Transfer, Classical Mechanics, and Fluid Dynamics Електромагнетизм, оптика, акустика, теплопередача, класична механіка і динаміка плиннів	33 (3.4%)
5 Physics of Gases, Plasmas, and Electric Discharges Фізика газу, плазми й електричних розрядів	19 (2%)
6 Condensed Matter Structural, Mechanical and Thermal Properties Конденсовані системи структура, механічні та теплові властивості	151 (15.7%)
7 Condensed Matter Electronic Structure, Electrical, Magnetic, and Optical Properties Конденсовані системи електронна структура, електричні, магнітні та оптичні властивості	305 (31.7%)
8 Interdisciplinary Physics and Related Areas of Science and Technology Міжгалузєва фізика й пов'язані з нею ділянки науки та технології	33 (3.4%)
9 Geophysics, Astronomy, and Astrophysics Геофізика, астрономія й астрофізика	115 (12%)

тні та оптичні властивості). З іншого боку, ступінь 6 для розділів 1 (Фізика елементарних частинок і полів) та 5 (Фізика газу, плазми й електричних розрядів) показує, що вони не пов'язані спільними публікаціями із третиною інших розділів.

Номери PACS, як і класифікаційні індекси УДК, мають ієрархічну будову: кожен наступний елемент дещо уточнює тематику. Отже, залежно від того, яку частину вказаних номерів враховано, можна досліджувати тематичний спектр публікацій на різних рівнях деталізації. Найчастіше у статтях ЖФД використовують номери PACS, що складаються із трьох частин, розділених крапками. Як уже пояснено вище, перша цифра визначає належність до одного з 10 найзагальніших напрямів фізики. Дві цифри до першої крапки та дві наступні до другої, відповідно, визначають підрозділ та вузький напрям у його межах. Буквені позначення після другої крапки конкретизують тематику статті.

Якщо найзагальніша класифікація групує статті в ЖФД на 10 розділів, то врахування все більшої частини номерів PACS дає все

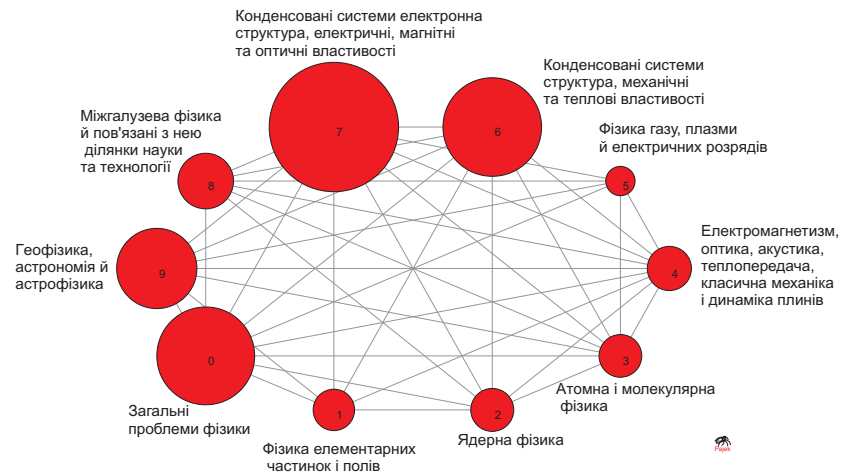


Рис. 11. Мережа співавторства на рівні тематичних індексів PACS (враховуючи лише першу цифру) ЖФД на основі даних за 1996–2016 роки.

більше вузлів до мережі: 66 (частина індексу до першої крапки), 402 (до другої крапки) та 1046 (повний номер PACS). Таким чином, потрібно спочатку розв'язати компромісну проблему деталізації дослідження. Уже з урахування перших двох цифр номера видно, що в журналі обговорюється практично весь тематичний спектр фізики.³ У Табл. 6 наведено перші п'ятірки індексів (їхніх частин), що були присвоєні найбільшій кількості публікацій у цьому виданні.

Ще одна мережа номерів PACS, спільно використаних у статтях ЖФД, побудована із врахуванням їх значення до другої крапки. Як згадано вище, вона містить 402 вузли, поєднаних 1256 зв'язками, та є досить розрідженою (густина зв'язків дорівнює лише 0.016). Проте більшість тематичних індексів виявляються взаємопов'язаними, оскільки належать до найбільшої зв'язної компоненти. Остання налічує 368 вузли (більше 91.5%). Решту вузлів входять до кількох малих груп (до 4 вузлів) або не мають зв'язків з іншими (22 ізольовані вузли). П'ять номерів (до другої крапки), перелічені у Табл. 6, належать одночасно і до вузлів із найвищими ступенями, а також найбільшими значеннями посередництва. Ще однією характеристи-

³За винятком трьох підрозділів: 26. Ядерна астрофізика; 37. Механічний контроль атомів, молекул та йонів; 88. Відновлювальні джерела енергії та їх застосування.

Табл. 6. Перші п'ятірки тематичних індексів PACS (врахованих повністю чи частково) за частотою їх згадування у статтях.

Перша цифра
7 Конденсовані системи електронна структура, електричні, магнітні та оптичні властивості
6 Конденсовані системи структура, механічні та теплові властивості
0 Загальні проблеми фізики
9 Геофізика, астрономія й астрофізика
8 Міжгалузєва фізика й пов'язані з нею ділянки науки та технології
До першої крапки
05 Статфізика, термодинаміка, нелінійні динамічні системи
78 Оптичні властивості, спектроскопія конденсованої речовини та інші взаємодії радіації та частинок із нею
61 Структура твердих тіл та рідин, кристалографія
71 Електронна структура об'ємних матеріалів
03 Квантова механіка, теорії поля, спеціальна теорія відносності
До другої крапки
03.65 Квантова механіка
64.60 Загальні дослідження фазових переходів
05.70 Термодинаміка
78.20 Оптичні властивості об'ємних матеріалів та тонких плівок
78.55 Фотоліомінесценція, властивості та матеріали
Номер PACS повністю
05.70.Jk Явище критичної точки
05.70.Fh Фазові переходи: загальні дослідження
77.80.Bh Фазові переходи та точка Кюрі
64.60.Cn Перетворення типу лад-безлад
03.65.Ge Розв'язки хвильових рівнянь: зв'язані стани

кою журналу, яку дає змогу побачити власне мережа і яка показує частоту спільного використання тематичних індексів — вага зв'язку між парою вузлів. Для того, щоб виключити із розгляду рідкісні комбінації тематичних індексів, що присвоювалися статтям ЖФД, можна задати мінімальне значення ваги лінки, яке буде враховуватись для побудови мережі. Скажімо, якщо два номери PACS пов'язувати лише у випадку, коли їх не менше трьох разів присвоювали одній статті, отримаємо мережу із тим самим набором вузлів, проте кількість зв'язків зменшиться більше, ніж у 5 разів (їх залишиться 238). Трикратне спільне використання вже досить переконливо свідчить про існування точки дотику між тематичними напрямками. У такій мережі більшість вузлів (майже 59%) є ізольованими, ще 12 зв'язані попарно, а решту входять до складу п'яти компонент. Найбільша містить 119 вузлів (наступна за розміром — 23), див. Рис. 12. Зауважимо, що всупереч первинному очікуванню побачити, що PACS групуються більше за першими двома цифрами — вони часто зв'язані з номерами інших розділів. Припускаємо, що таким чином відображено типові зв'язки між об'єктами та методами їх дослідження.

5. Аналіз цитувань

Невід'ємним елементом наукометричного дослідження журналу є також аналіз зовнішніх цитувань опублікованих у ньому статей. У цьому розділі ми використовуємо дані двох наукометричних баз,

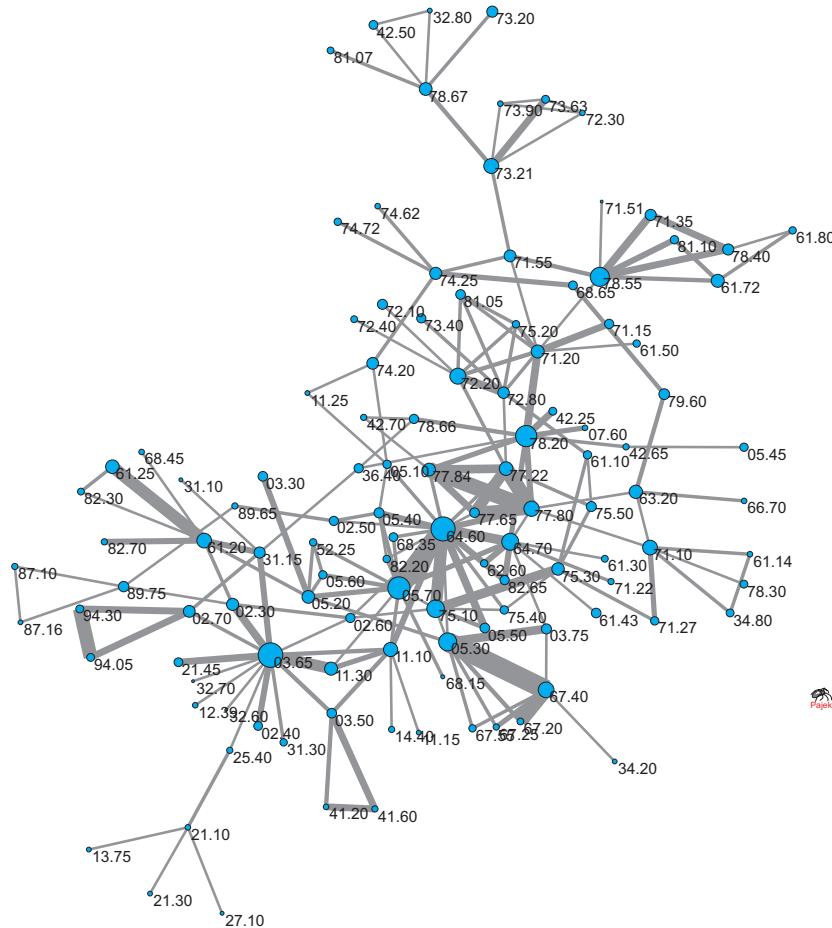


Рис. 12. Найбільша зв'язна компонента зваженої мережі тематичних номерів PACS (беремо до уваги частину індексу до другої крапки), спільно використаних у статтях ЖФД. Ураховано лише зв'язки вагою не менше 3. Розміри вузлів пропорційні кількості статей, у яких згадано відповідний номер.

Web of Science та Scopus, а для їх опису буде застосовано кілька теоретичних моделей, які коротко охарактеризуємо нижче.

Дані про розподіл кількості статей A_n за кількістю цитувань n можна моделювати за допомогою як дискретних, так і неперервних розподілів. У першому випадку кількість цитувань, що визначається моделлю, дорівнює Np_n , де N — обсяг вибірки (у базі Web of Science натрапляємо на $N = 513$ статей ЖФД, процитованих хоча б один раз), а p_n — функція розподілу, нормована умовою

$$\sum_n p_n = 1. \quad (6)$$

Точність моделі при цьому прийнято визначати за допомогою коефіцієнта детермінації R^2 [30]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_n (A_n - Np_n)^2}{\sum_n (A_n - \langle A_n \rangle)^2}, \quad (7)$$

де $\langle A_n \rangle$ — середнє арифметичне спостережуваних A_n . Загалом, точність вважається тим вищою, що ближчим R^2 є до одиниці.

Найточніше описують дані Web of Science такі дискретні розподіли:

- розподіл Варінга (Waring distribution) [31]:

$$p_n(\nu, b) = \frac{B(\nu + n - 1, b + 1)}{B(\nu, b)}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (8)$$

$$\nu = 1.15860, \quad b = 1.75494, \quad R^2 = 0.9988;$$

- розподіл Юла (Yule distribution) [31]:

$$p_n(b) = bB(b + 1, n), \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (9)$$

$$b = 1.43036, \quad R^2 = 0.9981;$$

- дзета-розподіл або розподіл Зіпфа (Zipf distribution) [31]:

$$p_n(a) = \frac{n^{-a}}{\zeta(a)}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (10)$$

$$a = 2.01659, \quad R^2 = 0.9962.$$

У наведених вище формулах $B(x, y)$ позначає бета-функцію Ейлера, а $\zeta(a)$ — дзета-функцію Рімана.

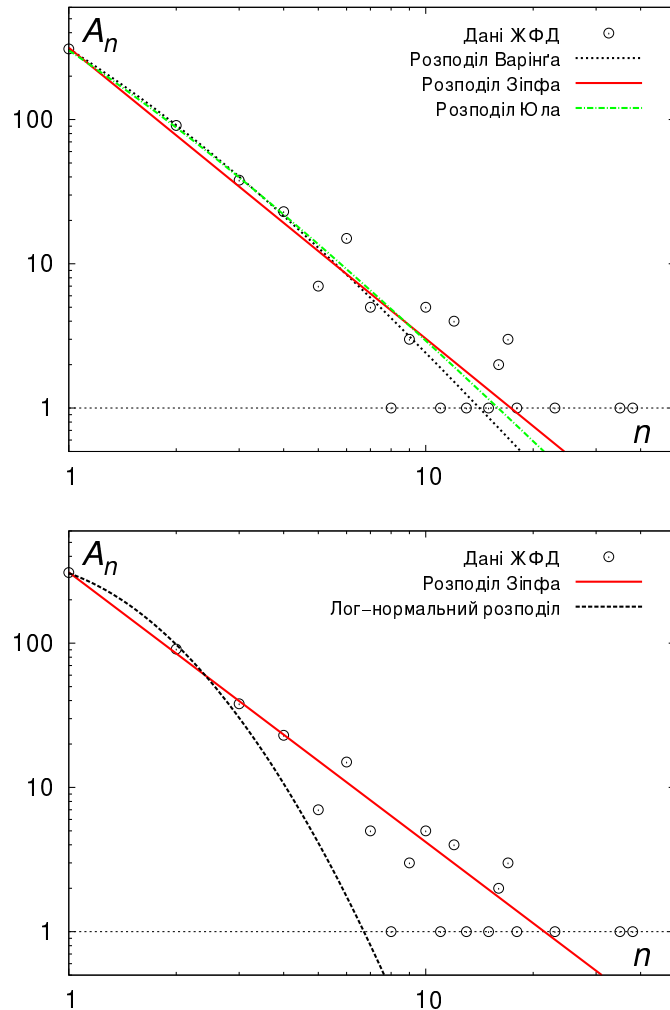


Рис. 13. Кількість статей A_n ЖФД у базі даних Web of Science, процитованих n разів. Угорі — дискретні розподіли, внизу — неперервні розподіли. Дані відповідають результатам пошукового запиту в режимі “Cited reference search” 19 травня 2017 року.

Розподіли Варінга і Юла асимптотично спадають швидше, ніж дзета-розподіл (n^{-b-1} в обох випадках, тобто показник близький до 3, порівняно з n^{-a} , де показник близький до 2).

Із неперервних моделей перевірено звичайну степеневу залежність (без нормування, що за функціональною формою збігається з обговореним нижче законом Зіпфа)

$$A_n(C, \alpha) = \frac{C}{n^\alpha}, \quad (11)$$

$$C = 310 \pm 3, \quad \alpha = 1.87 \pm 0.04$$

та лог-нормальний розподіл

$$A_n(\mu, \sigma) = \frac{N}{n\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln n - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (12)$$

$$\mu = 0.06 \pm 0.03, \quad \sigma = 0.67 \pm 0.01,$$

який часто використовують в аналізі розподілу цитувань [32–34].

Порівняння описаних моделей зі спостережуваною кількістю цитувань наведено на Рис. 13. Як бачимо, усі розглянуті розподіли, за винятком лог-нормального, добре описують дані. Останній же розподіл коректно працює в ділянці малоцитованих статей і в нашому випадку дає занижені оцінки при $n > 5$.

Маючи інформацію про цитування кожної статті, можна отримати так звану рангово-частотну залежність: стаття з найбільшою кількістю (частотою) цитувань має ранг 1, наступна за кількістю — ранг 2 і так далі. Зрозуміло, що з певною кількістю цитувань може бути кілька статей — їм присвоюють послідовні ранги, впорядковуючи за якимось принципом: наприклад, в алфавітному порядку за першим автором, за роком (томом) видання тощо. У результаті на рангово-частотних залежностях з’являються характерні плато, особливо в ділянці високих рангів і, відповідно, малої кількості цитувань.

Як уже згадано вище, у базі Web of Science є дані про цитування 513 статей ЖФД з 962, опублікованих протягом 1996–2016 рр. Перші три найбільш цитовані праці мають 38 (стаття [35]), 35 (стаття [36]) і 23 (стаття [37]) цитування відповідно. Серед статей, опублікованих у ЖФД українською мовою, найбільше зовнішніх цитувань (13) має стаття [38]. Зауважимо також, що деякі зі статей ЖФД увійшли до переліку високоцитованих оглядових публікацій. Так, у статті в спеціальному випуску “Reviews of Modern Physics”, присвяченому 100-річчю Американського фізичного товариства, Майкл Фішер [39] згадує одну зі статей ЖФД [40], відзначаючи її важливість.

Добре відомим є закон Зіпфа [41], який із лінгвістичних досліджень, де його застосовують до опису рангово-частотних залежно-

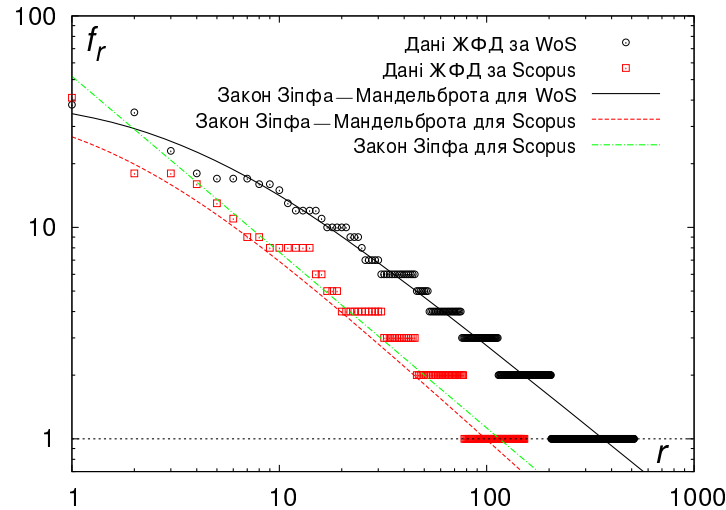


Рис. 14. Рангово-частотний розподіл цитувань статей ЖФД у базах даних Web of Science та Scopus. Кількість цитувань у WoS відповідає результатам пошукового запиту в режимі “Cited reference search” 19 травня 2017 року. Дані Scopus одержані станом на 30 травня 2017 року.

стей слів у тексті [42–45], поступово поширився на інші ділянки науки, пов’язані з вивченням складних систем [46–51]. У найпростішому випадку він стверджує, що частота обернено пропорційна до рангу,

$$f_r \sim \frac{1}{r}. \quad (13)$$

Однак таке просте формулювання зазнало низки модифікацій унаслідок розширення сфери застосування рангово-частотного аналізу. Однією з модифікацій є так званий закон Зіпфа–Мандельброта [52]

$$f_r = \frac{A}{(k+r)^\gamma}, \quad (14)$$

який найліпше описує отримані дані Web of Science (див. Рис. 14) за таких значень параметрів:

$$A = 91 \pm 3, \quad \gamma = 0.755 \pm 0.008, \quad k = 2.24 \pm 0.13. \quad (15)$$

Також перевірено дискретну модель, що відповідає цьому розподілу. Вона визначається такою нормованою на кількість цитувань

$N_{\text{cit}} = 1226$ функцією

$$f_r = \frac{N_{\text{cit}}}{\sum_j (q+j)^{-\eta}} \cdot \frac{1}{(q+r)^\eta}. \quad (16)$$

Значення параметрів цієї моделі:

$$\eta = 0.800, \quad q = 3.391, \quad R^2 = 0.979. \quad (17)$$

Для порівняння також наведемо результати, що відповідають базі даних Scopus, у якій «Журнал фізичних досліджень» індексується від 2004 року. Зважаючи на менше часове охоплення, тут буде меншим обсяг вибірки (загальна кількість цитувань $N_{\text{cit}} = 439$):

$$\eta = 0.893, \quad q = 1.523, \quad R^2 = 0.952. \quad (18)$$

Цікаво, що для цих даних добре підходить розподіл Зіпфа

$$f_r = \frac{N_{\text{cit}}}{\sum_j j^{-z}} \cdot \frac{1}{r^z} \quad (19)$$

з показником $z = 0.831$ і $R^2 = 0.926$. Звернімо увагу на те, що в цьому випадку не можна використовувати дзета-функцію, як у формулі (10), оскільки її аргумент буде меншим за одиницю.

6. Висновки

Працюючи над цією статтею, автори ставили декілька завдань. Перше — очевидне. Кількісне дослідження публікацій журналу за певний період часу (для проведеного тут аналізу публікацій ЖФД це — 20 років) потрібне як для оцінювання ролі журналу в цілому, так і для вироблення редакційної політики на майбутнє. Щобільше, наведені в розділах 3 і 4 нашої роботи дані, сподіваємося, будуть корисними і для розуміння загальної картини розвитку науки в Україні.

Ще одним нашим завданням було ознайомити читачів-фізиків (а саме вони становлять більшість аудиторії ЖФД) із наукометрією — ділянкою знань, що активно розвивається й дискутується. Використання цієї науки часто зводиться до обчислення «наукометричних індексів» і не супроводжується глибоким ознайомленням з її принципами. Саме тому ми вирішили в розділі 3 нашої статті дати короткий історичний огляд становлення цієї ділянки знань. Внесок фізиків у розвиток наукометрії зокрема і в розвиток міждисциплінарних досліджень складних систем узагалі важко переоцінити [53], і ми думаємо, що останнє слово ще аж ніяк не сказане.

Насамкінець, ще одним нашим завданням було ознайомити зацікавленого читача з деякими методами, що використовують для кількісного аналізу журнальних публікацій. Цьому присвячена частина розділу 4 (теорія графів, теорія складних мереж) та розділ 5 (дискретні й неперервні статистичні розподіли).

7. Подяки

Робота виконана за підтримки ДФФД України, проект № 76/105-2017 «Концепція складних мереж у задачах квантової фізики та космології», номер держреєстрації 0117U003869 (Ю. Г. та М. К.); МОН України, тема ФФ-30Ф, номер держреєстрації 0116U001539 (А. Р.); ВД «Академперіодика» НАН України, тема «Формування та розвиток електронних ресурсів для ефективного представлення видавничої продукції НАН України»; МОН України, проект «Систематизація фахових журналів вищої школи на основі наукометричних досліджень: розробка стратегії і рекомендацій щодо їхнього функціонування та оптимізації» (О. М.). Автори вдячні Олені Кіктевіч за допомогу в доборі даних для аналізу.

Література

1. F. Biljecki, *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **30**, 1302 (2016).
2. M. Jabeen, L. Yun, M. Rafiq, M. Jabeen, M. A. Tahir, *Int. Inf. Lib. Rev.* **47**, 71 (2015).
3. D.B. Arkhipov, *Scientometrics* **46**, 51 (1999).
4. Kh. V. Gutsulyak, V.S. Manzhara, *Ukr. J. Phys.* **52**, 99 (2007).
5. O. Mryglod, Yu. Holovatch, *Condens. Matter Phys.* **10**, 129 (2007).
6. A. Mooghali, R. Alijani, N. Karami, A. Khasseh, *Int. J. Inf. Sci. Manag.* **9**, 19 (2011).
7. R. Chen, H. Liu, *J. Quant. Ling.* **21**, 299 (2014).
8. <https://publishing.aip.org/publishing/pacs/pacs-2010-regular-edition>
9. Cumulative author index of volumes 1–20, *J. Phys. Stud.* **20**, 5999 (2016).
10. D.J. Price de Solla, *Little Science, Big Science* (Columbia UP, New York, 1963).
11. N. de Bellis, *Bibliometrics and Citation Analysis: From the Science Citation Index to Cybermetrics* (Scarecrow Press, 2009).
12. М.А. Акоев, В.А. Маркусова, О.В. Москалева, В.В. Писляков,

Руководство по наукометрии: индикаторы развития науки и технологии (ИПЦ УрФУ, Екатеринбург, 2014).

13. E. Garfield, *Science* **122**, 108 (1955). Available at: http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/science_v122v3159p108y1955.html; reprinted *Int. J. Epidemiol.* **35**, 1123 (2006).
14. E. Garfield, *Collnet J. Scientometrics Inf. Manag.* **6**, 1-6 (2012).
15. E. Garfield, *Current Contents* **19**, 5 (1980).
16. *The Web of Science Journal Selection Process*. На офіційній веб-сторінці сервісу Clarivate Analytics: <http://wokinfo.com/essays/journal-selection-process/>.
17. *Content Policy and Selection*. На офіційній веб-сторінці Elsevier: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/content/content-policy-and-selection>.
18. M. Nielsen. *The Future of Science*. Michael Nielsen blog. July 17, 2008. <http://michaelnielsen.org/blog/the-future-of-science-2/>.
19. P. Sud, M. Thelwall, *Scientometrics*, **98**, 1131 (2014).
20. O. Mryglod, R. Kenna, Yu. Holovatch, *Europhys. Lett.* **108**, 5001 (2014).
21. R. Albert, A.-L. Barabási, *Rev. Mod. Phys.* **74**, 47 (2002).
22. S.N. Dorogovtsev, J.F.F. Mendes, *Evolution of Networks: From Biological Networks to the Internet and WWW* (Oxford, Oxford University Press, 2003).
23. A. Barrat, M. Barthelemy, A. Vespignani, *Dynamical Processes on Complex Networks* (Cambridge, Cambridge University Press, 2008).
24. M. Newman, *Networks: An Introduction* (Oxford, Oxford University Press, 2010).
25. Yu. Holovatch *et al.*, *J. Phys. Stud.* **10**, 247 (2006).
26. M. E. J. Newman, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **98**, 404 (2001).
27. M. Stanley, *The Small World Problem* (Psychology Today, Ziff-Davis Publishing Company, May 1967).
28. Vlado, A. Pajek: Program for large network analysis. <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>. Перевірено доступність 1 липня 2017 р.
29. V.D. Blondel, J.-L. Guillaume, R. Lambiotte, E. Lefebvre, *J. Stat. Mech. Theor. Exp.* **10**, 10008 (2008).
30. J. Mačutek, G. Wimmer, *J. Quant. Ling.* **20**, 227 (2013).
31. G. Wimmer, G. Altmann, *Thesaurus of Univariate Discrete Probability Distributions* (Essen, Stamm, 1999).
32. S. Redner, *Phys. Today* **58**, 49 (2005).

33. M. Thelwall, *J. Informetrics* **10**, 336 (2016).
34. A. Chatterjee, A. Ghosh, B. K. Chakrabarti, *PLoS ONE* **11**, e0146762 (2016).
35. R.A. Konoplya, *J. Phys. Stud.* **8**, 93 (2004).
36. R. Durrer, *J. Phys. Stud.* **5**, 177 (2001).
37. O. Pizio, S. Sokolowski, *J. Phys. Stud.* **2**, 296 (1998).
38. V.M. Tkachuk, *J. Phys. Stud.* **11** 41 (2007).
39. M.E. Fisher, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 653 (1998).
40. C. Bagnuls, C. Bervillier, *J. Phys. Stud.* **1**, 366 (1997).
41. G.K. Zipf, *Human Behavior and the Principle of Least Effort* (Cambridge, MA: Addison-Wesley, 1949).
42. S.N. Buk, A.A. Rovenchak, *J. Quant. Ling.* **11**, 161 (2004).
43. Yu. Holovatch, V. Palchykov, *J. Phys. Stud.* **11**, 22 (2007).
44. A.N. Vasilev, A.V. Chalyi, I.V. Vasileva, *J. Phys. Stud.* **17**, 1001 (2013).
45. I. Moreno-Sánchez, F. Font-Clos, Á. Corral, *PLoS ONE* **11**, e0147073 (2016).
46. O. Ogasawara, Sh. Kawamoto, K. Okubo, *C. R. Biol.* **326** 1097 (2003).
47. D.H. Zanette, *Musicae Scientiae* **10**, 3 (2006).
48. A. Ghosh, A. Chatterjee, A.S. Chakrabarti, B.K. Chakrabarti, *Phys. Rev. E* **90**, 042815 (2014).
49. B. Jiang, Ju. Yin, Q. Liu, *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **29**, 498 (2015).
50. Sh. Aoki, M. Nirei, *Am. Econ. J. Macroecon.* **9**, 36 (2017).
51. Yu. Holovatch, R. Kenna, S. Thurner, *Eur. J. Phys.* **38** 023002 (2017).
52. M.A. Montemurro, *Physica A* **300**, 567 (2001).
53. R. Sinatra, P. Deville, M. Szell, D. Wang, A.-L. Barabási, *Nature Phys.* **11**, 791 (2015).

CONDENSED MATTER PHYSICS

The journal **Condensed Matter Physics** is founded in 1993 and published by Institute for Condensed Matter Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine.

AIMS AND SCOPE: The journal **Condensed Matter Physics** contains research and review articles in the field of statistical mechanics and condensed matter theory. The main attention is paid to physics of solid, liquid and amorphous systems, phase equilibria and phase transitions, thermal, structural, electric, magnetic and optical properties of condensed matter. *Condensed Matter Physics* is published quarterly.

ABSTRACTED/INDEXED IN: Chemical Abstract Service, Current Contents/Physical, Chemical&Earth Sciences; ISI Science Citation Index-Expanded, ISI Alerting Services; INSPEC; "Referatyvnyy Zhurnal"; "Dzherelo".

EDITOR IN CHIEF: Ihor Yukhnovskii.

EDITORIAL BOARD: T. Arimitsu, *Tsukuba*; J.-P. Badiali, *Paris*; B. Berche, *Nancy*; T. Bryk (Associate Editor), *Lviv*; J.-M. Caillol, *Orsay*; C. von Ferber, *Coventry*; R. Folk, *Linz*; L.E. Gonzalez, *Valladolid*; D. Henderson, *Provo*; F. Hirata, *Okazaki*; Yu. Holovatch (Associate Editor), *Lviv*; M. Holovko (Associate Editor), *Lviv*; O. Ivankiv (Managing Editor), *Lviv*; Ja. Ilnytskyi (Assistant Editor), *Lviv*; N. Jakse, *Grenoble*; W. Janke, *Leipzig*; J. Jedrzejewski, *Wroclaw*; Yu. Kalyuzhnyi, *Lviv*; R. Kenna, *Coventry*; M. Korynevskii, *Lviv*; Yu. Kozitsky, *Lublin*; M. Kozlovskii, *Lviv*; O. Lavrentovich, *Kent*; M. Lebovka, *Kyiv*; R. Lemanski, *Wroclaw*; R. Levitskii, *Lviv*; V. Loktev, *Kyiv*; E. Lomba, *Madrid*; O. Makhanets, *Chernivtsi*; V. Morozov, *Moscow*; I. Mryglod (Associate Editor), *Lviv*; O. Patsahan (Assistant Editor), *Lviv*; O. Pizio, *Mexico*; N. Plakida, *Dubna*; G. Ruocco, *Rome*; A. Seitsonen, *Zürich*; S. Sharapov, *Kyiv*; Ya. Shchur, *Lviv*; A. Shvaika (Associate Editor), *Lviv*; S. Sokolowski, *Lublin*; I. Stasyuk (Associate Editor), *Lviv*; J. Strečka, *Košice*; S. Thurner, *Vienna*; M. Tokarchuk, *Lviv*; I. Vakarchuk, *Lviv*; V. Vlachy, *Ljubljana*; A. Zagorodny, *Kyiv*

CONTACT INFORMATION:

Institute for Condensed Matter Physics
of the National Academy of Sciences of Ukraine
1 Svientsitskii Str., 79011 Lviv, Ukraine
Tel: +38(032)2761978; Fax: +38(032)2761158
E-mail: cmp@icmp.lviv.ua <http://www.icmp.lviv.ua>