

ІНСТИТУТ
ФІЗИКИ
КОНДЕНСОВАНИХ
СИСТЕМ

ICMP-18-01U

Ю.В. Головач, Р. Кенна*, П. Мак Керрон†, П.В. Сарканич,
Н.Л. Федорак‡, Дж. Хосе*

МАТЕМАТИКА І МІФИ — КІЛЬКІСНИЙ ПІДХІД
ДО ПОРІВНЯЛЬНОЇ МІФОЛОГІЇ

*Дослідницький центр прикладної математики, університет Ковентрі, CV1 5FB, Англія

†Університет Майнута, Ірландія

‡Львівський національний університет ім. І. Франка; Український Католицький Університет, Львів

УДК: 51-77; 519.179.2; 398.22.

PACS: 89.75.-k, 89.75.Nc, 89.65.Ef

Математика і міфи — кількісний підхід до порівняльної міфології

Ю.В. Головач, Р. Кенна, П. Мак Керрон, П.В. Сарканич, Н.Л. Федорак, Дж. Хосе

Анотація. Стаття присвячена застосуванню теорії складних мереж для кількісного опису і порівняння міфів, що належать до різних культур. Метод аналізу, на якому базується наше дослідження, полягає в дослідженні соціальних зв'язків між героями певного епічного наративу і застосуванні теорії складних мереж до кількісного аналізу цих зв'язків. Метод апробовано на прикладі кількох визначних творів світової культурної спадщини.

Math and myth — quantitative approach to comparative mythology

Yu. Holovatch, R. Kenna, P. Mac Carron, P. Sarkanych, N. Fedorak, J. Yose

Abstract. The article is devoted to the application of the theory of complex networks for quantitative description and comparison of myths belonging to different cultures. The method of analysis our research is based on is to study the social links between the heroes of a certain epic narrative and to apply the theory of complex networks for quantitative analysis of these relationships. The method was tested on the number of prominent works of world cultural heritage.

**Подається в Україні Модерна
Submitted to Ukraina Moderna**

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
Ральф Кенна
Подріг Мак Керрон
Петро Васильович Сарканич
Назар Любомирович Федорак
Джозеф Хосе

МАТЕМАТИКА І МІФИ — КІЛЬКІСНИЙ ПІДХІД ДО ПОРІВНЯЛЬНОЇ
МІФОЛОГІЇ

Роботу отримано 16 квітня 2018 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

У цій статті йтиметься про застосування певного математичного апарату — теорії складних мереж [1] — для кількісного опису і порівняння міфів, що належать до різних культур. Незважаючи на те, що міфи відрізняються від легенд і казок, провести межу між ними інколи буває дуже складно. Міфи не є прив'язаними до часу, і часто їх дія відбувається нібито в прадавні, доісторичні часи. Окремою галуззю досліджень виступає порівняльна міфологія. Одним із фундаментальних результатів цього напрямку є знаходження універсальних, спільних для багатьох культур структур — мономіфів [2]. Для пошуку і кількісного вираження таких характеристик застосовувалися різні підходи. В основі пропонованого нами підходу лежить новий спосіб отримання інформації про характеристики зв'язків між персонажами у творі. Як буде видно з подальшої розповіді, ці характеристики однозначно виражаються в числовій формі і, таким чином, виникає можливість кількісного порівняння як різних персонажів одного твору, так і творів, що належать до різних часів і до різних культур.

Ідея застосування кількісних методів у гуманітарних науках має давню традицію. З часом застосування кількісних методів стало популярним і в порівняльній міфології. Так, історико-географічний підхід, який використовується для дослідження народної творчості, виділяє типи і категорії історій, в залежності від теми, подій і персонажів [3]. Популярність цього методу можна проілюструвати каталогом Аарне-Томпсона-Уттера, до якого входять більше двох тисяч категорій [4]. Іншим кількісним методом, який також застосовують для аналізу творів, є, так званий метод головних компонент [5]. Його суть полягає в зображенні твору у вигляді вектора, кожна з компонент якого відповідає за певний мотив. Якщо мотив зустрічається в тексті, то на відповідному місці вектор матиме 1, якщо ні — 0. Таким чином визначення подібності текстів зводиться до аналізу подібності векторів. Одним із цікавих результатів отриманих цим методом є те, що казки народів Північної Америки відрізняються від казок південноамериканців, що в свою чергу може означати, що ці континенти заселялися людьми з північного і південного напрямків незалежно [6]. Суттєво відрізняється від попередніх філогенетичний підхід. Як метод він виник у дослідженні еволюційних зв'язків між біологічними видами [7]. У цьому підході успадкування певних генетичних ознак відслідковується за допомогою зображення споріднених видів у вигляді графу. З часом подібний спосіб був успішно використаний для

пошуку спорідненості (наявності спільних універсальних характеристик) у різних наративах [8–10].

Перелічені вище дослідження, поряд із низкою інших, стали частиною ініціативи *Maths Meets Myths* — Математика зустрічає Міфи [8,11,12]. Метою цієї ініціативи є вироблення міждисциплінарних підходів для розгляду задач порівняльної міфології і, зокрема, впровадження кількісних методів у цій ділянці. Слід відразу зауважити, що кількісні методи аналізу наративів не можуть надавати інформацію про самі події, емоції, значення або інші якісні специфічні чи голістичні риси, що є у фокусі традиційних досліджень. Такі підходи можуть слугувати лише доповненням до існуючих методів досліджень, і, безумовно, не можуть їх замінити.

Метод аналізу, на якому базується наше дослідження, був запропонований в роботах [13,14]. Він полягає в дослідженні соціальних зв'язків між героями певного епічного наративу і застосуванні теорії складних мереж до кількісного аналізу цих зв'язків. На сьогодні такий метод вже апробований на прикладі багатьох визначних творів європейської і світової культурної спадщини [24]. Працюючи над цією статтею, автори ставили перед собою декілька завдань. Одне з них — ознайомити україномовного читача із тим, що уже зроблено в цій ділянці а також застосувати подібний метод для аналізу епічних наративів східних слов'ян. Не менш важливим завданням вважаємо ознайомлення читача-гуманітарія (а саме такому читачеві, перш за все, адресована наша стаття) із основами науки про складні мережі і способами кількісного аналізу таких мереж. Подальший план статті такий: в розділі 2 ми коротко розповімо про виникнення науки про складні мережі і опишемо деякі характеристики, що використовуються для кількісного опису мереж. Основною частиною нашої статті є розділ 3, в якому ми стисло опишемо результати дослідження соціальних мереж персонажів різних епосів. Серед розглянутих прикладів — епічна поема Гомера «Іліада», ірландські скелі та ісландські саги, англосаксонський героїчний епос «Беовульф» та давньоруські билини. Кожен із цих епосів є визначним твором світової спадщини і відтак був об'єктом багатьох досліджень. Ми ж розповімо, які висновки можна зробити аналізуючи властивості соціальної мережі їх персонажів. Загальні висновки і перспективи подальших досліджень приведено в розділі 4. Поряд із оригінальною частиною, наша стаття містить огляд деяких наших результатів, викладених детальніше в роботах [13–16].

2. Наука про складні мережі

Багато структур, що існують в природі чи створені людиною, мають форму мережі. Саме поняття мережі, яка складається з вузлів і зв'язків, настільки інтуїтивно очевидне, що часом і не потребує подальшого пояснення, див. Рис. 1. Однак для формалізації цього поняття в математиці прийнято вживати термін *граф*. Граф — це множина вершин (вузлів) і ребер (зв'язків) між цими вершинами, теорія графів — це розділ дискретної математики, що бере свій початок з праць геніального математика XVIII ст. Леонарда Ойлера [17]. Вибух зацікавлення властивостями складних мереж, чи, як прийнято тепер казати, виникнення науки про складні мережі, датується останніми десятиліттями XX ст. Тоді, в результаті комп'ютерного аналізу великих масивів даних виявилось, що статистичні властивості багатьох структур описуються подібними складними мережами [18–20]. Серед них — інтернет, *www*, мережі нейронів, метаболізму, харчування, транспорту, розподільчі, соціальні мережі та багато інших. Мета досліджень змінилася від аналізу невеликих графів та властивостей окремих вершин і ребер до розгляду статистичних властивостей цих графів (мереж). Поступово ставало зрозумілим, що подібність в організації таких різних, на перший погляд, систем має під собою глибокі причини. Адже спільним для них всіх є те, що їх подібні макроскопічні властивості виникають на підставі порівняно простих взаємодій між складовими частинами. Таким чином, міждисциплінарні дослідження дозволили класифікувати і порівнювати структури зовсім різних за своєю природою систем. Так, теорія складних мереж була розвинена і застосована для пояснення процесів у мережах транспорту [21], харчування [22], інтернету [23] і багатьох інших.

У своєму дослідженні ми робимо спробу знайти кількісне вираження універсальних характеристик різних міфологічних наративів, виходячи із їх зображення у вигляді складних мереж. При цьому, ставитимемо у відповідність кожному персонажу вершину-вузол мережі, а зв'язок між персонажами зображатимемо у вигляді ребра (так, як це зображено на Рис. 1). Таким чином, предметом нашого аналізу буде соціальна мережа персонажів певного твору. Перед тим, як розглянути конкретні випадки, в наступній частині цього розділу введемо типові характеристики, які прийнято обчислювати для кількісного опису тієї чи іншої мережі. Зокрема, нас також цікавитимуть значення цих характеристик для реальних соціальних мереж. Як виявилось в результаті числених досліджень, мережі, що

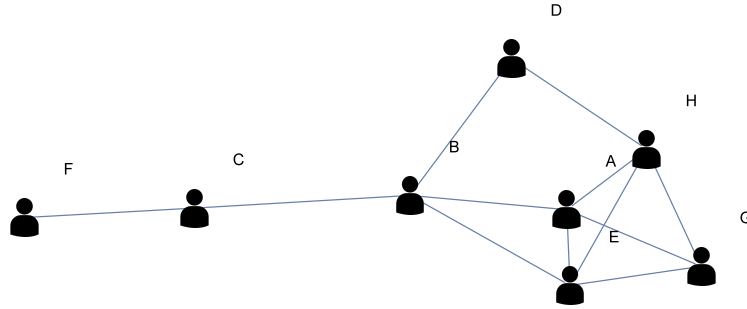


Рис. 1. Мережа, що складається із вершин (вузлів позначених $A-H$) і ребер (зв'язків). Кількість вершин у цій мережі $N = 8$, а кількість ребер $L = 12$. Деякі інші характеристики цієї мережі описані у тексті.

відображають соціальну взаємодію (знайомство, професійне поєднання, дружбу, різні форми спілкування, тощо) між індивідами у реальному суспільстві володіють певними універсальними рисами — спільними для різних соціальних мереж [13,24]. Таким чином, поряд із пошуком універсальних характеристик мереж персонажів епічних наративів, виникає ще одне запитання — наскільки такі мережі схожі до реальних соціальних мереж?

Розглянемо мережу зображену на Рис. 1. Позначимо кількість вершин і ребер N і L відповідно. Як легко полічити, для цієї мережі $N = 8$ і $L = 12$. Мабуть, найпростішою для пояснення властивістю є ступінь вузла. Для простоти інтерпретації вважатимемо надалі, що на Рис. 1 зображений фрагмент соціальної мережі — її вершини відповідають окремим індивідам, а зв'язки — фактам знайомства між індивідами. Ступінь вузла показує зі скількома ребрами з'єднаний даний вузол, чи, відповідно, скільки знайомих має даний індивід. Ця величина позначається k_i , де індекс i нумерує вузол. Так, для мережі Рис. 1 $k_G = 3$, а $k_B = 4$.

Різні індивіди мають різну кількість знайомих — ступінь вузла у соціальній мережі знайомств змінюється із переходом від одного вузла до іншого. Щоб описати мережу як ціле, можна використати середнє значення ступеня вузла $\langle k \rangle$ чи розподіл ступенів вузлів $P(k)$ — ймовірність того, що випадково обраний вузол має ступінь k . Розподіл ступенів вузлів є різним для різних типів мереж. Соціальні мережі належать до складних мереж із степенево-спадною функцією $P(k)$. Такі мережі часто називають безмасштабними [25,26]. Зокрема, для них характерна присутність так званих габів (від англ. hub —

центр уваги) — вузлів із великою кількістю зв'язків. Важливими є не тільки ступені вузлів, але і те, як пов'язані ступені сусідніх вузлів. Описує це величина, яка називається асортативністю r (від англ. assort — сортувати, узгоджувати). Додатні значення r відповідають асортативним мережам — тим, в яких частіше поєднані вузли зі схожим ступенем (вузли із високим ступенем приєднуються частіше до вузлів із високим ступенем, а вузли із низьким ступенем — до вузлів із низьким ступенем). Мережі, у яких r від'ємне, називаються дисортативними. У них вузли із низьким ступенем переважно приєднуються до вузлів із високим ступенем. Реальні соціальні мережі часто є асортативними, що відображає принцип «свій до свого».

Ступінь вузла k_i описує як вузол i з'єднаний із оточенням, а те, як з'єднані між собою його сусіди, описує коефіцієнт кластерності C_i . Ця величина рівна частці сусідів даного вузла, які є сусідами між собою. Найвище значення коефіцієнту кластерності $C_i = 1$ досягається тоді, коли усі сусіди вузла i з'єднані між собою. Так для графу на Рис. 1 $C_G = 1$. Відповідно, цей коефіцієнт рівний нулю, коли такі знайомства між сусідами зовсім відсутні: $C_C = C_D = 0$. Коефіцієнт кластерності цілої мережі C визначається як середнє значення коефіцієнтів кластерності всіх її вузлів. Як правило, соціальні мережі характеризуються високим значенням C : якщо індивід знайомий із двома іншими, то є висока ймовірність того, що вони також знайомі між собою [27].

Ще однією кількісною характеристикою зв'язності мережі є середня довжина шляху l — середнє значення мінімальної відстані між парами індивідів. Відстань l_{ij} між індивідами i та j рівна мінімальній кількості зв'язків, що їх з'єднують. Якщо відстань $l_{ij} = 1$, то вузли є сусідами. Так, індивіди A і H на Рис. 1 з'єднані різними шляхами: $ABDH$, AEH , AH , AGH , Однак найкоротшим є шлях із одного зв'язку AH і тому $l_{AH} = 1$. Ідею середньої довжини шляху у соціальних мережах продемонстровано у знаменитій гіпотезі шести рукоштовань (six degrees of separation) [26]: не зважаючи на те, що населення світу перевищує сім мільярдів, будь-які двоє людей знайомі в середньому через шість рукоштовань: середня довжина шляху між двома людьми в соціальній мережі знайомств становить $l = 6$. Високі значення коефіцієнту кластерності C і малі значення середньої довжини шляху l свідчать про значну зв'язність соціальних мереж, їх ще часто називають мережами *тісного світу* [27].

3. Результати

Як уже зазначалось вище, наше дослідження полягатиме у визначенні кількісних характеристик соціальних мереж персонажів епосів різних народів. З одного боку, сама присутність таких типових, універсальних рис є далеко не очевидним фактом і потребує емпіричної перевірки. З іншого боку, визначення таких рис може стати основою класифікації різних епічних наративів. Зокрема, нас цікавитиме і те, наскільки соціальні мережі епосів подібні до соціальних мереж реального суспільства.

Відправним пунктом нашого аналізу конкретного твору слугуватиме соціальна мережа його персонажів. Таку мережу ми будуватимемо ставлячи у відповідність кожному персонажу вершину мережі. Ребро (зв'язок) між парою вершин означатиме певну соціальну взаємодію між парою відповідних персонажів. Надалі будемо розрізняти два типи зв'язків: дружні і ворожі. Два персонажі мають між собою ворожий зв'язок, якщо вони безпосередньо б'ються або знаходяться в стані війни. На противагу, дружній зв'язок між персонажами означатиме, що вони знають один одного, говорять один з одним або знаходяться одночасно в невеликій групі людей [13]. Таким чином, у приведеному нижче аналізі ми зосереджуємося на самому факті взаємодії між заданою парою персонажів, і не цікавимося інтенсивністю такої взаємодії. Такий «огрублений» підхід є звичним (і, зауважимо, успішним) у моделюванні в природничих науках, коли одинички і нулі означають присутність чи відсутність певної риси [20,28]. Можна, звичайно, ввести інтенсивність зв'язку між персонажами, враховуючи те, як часто вони взаємодіють у наративі. Однак і таке покращення нашого першого наближення, звичайно, не може врахувати всіх тонкощів традиційних підходів. Тому вважаємо незайвим нагадати читачеві, що пропонований спосіб аналізу не може надавати беззаперечні докази. Наша мета — зібрати емпіричні спостережувані факти і подивитися на них з нової, незвичної, перспективи. А висліди наших спостережень слід поєднати із результатами інших підходів.

Перед тим, як розповісти про проведений нами аналіз соціальних мереж персонажів кількох епосів, коротко підсумуємо деякі із результатів, отриманих для реальних соціальних мереж. Як показав ряд емпіричних досліджень, реальні соціальні мережі зазвичай мають високий коефіцієнт кластерності [27]; розподіл ступенів вузлів добре описується степеневим законом [25,26]; є тісними світами [25,27,29,30]; вони схильні бути асортативними [31]; для них часто виконується гіпотеза соціального балансу [32–34]. Остання є від-

ображенням відомого твердження «ворог мого ворога — мій друг»: в соціальній мережі більш імовірно замкнені тріади (трикутники) індивідів, у яких кількість ворожих зв'язків є парною (жодного або два). Пам'ятаючи про ці загальні риси реальних соціальних мереж, порівнюємо їх із відповідниками, визначеними нами для соціальних мереж персонажів деяких епосів.

3.1. Викрадення бика з Куалнге

Наш аналіз розпочнемо із побудови мережі персонажів твору «Викрадення бика з Куалнге» (ірландською «*Táin Bó Cúailnge*», надалі просто «Викрадення») — центрального епосу Уладського циклу ірландської міфології [35]. Цей твір зберігся в трьох рукописах датованих між 12 і 14 століттями. У ньому описується вторгнення західної ірландської провінції Коннахту в північну ірландську провінцію Ольстер. Основною причиною цієї війни стало бажання викрасти магичного бика. Ситуація для Ольстера погіршується ще й тим, що його захисники знаходяться під дією закляття і не можуть битися. Щоб якось зарадити ситуації молодий герой Кухулін використовує право бою один-на-один. Це дозволяє виграти час, щоб воїни змогли відновитися від впливу магії і стали знову в стрій. Незважаючи на потуги героїв, загарбники з Коннахту таки заволоділи биком.

Цей твір має давню усну історію до того як був записаний. Середньовічні вчені датували його першим століттям до н.е., але це, можливо, було спробою християнських монахів штучно синхронізувати усну традицію з біблійною та класичною історією [35]. Про походження цього твору існує дві кардинально протилежні точки зору. Деякі дослідники вважають, що такі наративи підтверджують грецькі та римські свідчення про кельтів і пропонують нам «вікно у залізний вік» [36]. А їхні противники стверджують, що такі казки не мають історичної основи [37]. Таким чином історичність подій описаних у «Викраденні» є під питанням. Нижче ми наведемо деякі аргументи до цієї дискусії, які можна отримати з мережевого аналізу.

Мережу персонажів «Викрадення» можна побудувати використовуючи описані вище правила, її детальний аналіз проведено с роботах [13,24]. Оскільки ціла мережа доволі велика, на Рис. 2 зображено лише її центральний фрагмент. Ребра різного кольору позначають різний тип зв'язків: червоні — ворожі, зелені — дружні. Ця мережа складається із 422 вершин-персонажів і 1266 зв'язків між ними. Вузол із великою кількістю ворожих зв'язків в центральній частині рисунка — головний герой Кухулін.

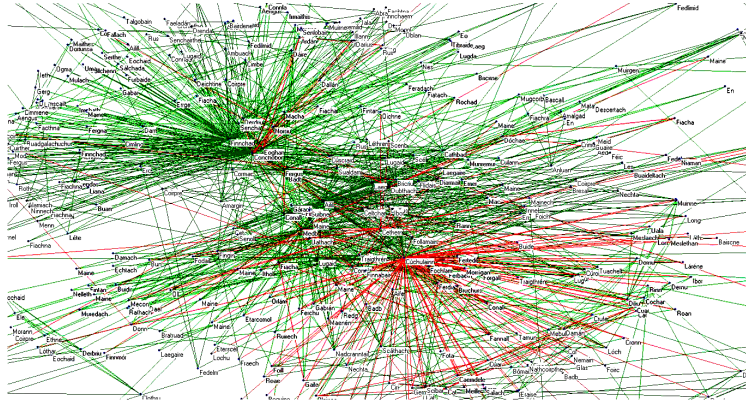


Рис. 2. Фрагмент мережі персонажів «Викрадення». Лінії різного кольору відповідають за різні типи зв'язків: зелені — дружні, червоні — ворожі. Два найбільші кластери в середині малюнку зображають сторони конфлікту. Вузол, що відповідає головному герою твору, Кухуліну, зображений в центральній частині із великою кількістю ворожих зв'язків. *Рисунок взято з Kenna, R., & Mac Carron, P. (2016). Maths meets myths: Network investigations of ancient narratives. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 681, No. 1, p. 012002).*

Одним із способів аргументації на користь історичності (чи вигаданості) подій, описаних у «Викраденні» може бути порівняння соціальної мережі персонажів твору із властивостями реальних соціальних мереж. Порівняння проведемо для мереж, побудованих на основі дружніх зв'язків. Єдиним винятком буде перевірка гіпотези структурного балансу, для якої необхідно враховувати як дружні, так і ворожі ребра. Мережа, яка складається тільки із дружніх зв'язків має вже 385 персонажів. Це пов'язано з тим, що ми не беремо до уваги вузли, до яких не приєднано жодне ребро. Першою властивістю, яку ми наводили в списку властивостей реальних соціальних мереж був високий коефіцієнт кластерності. Середній коефіцієнт кластерності мережі дружніх зв'язків «Викрадення» становить $C = 0.84$. Це дуже високе значення, яке означає, що в середньому 84% сусідів кожного з вузлів мають зв'язок між собою. Дуже цікаво розподілені ступені вузлів. Є 6 габів, які мають ступінь більше 75, а решта — менше 36. Така поведінка є характерною для складних мереж із степенево спадною функцією розподілу ступеня вузла, як і для реальних соціальних мереж.

Мережа персонажів «Викрадення» характеризується малою середньою найкоротшою відстанню $l = 2.84$. Разом із високим значенням коефіцієнта кластерності це свідчить, що ця мережа є мережею тісного світу. Основною темою «Викрадення» є конфлікт між двома провінціями, тому в мережі присутня значна кількість ворожих зв'язків — 168. Не зважаючи на це, можна говорити про її структурну збалансованість, оскільки тільки 8% замкнених тріад персонажів мають непарну кількість ворожих зв'язків. Шість персонажів мають дуже високий ступінь, що сильно переважає ступінь решти. В результаті часто вузол із високим ступенем приєднується до вузла із низьким ступенем і коефіцієнт асортативності цієї мережі становить $r = -0.33$ — мережа є дисортативною. Щоб дещо нівелювати вплив вузлів із високим ступенем, можна видалити ті їх зв'язки, які зустрічаються тільки один раз. В результаті асортативність зростає, $r = -0.04$ і стає значно ближчою до реальних соціальних мереж.

Як бачимо з усього сказаного вище, за низкою характеристик соціальна мережа персонажів «Викрадення» є схожою на реальні соціальні мережі. Єдиною відмінністю є асортативність. Це можна пояснити тим, що аналізований твір є героїчним епосом і значною мірою описує конфлікт. Поява персонажів, роль яких зводиться до двобою з головним протагоністом, приводить до зменшення асортативності цілої мережі. Однак, вилучення таких слабких зв'язків робить мережу персонажів «Викрадення» ще більшу схожою на реальні соціальні мережі.

Раніше ми вже говорили про коефіцієнт кластерності, він описує як мережа з'єднана в околі кожного окремого вузла. Деякі групи вузлів у мережі є значно тісніше з'єднані між собою, ніж з рештою мережі. Такі групи називаються громадами чи спільнотами (communities) [38]. Для виділення громад існують спеціальні математичні алгоритми (див. напр. [38]). Застосування таких алгоритмів для аналізу мережі «Викрадення» показав, що вона складається з 6 громад, дві найбільші з яких є сторонами конфлікту. Чіткий розподіл на громади також є характерним для реальних соціальних мереж [8]. Цікаво зазначити, що Фергус, друг головного героя Кухуліна, якого завербували противники, змінює громаду впродовж історії.

Крім того, що проведений вище аналіз додає ще один аргумент на користь історичності подій, описаних у «Викраденні», в процесі дослідження ми обчислили певні величини, що характеризують мережу персонажів цього твору. Наскільки універсальними ці величини? Чи є вони спільними для мереж персонажів інших епосів? Щоб відповісти на це запитання, застосуємо подібну методику для

Табл. 1. Характеристики мереж персонажів деяких епосів. N і L позначають кількість вузлів і зв'язків відповідно, $\langle k \rangle$ — середній ступінь вузла, k_{max} — максимальний ступінь вузла, l — середня відстань між персонажами, C — середній коефіцієнт кластерності, r — асортативність.

	N	L	$\langle k \rangle$	k_{max}	l	C	r
Беовульф	72	167	4.64	27	2.38	0.57	-0.12
Викрадення	422	1266	6	168	2.80	0.73	-0.35
Іліада	694	2684	7.44	106	3.49	0.44	-0.08
Сага про Гіслі	103	254	4.93	44	3.38	0.60	-0.15
Сага про людей з Озерної долини	132	290	4.39	31	3.86	0.49	0
Сага про Егіля	292	770	5.27	59	4.19	0.56	-0.07
Сага про людей з Лаксдаля	332	894	5.39	45	5.01	0.45	0.19
Сага про Ньяла	575	1612	5.61	83	5.14	0.42	0.01
Об'єднання 5 саг	1282	3729	5.82	87	5.10	0.46	0.04
Билини	153	320	4.18	52	2.90	0.57	-0.15
Війна ірландців і іноземців	315	1190	7.60	105	3.60	0.58	-0.09

аналізу інших наративів. Отримані кількісні результати ми підсумовуватимемо в Таблиці 1, до якої і звернемося підводячи підсумки нашого дослідження.

3.2. Беовульф

«Беовульф» (давньоанглійською «Beowulf») — англосаксонський героїчний епос, дія якого відбувається в Скандинавії. До наших часів дійшов рукопис, який датується між 8-м і початком 11-го століття [39,40]. Незважаючи на те, що історія прикрашена очевидно вигадкою, археологічні розкопки в Данії та Швеції підтримують історичність, пов'язану з деякими персонажами, хоча головний герой Беовульф вважається вигаданим [41,42]. Подібно, як це було зроблено у попередньому підрозділі для «Викрадення», побудуємо соціальну мережу персонажів «Беовульфа» і перевіримо, наскільки вона схожа на реальну соціальну мережу.

На Рис. 3 зображена мережа персонажів «Беовульфа», яка утво-

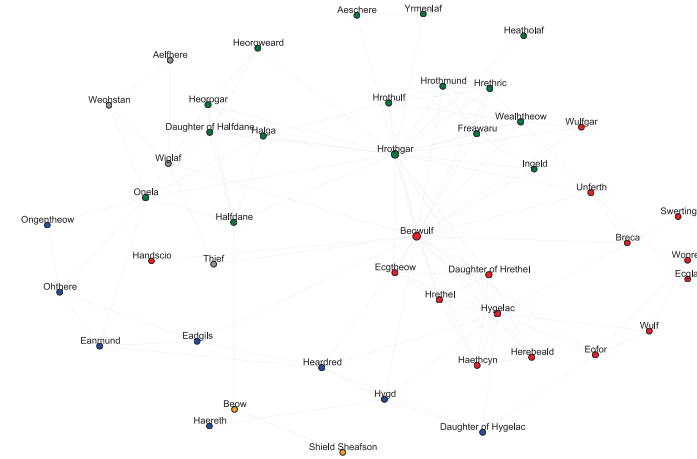


Рис. 3. Фрагмент соціальної мережі персонажів «Беовульфа». Колір вузла відповідає громаді, до якої належить відповідний вузол. Рисунок взято з Mac Carron, P. (2014). *A Network Theoretic Approach to Comparative Mythology. Thesis (Coventry: Coventry University), unpublished.*

рена тільки дружніми зв'язками. Ця мережа є найменшою із розглянутих у цій статті, вона складається із усього $N = 68$ персонажів і $L = 140$ зв'язків між ними. З одного боку, оскільки ми цікавимося статистичними властивостями мережі, то такий її незначний розмір є явним недоліком. З іншого боку, саме малий розмір робить візуалізацію цієї мережі більш зрозумілою. Так читач може виділити двох персонажів із високим ступенем в центральній частині Рис. 4 — це головний протагоніст Беовульф і король данів Хротгар.

Провівши відповідні розрахунки переконаємося, що, як і в попередньому епосі, мережа має високий коефіцієнт кластерності $C = 0.69$. А середня найкоротша відстань становить усього $l = 2.45$. Поєднання таких значень свідчить про те, що і мережа «Беовульфа» є мережею тісного світу. В попередньому підрозділі ми вже побачили, що асортативність мережі персонажів «Викрадення» суттєво відрізнялася від типових значень асортативності реальних соціальних мереж. Обчислене нами значення асортативності мережі «Беовульфа», $r = -0.03$, свідчить про незначну дисортативність мережі: персонажі із великим ступенем вузла дещо частіше приєднуються до персона-

жив із малим ступенем вузла. Це є відображенням того факту, що «Беовульф» є героїчним епосом зосередженим навколо центрального персонажа Беовульфа. Застосування алгоритму пошуку громад виявляє 5 громад, які добре відтворюють наявні в творі: геати, дани, свеї, предки Беовульфа і група персонажів, пов'язаних із битвою з драконом, представленою в другій частині твору. Як і соціальна мережа персонажів «Викрадення», так і «Беовульфа» є структурно збалансованими. Причому остання має ще нижчий відсоток замкнених триад із непарною кількістю ворожих зв'язків (близько 4%).

Раніше ми вже згадували, що персонаж Беовульфа часто вважають вигаданим. Щоб дослідити цю гіпотезу, розглянемо мережу персонажів, з якої видалено вузол Беовульфа і всі його зв'язки. Асортативність такої мережі становить $r = 0.012$, що робить її більш схожою до мереж реального світу. Зазначимо, що описані у творі події відбуваються в два віддалені проміжки часу і поєднані лише участю Беовульфа. Тому розгляд мережі без головного протагоніста має сенс з огляду на те, що це могли бути різні особистості.

Підсумовуючи отримані результати для мережі персонажів «Беовульфа», бачимо, що вона, як і мережа «Викрадення» подібна за багатьма ознаками до соціальних мереж реального світу. Виняток (із приведеними вище заувагами) становить дисортативність цієї мережі.

3.3. Іліада

«Іліада» (дав.-гр. «*Ιλιάς*») — епічна поема створена Гомером і датована 8 століттям до н.е. [43]. Дія цього твору відбувається протягом декількох тижнів останнього року Троянської війни. Довгий час, через присутність в творі одночасно двох світів — людей і богів, події описані в Іліаді, вважалися вигаданими. Але завдяки археологічним знахідкам Генріха Шлімана трактування Іліади змінилося. Останні дані свідчать, що історія може базуватися на історичному конфлікті в 12 столітті до н.е. [44]. «Іліада» є, мабуть, одним із найвідоміших творів в світовій спадщині [45]. Через це, вона часто стає еталоном для порівняння епосів інших народів світу. Це робить дослідження мережі персонажів «Іліади» важливим кроком в становленні методу, який використовується в даній статті. На Рис. 4 зображена мережа дружніх зв'язків персонажів «Іліади», розподілена на три групи різного кольору: греки, троянці і решта. Вона містить $N = 664$ персонажі і $L = 2317$ зв'язків між ними. Ця мережа є найбільшою з-поміж тих, що розглядаються в нашому огляді. Тут ми також розглядатимемо мережу дружніх зв'язків. В центральній частині Рис. 4 вго-

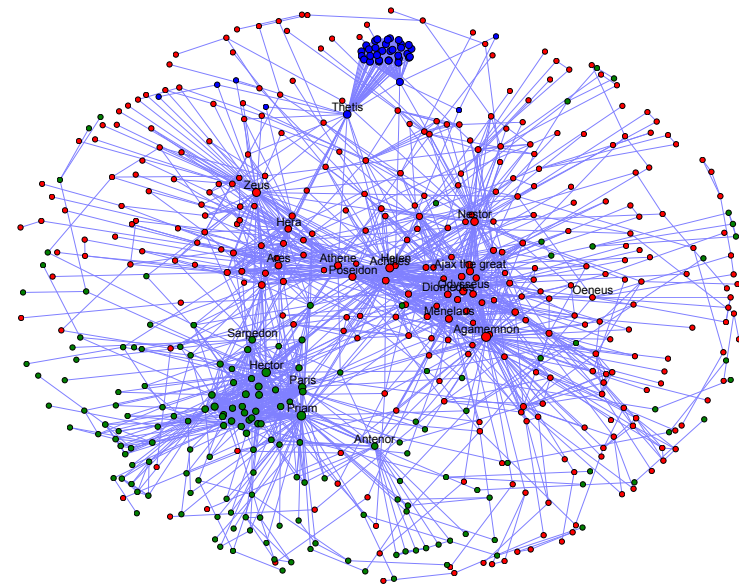


Рис. 4. Мережа дружніх зв'язків персонажів «Іліади», розділена на 3 умовні групи: греки, троянці і решта. Червоні вузли зображають греків, зелені — троянців, а сині — решту персонажів. Рисунок взято з Mac Carron, P. (2014). *A Network Theoretic Approach to Comparative Mythology. Thesis (Coventry: Coventry University), unpublished.*

рі зосереджена група вузлів, що відповідають 34 сестрам нерейдам (група вузлів синього кольору), які формують тісний кластер. Присутність такої великої кількості ідентичних персонажів буде сильно впливати на мережеві характеристики, про які ми поговоримо нижче.

Те, що мережа є більшою, ніж дві попередні, вплинуло, зокрема, і на середню найкоротшу відстань, яка в даному випадку зросла і становить $l = 3.83$. Натомість, середній коефіцієнт кластерності залишився високим $C = 0.62$. Це свідчить про те, що мережа персонажів «Іліади» є мережею тісного світу. Ця мережа є слабо асортативною з $r_k = 0.09$, що робить її схожою до реальних соціальних мереж. Якщо ж забрати з дружньої мережі тісний кластер нерейд, то асортативність зменшується до $r_k \approx 0$. Така поведінка якісно відрізняє «Іліаду» від «Викрадення» і «Беовульфа», для яких на-

віль дружня підмережа була дисортативною. В «Іліаді» паралельно існують два світи – світ людей і світ богів. Про це свідчить також і аналіз структури громад: алгоритм виділяє 12 громад, 4 найбільші з яких греки, троянці, боги і нерейди. Хоч «Іліада» і є історією про війну, але більшість зв'язків у ній становлять дружні зв'язки. Аналіз розподілу ворожих зв'язків засвідчує, що відповідна мережа є структурно збалансованою з менше ніж 2% триад з непарною кількістю ворожих зв'язків. Таким чином, мережа персонажів «Іліади» володіє багатьма характеристиками реальних соціальних мереж. Їй притаманна навіть слабка асортативність, якої бракувало мережам «Викрадення» і «Беовульфа».

3.4. Саги про ісландців

«Саги про ісландців» (ісландською «*Íslendingasögur*», надалі просто «Саги») — це прозові тексти, що описують події, які відбувалися в Ісландії в період від кінця 9-го і до початку 11-го століття. Як правило, вважається, що тексти були записані між XIII і XIV століттями невідомими авторами, але не виключено, що вони можуть мати усну передісторію [46]. Саги зосереджені на сімейних історіях та родовах і відображають боротьбу та конфлікти серед перших поселенців Ісландії та їхніх нащадків. Події в сагах описані доступно і з достатнім рівнем деталізації. Цікавою їхньою особливістю є те, що багато персонажів зустрічаються в кількох сагах, що дозволяє створити пов'язану соціальну мережу між персонажами. Події у сагах подаються як у літописах. Через це вважалося, що саги більш-менш реально описують ранні роки після заселення Ісландії. Зокрема, родові саги добре узгоджуються між собою, хоча й вони складаються із майже 50 текстів. Як зазначається в [46], так ніби існувало неписане правило, що стосуються складу суспільства: головні герої одного тексту виступають як другорядні в інших. Це створює враження, що описане суспільство є справжнім. Однак останнім часом історики більш критично переосмислили саги. Деякі дослідники розглядають саги як такі, що містять важливі елементи історії, інші відкидають їх як чисту фантастику, без якоїсь історичної цінності. Огляд різних точок зору представлено в [46].

Яксно «Саги» відрізняються від епосів, описаних вище. Вони мають зовсім іншу структуру суспільства. Тому розгляд відповідних мереж є цікавим застосуванням описаного вище методу. Виділимо в окремі об'єкти аналізу п'ять найбільших за кількістю персонажів саг. Це «Сага про Гіслі», «Сага про людей з Озерної долини», «Сага про Егіля», «Сага про Ньяла» і «Сага про людей з Лаксдаля». Ми

не вважаємо за необхідне наводити рисунки із зображенням мережі персонажів кожної із великих саг окремо, оскільки, як це було зазначено вище, головні герої одної саги можуть виступати другорядними героями іншої саги. Також ми не будемо наводити і детальний аналіз кожної із 5 великих саг, а лише їх короткий опис і деякі основні результати. Особливу увагу будемо приділяти асортативності, бо як ми вже мали змогу переконатися, ця характеристика часто відрізняє реальні соціальні мережі від міфологічних.

1. Сага про Гіслі

«Сага про Гіслі» (ісландською «*Gísla saga Súrssonar*») розкажує про поневіряння головного героя Гіслі. Через сімейні чвари, Гіслі вбиває свого родича, і мусить утікати від правосуддя. Після 13 років переховувань його вбивають. Як вважається, події мали місце між 940 і 980 роками н.е. [47]. Мережа персонажів саги про Гіслі є невеликою і складається з 103 персонажів і 254 зв'язків між ними. Оскільки сага сконцентрована на головному персонажі, це відобразилося і на характеристиках мережі. Так максимальний ступінь вузла належить самому Гіслі і становить 44, що становить майже половину від кількості всіх персонажів. Також така сконцентрованість на головному герої відобразилася і на асортативності. Вона рівна $r_k = -0.15$, що є найменшим значенням з усіх «Саг». Таким чином, ця мережа цієї саги, як і мережі «Беовульф» і «Викрадення» володіють низкою характеристик, подібних до реальних соціальних мереж. Відмінною ж залишається асортативність, яка в усіх цих трьох мережах є від'ємною.

2. Сага про людей з Озерної долини

«Сага про людей з Озерної долини» (ісландською «*Vatnsdœla saga*») є сімейною сагою. Вона описує родину Інгімунда — внука норвезького воєначальника, від їх переїзду в Ісландію, і до часу приходу християнства в кінці X ст. [47]. Мережа цієї саги складається зі 132 вузлів і 290 зв'язків між ними. Найвищий ступінь вузла становить 31, що є значно менше в порівнянні з сагою про Гіслі, особливо, беручи до уваги, що «Сага про людей з Озерної долини» характеризується більшою мережею. Асортативність цієї мережі є близькою до 0. Ця властивість наближає «Сагу про людей з Озерної долини» до реальних соціальних мереж.

3. Сага про Егіля

Ця сага (ісландською «*Egils saga*») розповідає про подорожі і подвиги воїна-поета Егіля. Початок історії розкажує про діда Егіля та його двох синів в Норвегії. Після того, як один з них загинув, в результаті суперечки з королем, сім'я переїжджає в Ісландію. Друга

частина саги розповідає про життя самого Егіля. Іншою особливістю саги про Егіля є те, що значна частина подій відбувається за межами Ісландії. Дія починається в Норвегії з родиною героя, де вперше з'являється близько третини персонажів саги. Пізніше в історії Егіль в одній зі своїх подорожей їде до Норвегії. Тому мережа містить перехресні соціальні структури [47]. Мережа персонажів цієї саги складається із 292 персонажів і 770 зв'язків між ними. Події в сазі значною мірою пов'язані з подорожами і пригодами головного героя Егіля. Знову ж таки, зосередження сюжету на пригодах одного героя спричиняє слабку дисортативність відповідної мережі, $r = -0.07$. Також варто зазначити, що мережа персонажів саги про Егіля містить групу із 14 вузлів, в якій кожен пов'язаний з кожним. Це дещо підвищує асортативність. Тому якщо розглядати цю групу як одного персонажа (схожа ситуація вже зустрічалася з нереїдами в «Іліаді») то мережа стане ще більш дисортативною. Загалом, характеристики мережі саги про Егіля є дуже схожими на характеристики реальних соціальних мереж. Єдиною відмінністю є асортативність. Це ставить її в один ряд із уже проаналізованими «Беовульфом», «Викраденням» і «Сагою про Гіслі». Спільною рисою усіх цих творів є те, що вони сконцентровані навколо одного протагоніста чи їх чи групи.

4. Сага про людей з Лаксдала

Ця сага (ісландською «Laxdæla saga») розказує про життя людей в західній частині Ісландії з кінця 9-го до початку 11-го століть. Це є друга за розміром сага, також вона має другу за розміром мережу. [47] Мережа цієї саги складається із 332 вузлів і 894 зв'язків. Ця сага є сімейною, і тому в ній немає чітко вираженого центрального персонажа. Це, в свою чергу, відобразилося на асортативності $r_k = 0.19$, що є найбільшим значенням серед усіх «Саг». Іншою особливістю є те, що із 9 громад, тільки 3 містять більше 20 вузлів. Тобто суспільство, описане в сазі є доволі однорідним, в ньому тяжко знайти особливих персонажів чи їх групи.

5. Сага про Ньяла

Ця сага (ісландською «Njáls saga») є найбільшою і найпопулярнішою з усіх «Саг ісландців». До наших днів дійшло найбільше рукописних текстів, що містять цю сагу. Вона розказує про те як дрібні міжусобиці можуть розростатися до кровопролиття. Події в сазі мали місце між 960 і 1020 роками н.е. [48]. Мережа персонажів саги про Ньяла є найбільшою із саг і містить 575 вузлів і 1612 ребер. Значна частина цих зв'язків, а саме 224, є ворожими, що є значно більше, ніж для інших саг. Асортативність мережі є дуже близькою до 0. Хоча, якщо брати до уваги тільки дружні зв'язки, то асортативність

зростає до $r_k = 0.07$. Оскільки до складу мережі входить багато ворожих зв'язків, то це відобразилося на тому, що 9.7% усіх замкнених триад персонажів мають непарну кількість ворожих зв'язків. Такий рівень все ще дозволяє назвати мережу структурно збалансованою, хоч це і є найвищий показник для усіх «Саг».

6. Об'єднання 5-ти великих саг

Суспільство в «Сагах» відрізняється від того, яке представлене в героїчних епосах. Часто головні персонажі одних саг виступають другорядними персонажами інших саг. Кожна сага окремо розказує про певну частину суспільства, якусь подію чи історію певного персонажа. Тому, щоб говорити про соціальну мережу персонажів саг, доцільно розглядати їх об'єднання. Як ми вже бачили раніше, деякі із п'яти найбільших саг мають усі властивості соціальної мережі реального світу, інші — виглядають як героїчні епоси. Відповідь

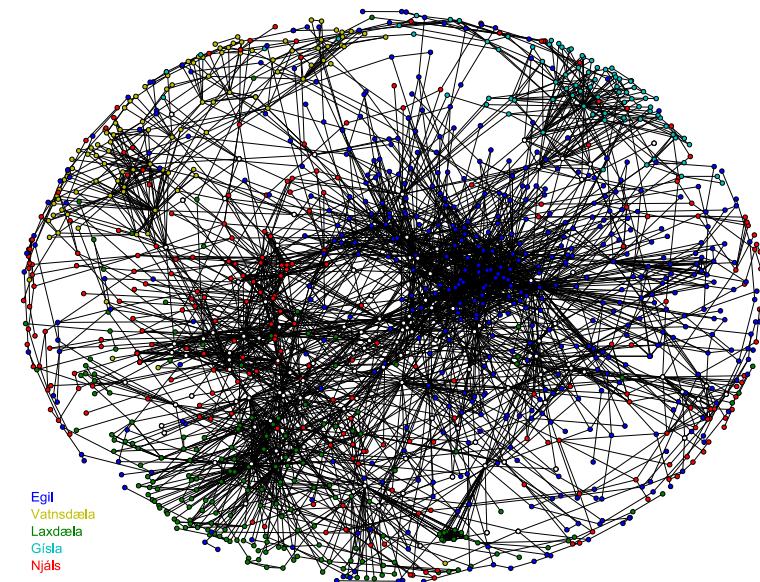


Рис. 5. Мережа, утворена об'єднанням персонажів п'яти найбільших саг. Різними кольорами позначено персонажів різних саг. Персонажі, які зустрічаються більше ніж в одній сазі позначені білим кольором. Рисунок взято з Mac Carron, P. (2014). *A Network Theoretic Approach to Comparative Mythology. Thesis (Coventry: Coventry University), unpublished.*

на запитання якими ж будуть характеристики об'єднаної мережі є далеко не тривіальною, а залежить від того, як «Саги» поєднані між собою. Тобто, наскільки і як саме перетинаються їхні персонажі. Логічно припустити, що оскільки сага про Ньяла є найбільшою складовою отриманої мережі, то вона і вносить визначальний вклад в її характеристики.

Об'єднана мережа персонажів п'яти саг зображена на Рис. 5. Вона складається з 1282 вузлів і 3720 зв'язків між ними. Вузли позначені різним кольором, відповідно до того, в якій сазі зустрічається персонаж. Білим кольором позначені персонажі, які зустрічаються більше ніж в одній сазі. Візуально можна виділити тісний кластер персонажів «Саги про Егіля», що знаходиться в центральній частині рисунку. Середній коефіцієнт кластерності високий і становить $C = 0.46$, а середня найкоротша відстань складає усього $l = 5.1$. Ці значення дозволяють сказати, що ця мережа є мережею тісного світу. Як і передбачалося, асортативність об'єднаної мережі є близькою за значенням до «Саги про Ньяла» і складає $r_k = 0.05$. Слабке позитивне значення можна пояснити впливом другої за розміром складової, а саме «Саги про людей з Лаксдаля», яке має найвище значення асортативності з усіх мереж, які наведені в даному огляді. Якщо ж взяти до огляду тільки дружні зв'язки, то асортативність ще дещо зростає до значення $r_k = 0.09$.

Якщо ж порівнювати мережеві характеристики об'єднання саг із попередніми епічними творами і реальними соціальними мережами, то можна зазначити, що суспільство, яке описується в сагах є дуже схоже на реальне. На відміну від попередніх епосів, воно є, хоч і слабо, але асортативне, і це враховуючи, що три з п'яти саг є орієнтованими на центральних персонажів.

3.5. Билини

Наш наступний приклад стосується билин — творів героїчного епосу східних слов'ян. За місцем дії їх поділяють на київські, новгородські й московські. Билини київського циклу охоплюють доволі невеликий період розквіту Київської Русі (кінець X — середина XII ст.) [49]. Довгий час билини існували в усній формі, і тільки в 1619 році був перший відомий нам запис билин англійцем Річардом Джеймсом [50]. Першу ж упорядковану збірку билин на початку XVIII століття підготував Кіріша Данилов [51]. Основну кількість текстів було зібрано і записано у віддалених північних районах Росії. Дослідник билин Василь Авенаріус пояснює це тим, що більшість населення України в той час була грамотною, на відміну від жителів відда-

лених сіл Російської імперії, і знання від покоління до покоління переходили вже в письмовій формі, а не усній [52]. Другою причиною могло слугувати те, що український народ в цей час оспівував період козаччини, і це витіснило з народної пам'яті тексти сивої давнини. Цієї думки притримувалися Михайло Максимович і Микола Костомаров [53]. Для нашого аналізу ми взяли до уваги тільки билини київського циклу представлені в [49]. Як це було зроблено і з попередніми епосами, ми побудували мережу персонажів, використовуючи правила з'єднання. Відмінністю билин від усіх інших творів, що представлені в цій статті є те, що вони складаються із багатьох коротких незалежних історій. Мережа персонажів билин представлена на Рис. 6. Вузли різного кольору позначають різні громади. Для зручності кожна окрема громада також обведена в кільце. Для чотирьох найбільших громад вказано персонаж із найвищим ступенем. Цікаво зазначити, що з трьох основних богатирів тільки Ілля

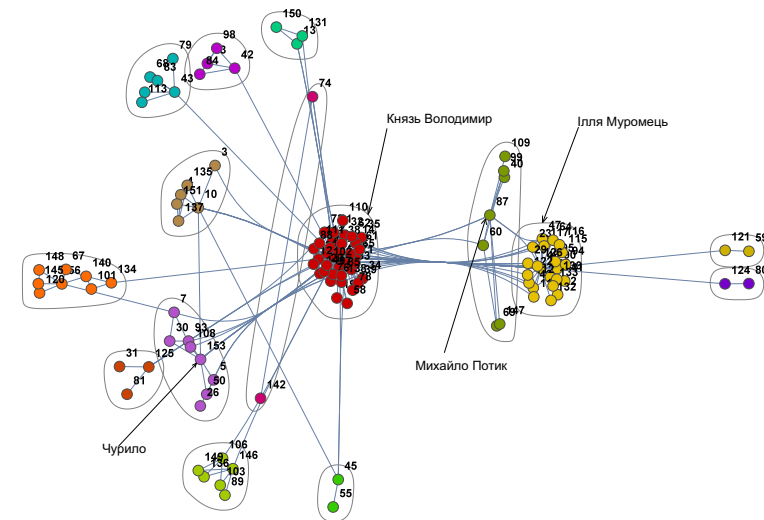


Рис. 6. Розподіл найбільшої зв'язної компоненти мережі персонажів билин на громади. Дві найбільші зосереджені навколо князя Володимира (сюди входять і Олексій Попович і Добриня) та Іллі Муромця. Наступні за розміром громади об'єднуються навколо Михайла Потика і Чурила. *Рисунок взято з Сарканич, П; Головач, Ю; Кенна, Р; Мак Каррон, П (2016). Універсальність і мережевий аналіз билин, Журнал фізичних досліджень, 20(4), 4801.*

Муромець формує свою окрему громаду, в той час як Добриня і Олексій Попович входять в один кластер із князем Володимиром. Такий розподіл може бути відображенням того факту, що Іллю Муромця відносять до старших богатирів, а Добриню та Олексія до молодших [49]. Третя і четверта за розміром громади зосереджені навколо Михайла Потика і Чурила. Михайло Грушевський відносить цих двох до групи галицько-волинських персонажів [54], і цей аналіз виділяє відповідні громади.

Отримана нами мережа персонажів билин складається із 153 персонажів і 320 зв'язків між ними. Середній коефіцієнт кластерності високий і становить $C = 0.57$, а середня найкоротша відстань складає усього $l = 2.9$. Ці значення дозволяють сказати, що ця мережа є мережею тісного світу. Оскільки билини концентруються на подіях з життя героїв-богатирів, то це має вплив на структуру мережі. Як і у «Викраденні» значна частина персонажів фігурує лише у двобої із богатырями. Це призводить до від'ємного значення асортативності $r_k = -0.15$.

Найвищий ступінь у вузла князя Володимира, що приєднаний майже до половини персонажів. Це наштовхує на думку, що персонаж князя Володимира є збірним [53,55]. Щоб перевірити цю гіпотезу, вузол, який представляє князя Володимира, можна розділити на кілька вузлів і перерозподілити всі прилеглі зв'язки. Якщо такий вузол розділити на три персонажі, то асортативність зростає до $r_k \approx 0$, а поділ на чотири персонажі призводить до позитивного значення $r_k = 0.03$. В обох випадках операція поділу приводить до того, що властивості мережі стають більш схожими на характеристики реальної мережі. Це може слугувати ще одним аргументом на користь того, що князь Володимир є збірним персонажем.

Загалом властивості мережі персонажів билин володіють властивостями реальної соціальної мережі. Єдиною відмінністю, якою також володіли деякі з «Саг», «Викрадення» і «Беовульф» є значення асортативності — усі ці мережі є дисортативними, в той час як реальні соціальні мережі є асортативними.

3.6. Війна ірландців і іноземців

Епос «Війна ірландців і іноземців» (ірландською «Cogadh Gaedhel re Gallaibh») описує битву під Клонтарфом — протистояння між ірландцями і вікінгами в 1014 році. Наслідком цієї битви стало те, що вікінги втратили домінуюче положення в регіоні, і почали підпорядковуватися ірландському королю [56]. Події, пов'язані з епохою вікінгів в Ірландії та битвою під Клонтафом, сьогодні часто розглядаються

даються занадто спрощено. Цей погляд полягає, по суті, в «міжнаціональному» конфлікті — ірландці проти вікінгів, в якому перемога перших поклатала край амбіціям других.¹ Правда ж має багато нюансів [57–59]. Інша точка зору полягає в тому, що питання, яке вирішується в битві при Клонтарфі є суто внутрішнім ірландським, і полягає в спробі Лінстера (на сході Ірландії) залишатися незалежним від домінуючих династій на півночі в Ольстері та на південному заході в Мюнстері. Деякі такі інтерпретації, в яких вікінги зіграли вторинну роль, схильні зменшувати значення цієї битви [60].

Спробуємо дати відповідь на запитання чи був цей конфлікт внутрішнім чи міжнаціональним використовуючи метод мережевого аналізу. Для цього ми ретельніше розглянемо мережу епосу «Війна ірландців і іноземців» утворену тільки ворожими зв'язками (див. Рис. 7). У цій мережі вузли синього кольору позначають вікінгів, а зеленого — ірландців. Колір зв'язків також позначає кого він поєднує: сині — вікінгів, зелені — ірландців, червоні — міжнаціональні (між вікінгами та ірландцями). Якби конфлікт був суто міжнаціональним, то б усі зв'язки на Рис. 7 були червоними. На противагу, для суто внутрішнього конфлікту усі зв'язки були б зеленими. Насправді ж картина наступна — 6% ворожих зв'язків між вікінгами, 27% між ірландцями, а 62% між ірландцями і вікінгами. Сума трьох складових становить менше 100%, оскільки частину персонажів неможливо віднести до жодного з таборів. Таким чином видно, що жодна із точок зору на конфлікт не є абсолютно правильною. Основною частиною дійсно є ворожнеча між ірландцями і вікінгами, але значну частину становить конфлікт між самими ірландцями.

Іншим підходом до знаходження відповіді на запитання чи був конфлікт внутрішнім чи міжнаціональним є застосування культурної асортативності ρ , означення якої можна знайти в [15]. Значення цієї величини є обмежене зверху одиницею, якщо всі зв'язки в мережі є тільки між персонажами з одного табору. Нижня межа залежить між мережі і кількості фракцій у ній. У випадку мережі персонажів «Війни між ірландцями і іноземцями» нижня межа становить -0.88 . Значення $\rho = 1$ свідчило б про суто внутрішньоірландський конфлікт, а $\rho = -0.88$ суто між ірландцями і вікінгами. Значення культурної асортативності для мережі зображеної на Рис. 7 становить $\rho = -0.32$, тобто конфлікт є більше міжнаціональним, ніж внутрішньоірландським.

¹Термін «національний» і пов'язані з ним слова використовуються тут для означення великих груп людей із спільними характеристиками, такими як мова, традиції, звичаї.

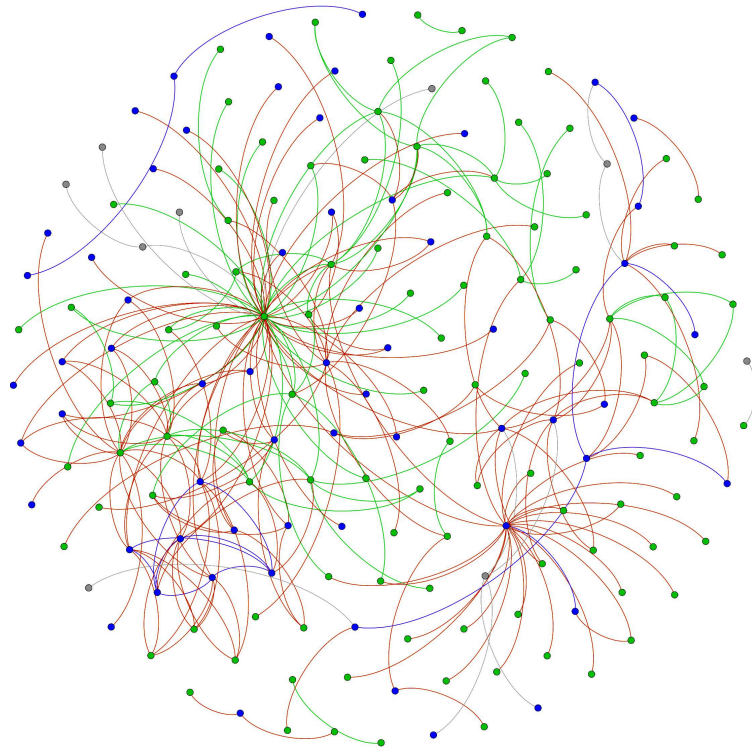


Рис. 7. Мережа ворожих зв'язків між персонажами «Війни ірландців і іноземців». Зеленим кольором виділені ірландські персонажі, а синім — вікінги. Червоні зв'язки позначають ворожий зв'язок між ірландцями і вікінгами, а зелені і сині — внутрішні між ірландцями і між вікінгами відповідно. Рисунок взято з Yose, J., Kenna, R., MacCarron, M., & MacCarron, P. (2017). *Network analysis of the Viking Age in Ireland as portrayed in Cogadh Gaedhel re Gallaibh*. *arXiv:1707.07526v1*.

Коротко наведемо характеристики мережі дружніх зв'язків персонажів «Війни ірландців і іноземців». Ця мережа складається з 287 персонажів і 957 зв'язків між ними. Усього твір налічує 326 персонажів, але 39 з них не мають жодного дружнього зв'язку, тому вони в цій мережі і не враховані. Асортативність мережі складає $r_k \approx 0$, що ставить мережу посередині між асортативними і дисортативними мережами. Така ж ситуація у нас вже зустрічалася у «Сазі про людей

з Озерної долини». Решта характеристик мережі «Битви ірландців і іноземців» схожі до характеристик реальних соціальних мереж.

Оскільки основною темою даного твору є конфлікт між ірландцями і вікінгами, то можна розглянути і мережі утворені тими чи іншими персонажами. Так мережа, що складається тільки з вікінгів і включає обидва типи зв'язків, володіє доволі великим значенням асортативності $r_k = 0.31$, не містить тріад з непарною кількістю ворожих зв'язків. Також вікінги мають тільки 16 ворожих зв'язків між собою. Це може виступати доказом, що вікінги в цьому епосі діють злагоджено, і виступають тільки на одній стороні конфлікту. Оскільки ірландці становлять основну частину персонажів, то властивості ірландської мережі мало відрізняються від мережі усіх персонажів. Також варто зазначити, що в ірландській мережі присутні 72 ворожі зв'язки, а отже також і ірландці ворогували між собою.

4. Висновки

В кількісній соціології добре відомо, що реальні соціальні мережі, відображаючи різноманітні стосунки — «взаємодії», у які вступає індивідум впродовж свого життя, володіють спільними властивостями. Ці властивості піддаються аналізу і їх відповідні кількісні характеристики є універсальними — спільними для різних соціальних мереж [61–64]. В цьому огляді ми показали, що подібною універсальністю володіють і мережі персонажів епічних наративів. На відміну від згаданих на початку цієї статті мономіфів [2] — універсальних, спільних для багатьох культур сюжетних архетипів, характеристики, про які йшла мова у цій статті, не стосуються сюжету окремого твору, а кількісних показників мережі його персонажів.

Деякі кількісні характеристики розглянутих у цьому огляді мереж приведені у Таблиці 1. Як і для будь-якого іншого статистичного методу, результати для середніх значень цих характеристик сильно залежать від розміру вибірки. Чим більша кількість персонажів у мережі і зв'язків між ними, тим точніші результати можна отримати. Як бачимо із даних приведених у Табл. 1, соціальні мережі персонажів більшості епосів є мережами тісного світу: їм притаманні невисоке значення середнього найкоротшого шляху, високий коефіцієнт кластерності. Мережі деяких ісландських саг є асортативними, але це радше виняток з правила ніж загальна риса — мережі більшості епосів є дисортативними. Для них часто виконується гіпотеза соціального балансу, а розподіл ступенів вузлів загасає за степеневим законом [13]. Зауважимо, що крім описаних у цьому розділі хара-

ктеристик, важливою спільною рисою мереж міфів є їх поведінка при так званих атаках (послідовних усуванні вузлів мережі, див. детальніше у [23,65]). Саме цією поведінкою мережі міфів відрізняються від мереж авторських художніх творів [13].

Як було продемонстровано на конкретних прикладах, мережевий аналіз може слугувати ще одним способом для вирішення питань, пов'язаних із дослідженням того чи іншого твору (історичність подій, реальність того чи іншого персонажу, сюжету, тощо). Однак, не зважаючи на те, що аналіз соціальної структури персонажів твору дозволяє отримати кількісні характеристики, які не залежать від суб'єктивної думки автора чи дослідника, застосування такого методу має свої обмеження. Хоч мережевий аналіз і дає змогу порівнювати властивості мереж наративів із випадковими чи реальними соціальними мережами, але отримані таким чином висновки про історичність того чи іншого епосу є тільки припущенням. Тому дослідження соціальної мережі персонажів епосів не може виступати як окремий метод, що розставляє всі крапки над «і», а лише як альтернативна точка зору чи спосіб отримати додаткові відомості про досліджуваний об'єкт.

І наостанок варто зазначити, що представлення стосунків між персонажами у вигляді мережі створює можливість для візуалізації твору, у чому ми неодноразово переконалися впродовж цієї статті. Хоч таке зображення твору і нічого не говорить про сюжет, але дозволяє відобразити взаємодії між персонажами, що в свою чергу несе багато інформації.

Автори висловлюють подяку Андрію Ровенчаку за корисні обговорення. Робота виконувалася за часткової підтримки проекту Сьомої Європейської Рамкової Програми IRSES *Dynamics of and in Complex Systems* (No 612707 DIONICOS).

Література

1. Thurner, S. (2017). 43 Visions for Complexity (Vol. 3). World Scientific; Newman, M., Barabasi, A. L., & Watts, D. J. (2011). The structure and dynamics of networks. Princeton University Press.
2. Campbell, J. (2008). The hero with a thousand faces (Vol. 17). New World Library.
3. Aarne, A. (1961). The types of the folktale: A classification and bibliography. Suomalainen tiedeakatemia.
4. Uther, H. J. (2004). The Types of International Folktales: Animal tales, tales of magic, religious tales, and realistic tales, with an

- introduction (No. 284–286). Suomalainen Tiedeakatemia, Academia Scientiarum Fennica.
5. <http://www.mftd.org/index.php?action=atu>
 6. Berezkin, Y. E. (2017). Peopling of the New World from Data on Distributions of Folklore Motifs. In Maths Meets Myths: Quantitative Approaches to Ancient Narratives (pp. 71–89). Springer, Cham.
 7. Howe, C. J., & Windram, H. F. (2011). Phylomemetics—evolutionary analysis beyond the gene. PLoS biology, 9(5), e1001069.
 8. Kenna, R., MacCarron, M., & MacCarron, P. (Eds.). (2017). Maths Meets Myths: Quantitative Approaches to Ancient Narratives. Springer International Publishing.
 9. Tehrani, J. J. (2013). The phylogeny of little red riding hood. PLoS one, 8(11), e78871.
 10. D'Huy, J. (2015). Polyphemus: a Palaeolithic Tale? The Retrospective Methods Network Newsletter, 9, 43–64.
 11. <http://users.complexity-coventry.org/~kenna/MMM2014.html>
 12. <http://users.complexity-coventry.org/~kenna/MMM2013.html>
 13. Mac Carron, P., & Kenna, R. (2012). Universal properties of mythological networks. EPL (Europhysics Letters), 99(2), 28002.
 14. Mac Carron, P., & Kenna, R. (2013). Network analysis of the Íslendinga sögur—the Sagas of Icelanders. The European Physical Journal B, 86(10), 407.
 15. Yose, J., Kenna, R., MacCarron, M., & MacCarron, P. (2018). Network analysis of the Viking Age in Ireland as portrayed in Cogadh Gaedhel re Gallaibh. Royal Society Open Science, 5(1), 171024.
 16. Сарканич, П., Головач, Ю., Кенна, Р., Мак Керрон, П. (2016). Універсальність і мережевий аналіз билин — героїчного епосу східних слов'ян. Журн. Фіз. Досл. 20(4) 4801.
 17. Euler, L. (1736). Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. Comm. Acad. Sci. Imper. Petropol., 8, 128–140.
 18. Anderson, P. W. (1972). More is different. Science, 177(4047), 393–396.
 19. Parisi, G. (1999). Complex systems: a physicist's viewpoint. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 263(1–4), 557–564.
 20. Головач, Ю. (2011). Від моделі Ізінга до статистичної фізики складних систем. Фіз. Збірник НТШ, 8, 429.
 21. von Ferber, C., Berche, B., Holovatch, T., & Holovatch, Yu. (2012). A tale of two cities. Journal of Transportation Security, 5(3), 199–216.
 22. Jeong, H., Tombor, B., Albert, R., Oltvai, Z. N., & Barabási, A. L.

- (2000). The large-scale organization of metabolic networks. *Nature*, 407(6804), 651.
23. Albert, R., Jeong, H., & Barabási, A. L. (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *nature*, 406(6794), 378.
 24. Mac Carron, P. (2014). A Network Theoretic Approach to Comparative Mythology. Thesis (Coventry: Coventry University), unpublished.
 25. Amaral, L. A. N., Scala, A., Barthélemy, M., & Stanley, H. E. (2000). Classes of small-world networks. *Proceedings of the national academy of sciences*, 97(21), 11149–11152.
 26. Barabási, A. L., & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509–512.
 27. Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, 393(6684), 440.
 28. Krasnytska, M., De Regt, R., & Sarkanyh, P. (2017). Ising Lectures in Lviv (1997–2017). Lviv: Institute for Condensed Matter Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine.
 29. Travers, J., & Milgram, S. (1967). The small world problem. *Psychology Today*, 1(1), 61–67.
 30. Newman, M. E. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the national academy of sciences*, 98(2), 404–409.
 31. Newman, M. E. (2002). Assortative mixing in networks. *Physical review letters*, 89(20), 208701.
 32. Heider, F. (1946). Attitudes and cognitive organization. *The Journal of psychology*, 21(1), 107–112.
 33. Harary, F. (1953). On the notion of balance of a signed graph. *The Michigan Mathematical Journal*, 2(2), 143–146.
 34. Szell, M., & Thurner, S. (2010). Measuring social dynamics in a massive multiplayer online game. *Social networks*, 32(4), 313–329.
 35. The Táin, translated by Kinsella T. (Oxford University Press, Oxford) 1969.
 36. Jackson, K. H. (2011). The oldest Irish tradition: a window on the Iron Age. Cambridge University Press.
 37. O’Rahilly T. F., Early Irish History and Mythology (Dublin Institute for Advanced studies, Dublin) 1964.
 38. M. E. J. Newman, M. Girvan, Finding and evaluating community structure in networks, *Phys. Rev. E*, 69, 026113 (2004).
 39. Benson L., in *The Interpretation of Narrative: Theory and Practice*, edited by Bloomfield M. W. (Harvard University Press, Cambridge, Mass.) 1970, pp. 1–44.

40. Beowulf, translated by Crossley-Holland K., with introduction by O’Donoghue H. (Oxford University Press, Oxford) 1999.
41. Chambers R. W., Beowulf: An Introduction (Cambridge University Press, Cambridge) 1959.
42. Klaeber F., Beowulf and the Fight at Finnsburg (D. C. Heath, Mass.) 1950.
43. The Iliad, translated by Rieu E. V. (Penguin Classics, London) 2003.
44. Korfmann, M. (2004). Was there a Trojan war?. *Archaeology*, 57(3), 36–41; Kraft, J. C., Rapp, G., Kayan, I., & Luce, J. V. (2003). Harbor areas at ancient Troy: sedimentology and geomorphology complement Homer’s Iliad. *Geology*, 31(2), 163–166.
45. <http://thegreatestbooks.org/>
46. H. O’Donoghue, Old Norse-Icelandic Literature: A Short Introduction (Blackwell Publishing, Oxford, 2004)
47. Smiley, J. (2000). The Sagas of Icelanders: A Selection. Penguin, London.
48. Njal’s Saga, translated by C.F. Bayerschmidt, L.M. Hollander (Wordsworth Classics, Hertfordshire, 1998); Mahnusson, M., & Palsson, H. (1960). Njal’s Saga. Penguin, London; Hamer, A. J. (2008). Njals saga and its Christian background: a study of narrative method. University of Groningen, Groningen.
49. Былины: Сборник / Вступ. ст., сост., подгот. текстов и примеч. Б. Н. Путилова, (Сов. писатель, Ленинград, 1986).
50. Русско-английский словарь-дневник Ричарда Джемса (1618–1619 гг.), (Издательство Ленинградского университета, Ленинград, 1959).
51. Древние Российские стихотворения, собранные Киршею Даниловым, (Наука, Москва, 1977).
52. Книга былинъ : Сводъ избранныхъ образцовъ русской народной эпической поэзіи : Съ портретомъ певца былинъ Рябина, работы Л. А. Серякова и рисунками А. В. Прохорова, Н. Н. Каразина и В. В. Спасскаго / Составилъ В. П. Авенариусъ. — Москва : Изданіе книгопродавца А. Д. Ступина, 1902. — XXIII, 320, XL с.; ил.
53. В. Шевчук, Українські билини: Історико-літературне видання східнослов’янського епосу, (Веселка, Київ, 2003).
54. М. Грушевський, Історія український літератури Т. 4, Кн. 1, (Либідь, Київ, 1994).
55. D. Chyzhevsky, Epic Poetry in: Internet Encyclopedia of Ukraine, <http://www.encyclopediaofukraine.com> (updated in 2002).
56. Todd J.H. (ed) 1867 Cogadh Gaedhel re Gallaibh. The war of the

- Gaedhil with the Gaill, or, the invasions of Ireland by the Danes and other Norsemen. London: Longmans, Green, Reader, and Dyer.
57. Ryan J. 1938 The Battle of Clontarf J. R. Soc. Antiq. Irel. 8 1–50.
 58. Ó Corráin D. 1972 Ireland Before the Normans, Dublin: Gill and MacMillan.
 59. Duffy, S. (2014). Brian Boru and the Battle of Clontarf. Dublin: Gill and Macmillan Ltd.
 60. 1014: Brian Boru and the Battle of Clontarf—History Hub; <http://historyhub.ie/1014-brian-boru-battle-of-clontarf>.
 61. Newman, M. E., & Park, J. (2003). Why social networks are different from other types of networks. *Physical Review E*, 68(3), 036122.
 62. Ravasz, E., & Barabási, A. L. (2003). Hierarchical organization in complex networks. *Physical Review E*, 67(2), 026112; L. Subelj, M. Bajec, preprint arXiv:1202.3188 (2012).
 63. Newman, M. E. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM review*, 45(2), 167–256.
 64. Ю. Головач, О. Олемской, К. фон Фербер, О. Мриглод, Т. Головач, І. Олемской, В. Пальчиков, Складні мережі, *Жури. фіз. досл.* 10. 247 (2006); Albert, R., Jeong, H., & Barabási, A. L. (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *nature*, 406(6794), 378.

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; “Referatyvnyj 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. Sokółowski, *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>