

Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича

**МАТЕМАТИКА ТА  
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

Матеріали міжнародної наукової конференції,  
присвяченої 55-річчю  
факультету математики та інформатики

28–30 вересня 2023 року

Чернівці, 2023

УДК 51+004(08)  
М340

Рекомендовано до друку вченою радою  
факультету математики та інформатики  
Чернівецького національного університету  
імені Юрія Федьковича  
(протокол № 2 від 19 вересня 2023 року)

**Математика та інформаційні технології.** Матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої 55-річчю факультету математики та інформатики, 28–30 вересня 2023 р. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2023. – 369 с.

Збірник матеріалів міжнародної наукової конференції “Математика та інформаційні технології” включає наукові роботи вчених України, Європи, Азії та Америки, які проводять дослідження у теорії диференціальних та диференціально-функціональних рівнянь, теорії функцій та функціональному аналізі, топології, математичному моделюванні та інформаційних технологіях, а також займаються актуальними питаннями методики навчання математики та інформатики.

Для наукових працівників, аспірантів.

© Факультет математики та інформатики  
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, 2023

<i>Мельничук Л.</i> Технології та прийоми навчання програмування у середовищі Скретч майбутніх вчителів інформатики .....	267
<i>Мельничук Л., Тоненький І.</i> Впровадження інтегративного підходу до навчання фінансової грамотності на уроках інформатики в основній школі .....	269
<i>Миرونюк В., Миронюк О.</i> Елементи оригаметрії на факультативних заняттях з математики у ЗЗСО .....	271
<i>Михайлець В., Атласюк О., Маслюк Г.</i> Про фредгольмові числа неоднорідних крайових задач в дробових просторах Слободецького .....	273
<i>Міхалевський В.</i> Деякі інструменти візуалізації і аналізу складних мереж та графів .....	275
<i>Несмелова О.</i> Матричні крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь з р-Лапласіаном .....	277
<i>Пастула М.</i> Усереднення в багаточастотних системах першого наближення із запізненням та залежністю частот від повільних змінних .....	279
<i>Перезуда О., Асроров Ф.</i> Дослідження поведінки розв'язків системи двохспряжених стохастичних осциляторів .....	281
<i>Перестюк М., Петришин Р.</i> Слово про вчителя (світлій пам'яті А.М. Самойленка) .....	283
<i>Перун Г., Ясинський В.</i> Існування розв'язку задачі Коші для стохастичного рівняння з частинними похідними та вінеровими збуреннями .....	285
<i>Правіцка Н.</i> Методичні аспекти розв'язування задач на геометричні перетворення для майбутніх учителів математики .....	287
<i>Працьовитий М., Бондаренко О., Гончаренко Я., Лисенко І.</i> Застосування у метричній теорії чисел, фрактальному аналізі та теорії розподілів випадкових величин $B$ -зображення чисел .....	289
<i>Пукальський І., Яшан Б.</i> Задача з імпульсним впливом для параболічного рівняння з виродженням .....	291
<i>Ратушняк С., Працьовитий М.</i> Неперервна ніде не монотонна функція, означена в термінах ланцюгового зображення чисел .....	293
<i>Савранська А.</i> Побудова областей стійкості для керованих систем з невизначеностями .....	294
<i>Салімов Р., Стефанчук М.</i> Про скінченну ліпшицевість розв'язків нелінійного рівняння Бельтрамі .....	298
<i>Самусенко П.</i> Побудова асимптотичних розв'язків крайових задач для сингулярно збурених диференціально-алгебраїчних систем .....	300
<i>Семенов В., Харьков О.</i> Лінійна швидкість збіжності алгоритмів екстраполяції з минулого та операторної екстраполяції для варіаційних нерівностей .....	301
<i>Сердюк А., Соколенко І.</i> Наближення інтерполяційними тригонометричними поліномами на класах диференційованих у сенсі Вейля-Надя функцій з високим показником гладкості .....	303
<i>Симотюк М.</i> Операторне рівняння з дводіагональними операторами у просторах послідовностей комплексних чисел .....	305

## Деякі інструменти візуалізації і аналізу складних мереж та графів

Міхалевський Віталій

cezar\_mv@ukr.net

Хмельницький національний університет

Розглядається один з напрямків аналізу складних мереж – їх візуалізація, яка дозволяє отримати важливу інформацію про структуру і властивості мережі без точних розрахунків. Основні інструменти візуалізації, у переважній більшості, вільно поширювані, безкоштовні програми.

Для аналізу мережі в цілому використовують такі параметри, як [2]: а) кількість вузлів; б) кількість ребер; в) середня відстань між вузлами; г) щільність – відношення кількості ребер в мережі до можливої максимальної кількості ребер  $n(n-1)/2$  при даній кількості вузлів  $n$ ; д) кількість симетричних, транзитивних і циклічних тріад; е) діаметр мережі – найбільша геодезична відстань у мережі і т.д.

Важливою характеристикою мережі є функція розподілу степенів вузлів  $P(k)$ , яка визначається як ймовірність того, що довільний вузол мережі і має степінь  $k_i = k$ . Мережі, які характеризуються різними  $P(k)$ , демонструють різну поведінку.  $P(k)$  в деяких випадках може бути розподілом Пуассона ( $P(k) = e^{-m} m^k / k!$ , де  $m$  – математичне сподівання), експоненціальним ( $P(k) = e^{-k/m}$ ) або степеневим ( $P(k) \sim 1/k^\gamma$ ,  $k \neq 0$ ,  $\gamma > 0$ ).

Відстань між вузлами визначається як кількість ребер, через які можна добратися від одного вузла до іншого. Найкоротшим шляхом  $d_{ij}$  між вузлами  $i$  та  $j$  називається найменша відстань між ними. Для усієї мережі можна ввести поняття середнього шляху, як середнього по усіх парах вузлів найкоротшої відстані між ними:  $l = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i>j} d_{ij}$ , де  $n$  – кількість вузлів,  $d_{ij}$  – найкоротша відстань між вузлами  $i$  та  $j$ . Угорськими математиками П. Ердемем і А. Реньї було показано, що середня відстань між двома вершинами у випадковому графові (модель Ердеша–Реньї) росте як логарифм від числа його вузлів [2, 3].

Мережа може виявитися незв'язною, тобто знайдуться вузли, відстань між якими виявиться нескінченною. Відповідно, середній шлях, згідно приведеної вище формули, буде також нескінченним. Для врахування таких випадків вводиться поняття середнього інверсного шляху між вузлами (його ще називають "глобальною ефективністю мережі"), що розраховується за формулою [2, 3]:

$$il = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i>j} \frac{1}{d_{ij}}$$

До того ж, потрібно аналізувати різні мережеві параметри, такі як коефіцієнт кластерності [1], модулярність [3] та інші.

Для аналізу складних мереж виникає необхідність використання інструментів візуалізації, у переважній більшості, вільно поширюваних, безкоштовних програм [1, 3]. Для практичної роботи з графовими структурами користувачу не обов'язково потрібно встановлювати програмне забезпечення на своєму комп'ютері. Серед багатьох мережевих сервісів виділено *GraphOnline* (<https://graphonline.en>) – простий і функціональний інструмент для створення, дослідження і візуалізації невеликих графів в режимі онлайн. Забезпечує експорт файлів в формати *GraphML*, *CSV*, вивід інформації у вигляді матриць, визначення різних параметрів графу, а також реалізацію таких алгоритмів, як пошук найкоротшого шляху, компонент зв'язності, діаметру графу і т.п.

Серед нинішніх програм візуалізації і аналізу мереж та графів виділено *Gephi* (<https://gephi.org/>) [1, 3], яка забезпечує швидку компоновку, ефективну фільтрацію та інтерактивне дослідження даних, а також є одним з кращих варіантів для візуалізації великомасштабних мереж. Програма включає в себе множину різних алгоритмів компоновання (укладання графів на площині) і дозволяє налаштовувати кольори, розміри і мітки в графах. Звичайно, правильна параметризація будь-якого алгоритму компоновки може впливати як на час роботи, так і на результат візуалізації.

Отже, сучасне дослідження мереж змінилося від аналізу невеликих графів та властивостей окремих вершин і ребер до розгляду статистичних властивостей графів (мереж). У поведінці сучасних мереж провідну роль відіграє топологія, а такі об'єкти часто називають складними мережами (*complex networks*). Зазвичай ці мережі не статичні, а такі, що розвиваються, і для розуміння їхньої структури необхідно знати принципи їх еволюції.

1. Аналіз соціальних мереж [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.lib.mdpu.org.ua/e-book/analiz\\_soc/official/index.htm](http://www.lib.mdpu.org.ua/e-book/analiz_soc/official/index.htm)
2. Зубок В.Ю. Огляд використання математичних параметрів складної мережі для аналізу топології Інтернет / В.Ю. Зубок, О.Т. Дармохвал // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – К. : ПІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2010. – Вип. 55. – С. 19-29.
3. Ланде Д.В. Візуалізація та аналіз мережевих структур : навчальний посібник / Д.В. Ланде, І.Ю. Субач; ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во "Політехніка", 2021. – 80 с.

