

**МОДЕЛЮВАННЯ В ОСВІТІ.
Стан. Проблеми.
Перспективи**

МОНОГРАФІЯ

Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Криворізький державний педагогічний університет»
Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького
Південноукраїнський національний педагогічний університет
імені К.Д.Ушинського

МОДЕЛЮВАННЯ В ОСВІТІ. Стан. Проблеми. Перспективи

МОНОГРАФІЯ

КРИВИЙ РІГ – 2017

УДК 330.368(447)
ББК 65.9 (УКР)
М77

Рецензенти: *Ків А. Ю.*, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри інноваційних технологій & методики навчання природничих дисциплін Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К.Д.Ушинського (м. Одеса)

Рамазанов С. К., доктор технічних, доктор економічних наук, професор кафедри інформаційних систем в економіці ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» (м. Київ)

Триус Ю. В., доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій управління Черкаського державного технологічного університету (м. Черкаси)

Моделювання в освіті: Стан. Проблеми. Перспективи : Монографія / За заг.ред. Соловійова В.М. - Черкаси: Брама, видавець Вовчок О.Ю., 2017. - 266 с. : Англ. мова, укр. мова : іл.

В монографії розглянуто сучасні підходи до моделювання та управління складними соціально-гуманітарними системами. Показано, що теорія складності може слугувати природною парадигмою створення надійних методів і продуктивних моделей. Автори акцентують увагу на той факт, що на шляху до побудови нової системи освіти Україні необхідно стимулювати розвиток інноваційної складової педагогічних технологій.

УДК 330.368(447)
ББК 65.9 (УКР)

© В.М. Соловійов, 2017 р.
© Автори статей, 2017 р.

НАУКОВИЙ АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ:

Ків А. Ю., д.ф.-м.н., професор (розділ 1.2);
Семеріков С. О., д. пед. н., професор (розділ 2.2);
Соловійов В. М., д.ф.-м.н., професор (розділ 1.1);
Холмс С., PhD, професор (розділ 1.2);
Шумейко О. О., д. т. н., професор (розділ 1.3)

Агаджанова С. В., к. т. н., доцент (розділ 2.6);
Бурачек В. Р., к. ф.-м. н., доцент (розділ 2.5);
Віхрова О. В., к.пед. н., доцент (розділ 2.1);
В'юненко О. Б., к.е.н., доцент (розділ 2.6);
Гадецька З. М., к. т. н., доцент (розділ 2.4);
Данильчук Г. Б., к. е.н. (розділ 1.5);
Зінонос Н. О., к. пед. н. (розділ 2.1);
Корольський В. В., к. т. н., професор (розділ 2.10);
Логвіненко В.Г., к. пед. н., доцент (розділ 2.7);
Орищенко В.Г., к.е.н., професор (розділ 1.2);
Соловійова В. В., к. е. н., доцент (розділ 1.4),
Сологуб А. І., к. пед. н., чл.-кор. НАПН України
(розділ 2.3);

Таваліка Л.Д., к.н., доцент (розділ 1.2);
Толбатов А. В., к. т. н., доцент (розділ 2.6);
Толбатов В. А., к. т. н., доцент (розділ 2.6);
Хараджян Н. А., к. пед. н., доцент (розділ 1.1);
Шокалюк С. В., к. пед. н., доцент (розділ 2.2, 2.10)

Агаджанов-Гонсалес К. Х. (розділ 2.6);
Бобилєв Д. Є. (розділ 2.9);
Іскандарова А. (розділ 1.3);
Маркова О. М. (розділ 2.2);
Моїсеєнко М. В. (розділ 1.6);
Мукосеєнко О. А. (розділ 2.8);
Попель М. В. (розділ 2.9);
Сологуб А. А. (розділ 2.3)

ПЕРЕДМОВА

Відомий російський педагог-новатор В. С. Фірстов стверджує, що педагогіка оперує передачею певного виду структурованої інформації - знань. Інформації, як основному поняттю кібернетики, властива метрична функція і, таким чином, пошук оптимального управління освітніми процесами переводиться в площину математичного моделювання.

У науці довгий час, починаючи з Р. Декарта, І. Ньютона і П. Лапласа, переважала детермінованість, сувора зумовленість конструкцій. Спочатку ці погляди виробилися в природознавстві і математиці, а потім перейшли в гуманітарну область, зокрема, в педагогіку. Внаслідок цього безліч разів робилися спроби організувати освіту як ідеально функціонуючу машину. Згідно домінуючим тоді уявленням, для навчання (виховання) людини треба лише навчитися керувати такою «машиною», тобто перетворити навчання в свого роду виробничо-технологічний процес. Акцент робився на стандартизовані навчальні процедури і фіксовані зразки засвоєння знань. Тим самим було покладено початок технологічного підходу в навчанні, а отже, переважання в навчанні репродуктивної діяльності учнів.

Одним із соціальних наслідків стрімкого технологічного розвитку суспільства є загальна криза системи освіти, суть якої полягає в неадекватності цілей, змісту, форм і методів освіти новим умовам. Як визнають багато вчених, ця криза сьогодні охоплює практично всі країни світового співтовариства, в тому числі й Україну. Класична парадигма освіти, що йде ще від Яна Амоса Коменського, в якій навчання базувалося на класно-урочній системі та книгодрукуванні, приходять все в більшу суперечність з реаліями інформаційного суспільства. Становлення нового типу суспільства вимагає не просто впровадження в навчання інформаційних технологій, а нової методологічної основи всієї системи освіти, радикального оновлення його цілей і змісту, форм, методів і засобів навчання. Освіта в інформаційному суспільстві має розглядатися як спосіб збереження та примноження культури, що породжує нових суб'єктів.

Зміни, обумовлені масовим входженням в життя людини світової інформаційної мережі, перш за все, кардинально змінили основну мету освіти. В умовах мережного простору немає необхідності концентрувати людей в одному місці, їх робота все більше переноситься з фабрик і з великих офісів в малі офіси і в дома, вони можуть бути розкидані по всьому світу, пов'язані між собою практично миттєвої зв'язком. Сучасні засоби комунікації багаторазово збільшили швидкість обміну інформацією, а разом з тим і швидкість прийняття рішень.

Для багатьох складних систем характерне явище самоорганізації. Воно призводить до того, що дуже часто для характеристики об'єкта, який описується великим або навіть нескінченним числом величин, виявляється достатньо всього кілька змінних, так званих параметрів порядку. Ці параметри «підпорядковують» інші змінні, визначаючи їх значення. Всі ці процеси описуються в синергетиці. Дослідникам відомі механізми самоорганізації, що призводять до виділення параметрів порядку, способи їх опису, відповідні математичні моделі. Однак, ймовірно, як зазначає Г. Г. Малинецкий, наш мозок має блискучі здібності знаходити ці параметри, «спрощувати реальність», володіє більш ефективними алгоритмами їх виділення. Процес навчання, здобуття освіти дозволяє знаходити в одних випадках вдалі комбінації, які можуть бути параметрами порядку в певних ситуаціях, або механізми пошуку таких параметрів («вчитися вчитися», «вчитися вирішувати нестандартні завдання»).

Слід зауважити, що в сучасному світі практично вся діяльність є колективною і, отже, колективна навчальна діяльність в набагато більшому ступені сприяє формуванню компетенцій, ніж індивідуальна. Тому перед педагогами постають проблеми серйозного навчання культурі праці і участі в колективній діяльності, виховання відповідальності за доручену справу та креативного ставлення до виконання завдання, які в останні десятиліття або не будуть зачіпатися зовсім, або носять суто декларативний характер. В якості ведучого повинен розглядатися принцип навчання у співпраці в рішенні навчальних і професійних проблем, в першу чергу при колективному навчанні через мережу.

Доцільно також використовувати ідеї м'якого (або нечіткого) моделювання. Все сказане В. І. Арнольдом щодо жорстких і м'яких моделей можна застосувати і до педагогічних моделей. Корисність і необхідність використання «м'яких» моделей навчання усвідомлюється поки далеко не всіма педагогами, хоча ще в 1980-і рр. Е. Н. Гусинський сформулював принцип невизначеності для гуманітарних систем, згідно з яким результати їх взаємодії і розвитку не можуть бути детально передбачені. В процесі навчання завжди відбуваються незаплановані малі зміни, флуктуації різних педагогічних систем (і окремої особистості, і колективу учнів, і системи знань). Тому в основі сучасних освітніх моделей повинен лежати принцип невизначеності ряду управлінських і навчальних параметрів.

Мережна освіта відноситься до нової освітньої парадигми, яку вона так і називає – мережною. Її відмітними особливостями є навчання на основі синтезу об'єктивного світу і віртуальної реальності за допомогою активізації як сфери раціональної свідомості, так і сфери інтуїтивного, несвідомого. Мережна взаємодія учня і комп'ютера характеризується як інтелектуальне партнерство, що представляє так званий «розподілений інтелект». На відміну від традиційної, мережна освітня стратегія орієнтована не на систематизацію знань і засвоєння чергового основного ядра інформації, а на розвиток здібностей і мотивації до генерування власних ідей.

Широке впровадження мережних інформаційних технологій породжує нову педагогічну реальність. Головне в цьому процесі - досягнення максимальної активності особистості при навчанні в мережному просторі, коли сам навчається визначає параметри своєї освіти.

Дискусії щодо реформування освіти та модернізації навчального процесу об'єднують усіх зацікавлених учасників – викладачів, чиновників, студентів, представників бізнесу – для розробки нових глобальних освітніх стратегій. Пріоритетом основних програм розвитку Європейської Ради «Європа 2020», «Болонський процес 2020», «Горизонти 2020» визнаються інновації. У зв'язку з цим напередодні «четвертої промислової революції» потребують активного обговорення проблеми людського фактору та соціальних змін. Загально визнано, що

здатність суспільства до інновацій – головний чинник розвитку економіки та забезпечення сталого майбутнього.

Швидкість темпів зростання та старіння інформації, розрив між вимогами освітян та роботодавців, труднощі взаємодії різних культур вимагають реагування освітньої інфраструктури. Вже відбулося кілька революційних змін в галузі збереження та розповсюдження інформації завдяки Інтернету (Wikipedia та Google), постійно зростає технологічність життя людини. Відповідно, активніше відбувається процес запровадження у школах та вузах ІТ-продуктів, онлайн-навчання, дистанційних курсів. І хоча виникають побоювання відносно якості навчання без живого спілкування з учителями, за даними звіту «Доповідь NMC Горизонт: Вища освіта – 2016», в якому висвітлюються сучасні тенденції та прогнози провідних світових експертів щодо перспектив розвитку освітніх технологій протягом 5-6 років відбуватиметься вдосконалення культури перетворень та інновацій в галузі освіти.

Доповідь присвячена вивченню та експертному аналізу ключових трендів і прогнозів розвитку освітніх технологій, які матимуть найбільш відчутний вплив на майбутні освітні процеси у вищій школі.

Експертами було виділено шість основних тенденцій, шість значимих викликів і шість вагомих зрушень у розвитку освітніх технологій, які були розмежовані за трьома майбутніми часовими горизонтами – 1-2 роки, 3-4 роки, 5 і більше років.

1-2 роки:

Підвищення уваги до вимірювання навчання: коледжі та університети переосмислюють методи визначення, вимірювання та демонстрації майстерності студентів щодо оволодіння навчальних дисциплін, у відповідь на сучасні соціально-економічні зміни і виклики.

Розширення сфери використання моделей змішаного навчання: прогрес у сфері навчальної аналітики, адаптивного навчання, а також поєднання передових асинхронних і синхронних інструментів сприяють розвитку змішаного навчання, хоча багато з цих методів, як і раніше, залишаються

об'єктом системних досліджень з боку онлайн-провайдерів освіти.

3-5 років:

Переформатування навчальних просторів: нові формати і методи навчання та викладання обумовлюють необхідність модернізації навчальних просторів. Для цього багато університетів сприяють розвитку нових педагогік і стратегій, таких як **перевернуте навчання**, чи оновлюють навчальне середовище, аби сприяти активнішому навчальному процесу. Освітні заклади на базі широкосмугового бездротового Інтернет-зв'язку розбудовують так звані «розумні простори» (smart rooms), щоби забезпечити доступ до веб-конференцій, реалізують інші форми віддаленої роботи для полегшення комунікацій.

Перехід до глибших підходів до навчання: для того, аби залишатися мотивованими, студенти повинні мати змогу усвідомлювати для себе чіткий зв'язок між навчальним планом і реальним світом довкола, а також можливий вплив на них нових знань і навичок. Проектно-, проблемно-, дослідницько-орієнтоване навчання та інші подібні методи стимулюють активнішу участь студентів у навчальному процесі, як у ході аудиторної роботи, так і за її межами.

5 і більше років:

Переосмислення діяльності інституцій: університетські заклади все активніше займаються дослідженнями та імплементацією альтернативних методів навчання і викладання, аби якісніше забезпечувати різноманітні потреби все більшого числа студентів. Новітні моделі освітнього процесу, зокрема гібридного навчання із застосуванням онлайн-технологій, чи компетентнісного підходу, все більше виявляють недоліки традиційної системи освіти відносно вже «нетрадиційних» сучасних студентів.

Сприяння культурі інновацій: для стимулювання інновацій та адаптації до постійно змінюваних економічних потреб суспільства, вищі навчальні заклади мають структуруватися таким чином, щоби забезпечити свою гнучкість і в той же час сприяти творчості та підприємницькому мисленню.

Зміна матеріально-технічного світу впливає на соціальну сферу, зокрема на педагогічну практику, а перед дослідниками постає завдання аналізу ситуації з визначенням перспектив. Очевидно, ми стаємо учасниками нових процесів, результати яких сьогодні важко оцінити. Тому, для аналізу та проектування власної педагогічної діяльності, що може розглядатися як складова системних перетворень, необхідно визначитися з дефініціями, уточнити критерії розрізнення старого та нового в освіті, систематизувати ознаки інноваційної педагогічної практики.

Вказаним проблемам присвячена дана колективна монографія.

Від імені авторів висловлюю щирю вдячність рецензентам доктору фізико-математичних наук, професору Ківу А.Ю., доктору технічних, доктору економічних наук професору Рамазанову С.К. та доктору педагогічних наук, професору Триусу Ю.В., чії критичні зауваження покращили як структуру, так і зміст монографії.

Редактор,
завідувач кафедри інформатики та прикладної математики
ДВНЗ «Криворізький державний педагогічний університет»
д.ф.-м.н., професор В. М. Соловійов

Кривий Ріг, квітень 2017р.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

1.1. МОДЕЛЮВАННЯ КОГНІТИВНИХ ПРОЦЕСІВ У СОЦІАЛЬНО-ГУМАНІТАРНИХ СИСТЕМАХ

Розглянуто особливості моделювання когнітивної складової соціально-гуманітарних систем. На прикладі використання мультимасштабних, мультифрактальних і мережних мір складності показано, що ці та інші синергетичні моделі та методи дозволяють коректно описувати кількісні відмінності когнітивних систем. Пропонується використовувати мережну парадигму складності для побудови нових педагогічних технологій

Ключові слова: когнітивні системи, складні системи, складні мережі, синергетика, міри складності, нові педагогічні технології

1. Вступ. У рамках нещодавніх досліджень форуму в Давосі у провідних світових роботодавців запитали, на що вплине такий стрімкий розвиток технологічного процесу, і в якому напрямку буде розвиватися ринок праці. Респонденти визначили 10 навичок, найбільш затребуваних до 2020 року:

1. Рішення комплексних завдань.
2. Критичне мислення.
3. Творчі здібності.
4. Управлінські таланти.
5. Координація з іншими.
6. Емоційний інтелект.
7. Здатність міркувати і приймати рішення.
8. Орієнтація на обслуговування.
9. Навички ведення переговорів.
10. Когнітивна гнучкість.

Очевидно, що когнітивна складова у трансформаційних процесах Індустрії 4.0 [1-3] є домінуючою, що актуалізує увагу до вивчення когнітивних процесів. Складності тут зводяться до того, що когнітивні процеси погано формалізуються. Тому поле теоретичних робіт до недавнього часу було практично порожнім. Картина кардинально змінилася з використанням останніх синергетичних досліджень. Справа в тому, що доктрина єдності наукового методу стверджує: для вивчення подій у соціально-гуманітарних системах застосовні ті ж методи і критерії, що і при вивченні природних явищ. Значних

успіхів вдалося досягти у рамках міждисциплінарних підходів і теорії самоорганізації - синергетики [4, 5].

В останні 10-15 років досягнення в галузі вивчення складних систем різної природи – фізичних, технічних, економічних, соціальних, біологічних, когнітивних тощо – мають завдячувати міждисциплінарним наукам, котрими є синергетика і теорія складних мереж (complex networks) [6].

Теорія складності вивчає динамічні процеси у незворотних багатокомпонентних інтерактивних адаптивних системах. Вона розглядає причини і механізми виникнення нових режимів і структур, вивчає характерні масштаби і швидкості перехідних і сталих процесів, передбачає ймовірні зміни системи і вказує на те, як можна було б управляти неочікуваними динамічними режимами, що виникають в складних системах. Саме теорія складних систем зі своїм багатим міждисциплінарним арсеналом методів і алгоритмів може стати адекватним інструментом для аналізу складних динамічних процесів і систем.

Теорія складних мереж вивчає характеристики мереж, враховуючи не тільки їх топологію, але й статистичні властивості, розподіл ваг окремих вузлів і ребер, ефекти розповсюдження інформації, стійкість, надійність і т.п. Мережна парадигма стала домінуючою при дослідженні складних систем оскільки дозволяє ввести не існуючі для часового ряду нові кількісні міри складності [7]. Більш того, мережна парадигма забезпечує адекватну підтримку основних концепцій Індустрії 4.0.

2. Постановка задачі дослідження.

Дане століття називають століттям складності. Сьогодні питання «що таке - складність?» вивчають фізики, біологи, математики і інформатики, хоча при теперішніх досягненнях у розумінні оточуючого світу, однозначної відповіді на це питання немає. З цієї причини, відповідно до ідеї І.Пригожина [5], будемо досліджувати прояви складності системи, застосовуючи при цьому сучасні методи кількісного аналізу складності.

Розглянемо детальніше поняття когнітології та охарактеризуємо основні інструменти дослідження когнітивних систем. Когнітологія – це наука про знання;

система методів і прийомів отримання, обробки, зберігання і використання людського знання. Когнітивна наука (наука про інтелект) - це широке поняття, що представляє собою точку зіткнення таких наук, як когнітивна психологія, психофізика, нейробіологія, лінгвістика, математична логіка, неврологія, філософія та дослідження у сфері штучного інтелекту. Однією з головних цілей цих дисциплін є виявлення прихованих резервів людського мозку та підвищення продуктивності інтелектуальної праці. Когнітологія досліджує моделі свідомості, пов'язані з процесами пізнання, з набуттям, виробленням, зберіганням, використанням, передачею людиною знань, з репрезентацією знань і обробкою інформації, яка надходить до людини різними каналами [23].

Існує багато різних методик для вивчення когнітивної науки. Оскільки наука є міждисциплінарною, дослідження часто перетинаються в кількох областях, спираючись на методи дослідження психології, неврології, інформатики та теорії систем.

Останнім часом стали доступні численні бази даних реальних мережних структур: мереж співпраці акторів кіно і вчених у різних галузях науки, мереж білкових взаємодій і метаболічних реакцій у живих клітинах, а також деяких технологічних мереж. Ці набори даних дозволяють у досить повному вигляді відобразити структуру і функції реальних складних систем. Отримані складні мережі традиційно поділяють на технологічні (Інтернет, WWW), соціальні (мережі знайомств, мережі співпраці) і біологічні (екологічні, функціональні мережі мозку, мережі білкових взаємодій, метаболічні мережі) [6].

У теорії складних мереж розвинені спеціальні методи для вирішення конкретних задач, але недостатньо загальних методів, що дозволяють алгоритмічно розв'язувати цілі класи задач. В якості джерел створення таких достатньо загальних методів можна розглядати теорію графів [24].

Раніше нами було введено різні кількісні міри складності для окремих часових рядів, зокрема: алгоритмічні [8], фрактальні [9], хаос-динамічні [10], рекурентні [11], неекстенсивні [12], нереверсивні, мережні та ін. [7, 13-15].

Суттєвою перевагою введених мір є їх динамічність, тобто можливість відстежувати у часі зміну обраної міри та порівнювати з відповідною динамікою вихідного часового ряду. Це дозволило нам співставити критичні зміни динаміки системи, що описується часовим рядом, з характерними змінами конкретних мір складності [7]. Виявилось, що кількісні міри складності реагують на критичні зміни в динаміці складної системи, що дозволяє використовувати їх в процесі діагностики та прогнозування майбутніх змін.

Переважна більшість запропонованих мір складності використовувалась для дослідження соціально-економічних систем і їх адаптація до когнітивних процесів у системах соціально-гуманітарних не є очевидною.

У даній роботі ми на деяких прикладах покажемо можливість використання ключових моделей і методів при дослідженні когнітивних процесів. Із усього арсеналу кількісних показників складності ми використаємо: (1) інформаційну міру – ентропію; (2) фрактальні – коефіцієнт Херста та ширину спектру сингулярності; (3) мережні міри – спектральні та топологічні міри складності.

Об'єктами дослідження є когнітивні процеси, що контролюють нейрофізіологічні та інші когнітивні характеристики людини:

- довжину повного кроку дітей різного віку [16], здорової молодої людини та похилого віку, чи такої, що має нейрозахворювання (Альцгеймера, Паркінсона, Хантінгтона тощо [17];

- інтервали часу між відкликами людини на слова [18];

- об'єкти когнітивної лінгвістики – твори різних авторів, різних жанрів, написаних різними мовами [19];

- дискретизовані різножанрові музичні твори [20].

Відповідні бази даних у вигляді часових рядів розташовані у відкритому доступі [21].

3. Інформаційні моно- та мультимасштабні міри складності.

Виходячи з різної природи методів, покладених в основу формування міри складності, вони приділяють певні вимоги до часових рядів, що слугують вхідними даними. Наприклад, інформаційні вимагають стаціонарності вхідних даних. При

цьому мають різну чутливість до таких характеристик, як детермінованість, стохастичність, причинність та кореляції. В даній роботі ми не використовуємо класичні інформаційні міри (наприклад, складність за Колмогоровим, ентропійні міри), оскільки складні сигнали проявляють притаманну їм складність на різних просторових і часових масштабах, тобто мають масштабно інваріантні властивості. Вони, зокрема проявляються через степеневі закони розподілу. Очевидно, що класичні показники алгоритмічної складності неприйнятні і призводять до помилкових висновків. Для подолання таких труднощів використовуються мультимасштабні методи.

Ідея цієї групи методів включає дві послідовно виконувані процедури: 1) процес «грубого дроблення» (coarse graining – «грануляції») початкового часового ряду – осереднення даних на сегментах, що не перетинаються, розмір яких (вікно осереднення) збільшувався на одиницю при переході на наступний за величиною масштаб; 2) обчислення на кожному з масштабів певного (до сих пір номасштабного) показника складності.

Процес «грубого дроблення» полягає в усередненні послідовних відліків ряду в межах вікон, що не перетинаються, а розмір яких τ – збільшується при переході від масштабу до масштабу (рис.1).

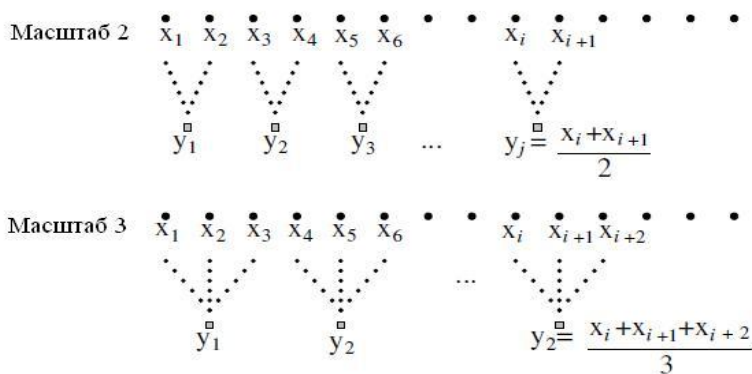


Рис. 1. Схематична ілюстрація процесу грубого дроблення («грануляції») початкового часового ряду для масштабів 2 і 3

Кожен елемент «гранульованого» часового ряду $y_j^{(\tau)}$ знаходиться у відповідності до виразу:

$$y_j^\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{i=(j-1)\tau+1}^{j\tau} x_i, \quad 1 \leq j \leq N/\tau,$$

де τ характеризує масштабний фактор. Довжина кожного «гранульованого» ряду залежить від розміру вікна і рівна N/τ . Для масштабу рівного 1 «гранульований» ряд просто тотожний оригінальному.

Продемонструємо роботу мультимасштабних мір складності на прикладах ентропій подібності і шаблонів [7]. Ентропія подібності (Approximate Entropy, $ApEn$) є «статистикою регулярності», що визначає можливість передбачувати флуктуації в часових рядах. Інтуїтивно вона означає, що наявність повторюваних шаблонів (послідовностей певної довжини, побудованих із чисел ряду, що слідує одне за іншим) флуктуацій у часовому ряді призводить до більшої передбачуваності часового ряду порівняно із рядами, де повторюваності шаблонів немає. Порівняно велике значення $ApEn$ показує ймовірність того, що подібні між собою шаблони спостережень не будуть слідувати один за одним. Іншими словами, часовий ряд, що містить велику кількість повторюваних шаблонів, має порівняно мале значення $ApEn$, а значення $ApEn$ для менш передбачуваного (більш складного) процесу є більшим.

При розрахунку $ApEn$ для даного часового ряду S_N , що складається із N значень $t(1)$, $t(2)$, $t(3)$, ..., $t(N)$, вибираються два параметри, m та r . Перший з цих параметрів, m , вказує довжину шаблону, а другий – r – визначає критерій подібності. Досліджуються підпослідовності елементів часового ряду S_N , що складаються з m чисел, взятих, починаючи з номера i , і називаються векторами $p_m(i)$. Два вектори (шаблони), $p_m(i)$ та $p_m(j)$, будуть подібними, якщо всі різниці пар їх відповідних координат є меншими за значення r , тобто якщо

$$|t(i+k) - t(j+k)| < r \quad \text{для } 0 \leq k < m.$$

Для розглядуваної множини P_m всіх векторів довжини m часового ряду S_N можна обраховуються значення

$$C_{im}(r) = \frac{n_{im}(r)}{N - m + 1},$$

де $n_{im}(r)$ – кількість векторів у P_m , що подібні вектору $p_m(i)$ (враховуючи вибраний критерій подібності r). Значення $C_{im}(r)$ є часткою векторів довжини m , що мають схожість із вектором такої ж довжини, елементи якого починаються з номера i . Для даного часового ряду обраховуються значення $C_{im}(r)$ для кожного вектора у P_m , після чого знаходиться середнє значення $C_m(r)$, яке виражає розповсюдженість подібних векторів довжини m у ряду S_N . Безпосередньо ентропія подібності для часового ряду S_N з використанням векторів довжини m та критерію подібності r визначається за формулою:

$$ApEn(S_N, m, r) = \ln(C_m(r) / C_{m+1}(r)),$$

тобто, як натуральний логарифм відношення повторюваності векторів довжиною m до повторюваності векторів довжиною $m+1$.

Таким чином, якщо знайдуться подібні вектори у часовому ряді, $ApEn$ оцінить логарифмічну ймовірність того, що наступні інтервали після кожного із векторів будуть відрізнятись. Менші значення $ApEn$ відповідають більшій ймовірності того, що за векторами слідує подібні їм. Якщо часовий ряд дуже нерегулярний – наявність подібних векторів не може бути передбачуваною і значення $ApEn$ є порівняно великим.

Зауважимо, що $ApEn$ є нестійкою до вхідних даних характеристикою, оскільки досить сильно залежить від параметрів m та r .

Ентропія шаблонів (Sample Entropy, $SampEn$) схожа з ентропією подібності, але при розрахунку ентропії шаблонів $SampEn$ додаються дві умови:

- не враховується подібність вектора самому собі;

- при розрахунку значень умовних ймовірностей $SampEn$ не використовується довжина векторів.

На рис. 2 представлена залежність ентропії подібності від масштабу ($scale$) для тестових сигналів – флікер ($1/f$) та білого ($wnoise$) шумів і сигналу електрокардіографа (ECG) у порівнянні з перемішаним сигналом (ECG shuffled).

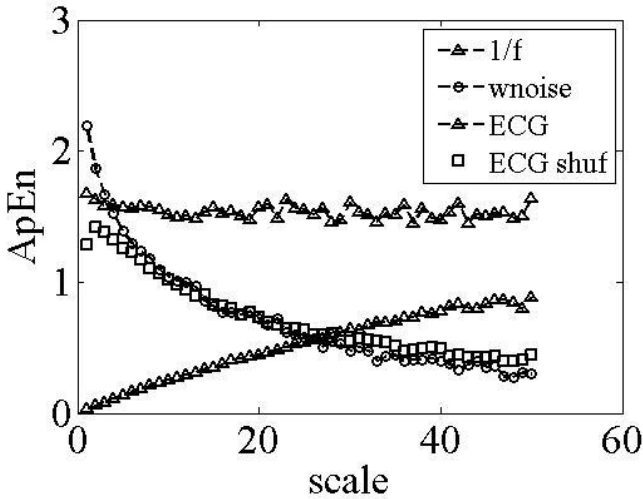


Рис. 2. Ентропія подібності штучних і природних сигналів в залежності від масштабу

З рис. 2 видно, що, як і очікувалось, масштабно-інваріантним виявився флікер-сигнал. ECG сигнал є складним на великих масштабах. Його складність втрачається при перемішуванні і стає дуже близькою до випадкового сигналу.

Когнітивні сигнали відрізняються і функціями автокореляцій: більш складні мають довшу «пам'ять», що проявляється у повільному спаданні функції автокореляції з лагом (рис. 3б).

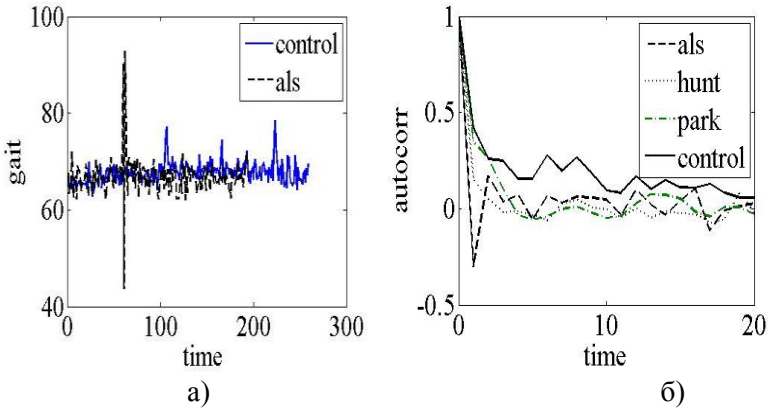


Рис. 3. Загальний вигляд часових рядів (а) та функції автокореляції (б) для флуктуацій довжини кроку у здоровій людини (control) та з хворобами Альцгеймера (als), Хантінгтона (hunt) та Паркінсона (park)

Відповідно більш складним є сигнал здорової людини і за мультимасштабною ентропійною мірою (рис. 4а). Ми також дослідили мультимасштабні міри складності для часових рядів довжини кроку у дітей віком від 40 до 163 місяців (рис. 4б).

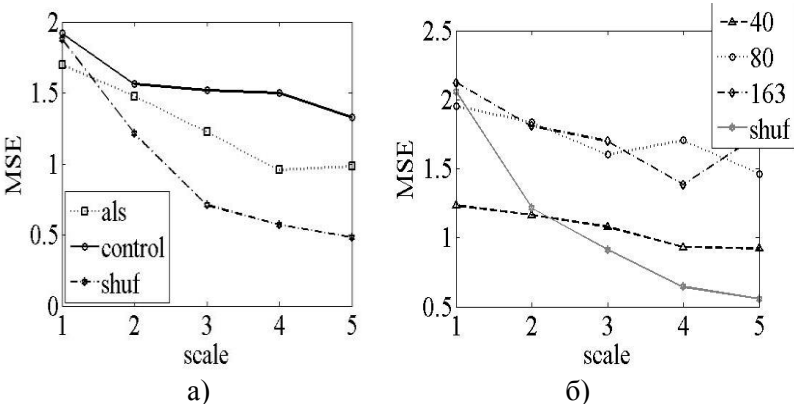


Рис. 4. Мультимасштабні ентропії шаблонів часових рядів довжини кроку для здорових та хворих на хворобу Альцгеймера (а) і дітей різного віку (б).

Очевидно, що складність сигналу для більш дорослої дитини зростає.

Для часового ряду інтервалів часу між відкликами людини на слова для автокореляційної функції та мультимасштабної ентропії шаблонів отримаємо результати, представлені на рис. 5.

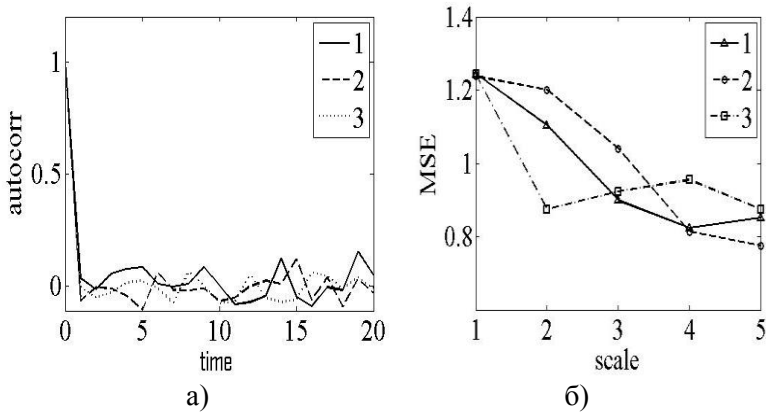


Рис. 5. Функції автокореляції (а) та мультискейлінгові ентропійні міри складності (б) сигналів 1-3 ряду інтервалів часу між відкликами людини на слова

На жаль, з причин недостатньої статистики та надкоротких часових рядів, ідентифікувати відмінності даними методами не вдається.

Аналогічні дослідження для музикальних творів різних жанрів (арія, блюз, бразильська самба) та літературних творів відомих авторів (Л.Толстого «Війна і мир», Л.Керрол «Аліса в країні чудес», Ч.Діккенса «Сверчок за очагом») дали результати, відображені на рис. 6.

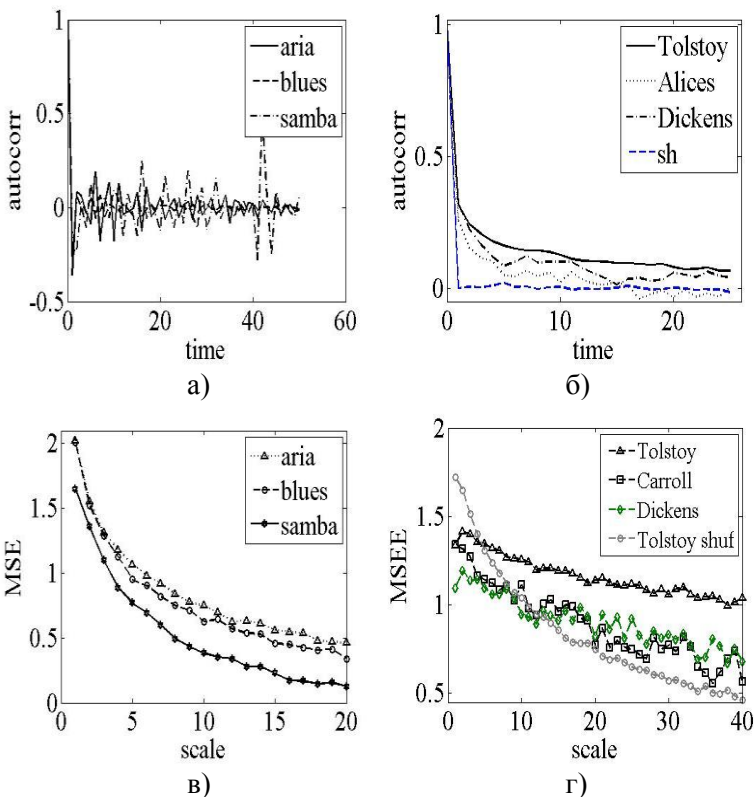


Рис. 6. Автокореляції музичних (а) та літературних (б) творів; в)-г) – відповідні мультимасштабні ентропійні міри складності

4. (Мульти-) фрактальні міри складності.

Мультифрактали – це неоднорідні фрактальні об'єкти, для повного опису яких, на відміну від регулярних фракталів, недостатньо введення усього лише однієї величини, його фрактальної розмірності D , а необхідний цілий спектр таких розмірностей, число яких, узагалі говорячи, нескінчене. Причина цього полягає в тому, що поряд з чисто геометричними характеристиками, обумовленими величиною D , такі фрактали володіють і деякими статистичними властивостями.

У загальному випадку процедура мультифрактального

АДФ (МФ-АДФ) реалізується наступним алгоритмом. Нехай ϵ послідовність x_k довжини N . Тоді:

1. Визначаємо накопичення $Y(i) \equiv \sum_{k=1}^i (x_k - \bar{x})$, $i = \overline{1..N}$.

2. Розбиваємо його на $N_s = \text{int}(N / s)$ сегментів однакової довжини s , що не перекриваються.

3. Для кожної із N_s підпослідовностей обчислюємо локальний тренд методом найменших квадратів, визначаємо відхилення $F^2(v, s) = 1/s \sum_{i=1}^s (Y((v-1)s + i) - y_v(i))^2$ для кожного сегмента v , $v = \overline{1..N_s}$ і для кожного $v = \overline{N_s + 1..2N_s}$. Тут $y_v(i)$ є інтерполюючий поліном на сегменті v .

4. Знаходимо середнє по всіх підпослідовностях для отримання функції флуктуацій q -го порядку

$$F_q(s) = \left(\frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} (F^2(s, v))^{q/2} \right)^{1/q}.$$

Стандартний метод

АДФ відповідає випадку $q = 2$.

5. Визначаємо скейлінгову поведінку функції флуктуацій шляхом аналізу у подвійному логарифмічному масштабі залежності $F_q(s)$ від q . Якщо послідовність x_i має довгочасові кореляції, $F_q(s)$ збільшується із збільшенням s згідно степеневому закону $F_q(s) \cong s^{h(q)}$. Для стаціонарних часових рядів, $h(2)$ ідентичний коефіцієнту Херста. Таким чином, функцію $h(q)$ можна назвати узагальненим коефіцієнтом Херста.

Разом з узагальненим коефіцієнтом Херста вводиться спектр узагальнених фрактальних розмірностей D_q , що характеризують розподіл точок в даній області і визначається за допомогою співвідношення $D_q = \tau(q) / (q - 1)$, де функція $\tau(q)$ має вигляд

$\tau(q) = \lim_{s \rightarrow 0} [\ln Z(q, s) / \ln s]$, а $Z(q, s)$ є узагальнена

статистична сума, яка характеризується показником ступеня q .

Для характеристики мультифрактальної множини використовують так звану функцію мультифрактального спектра $f(\alpha)$ (спектр сингулярностей мультифракталу), яка фактично дорівнює хаусдорфовій розмірності певної однорідної фрактальної підмножини з вихідної множини, що дає домінуючий внесок у статистичну суму при заданій величині q . Зв'язок між величинами $f(\alpha)$ і $\tau(q)$ визначається співвідношенням $\tau(q) = q\alpha - f(\alpha)$.

Екстремум функції $f(\alpha)$ визначає деяке середнє значення коефіцієнта Херста, а величина $\Delta\alpha = \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$ - ширина спектру мультифрактальності – характеризує міру складності системи.

На рис. 7 представлені спектри мультифрактальності деяких з описаних вище когнітивних систем.

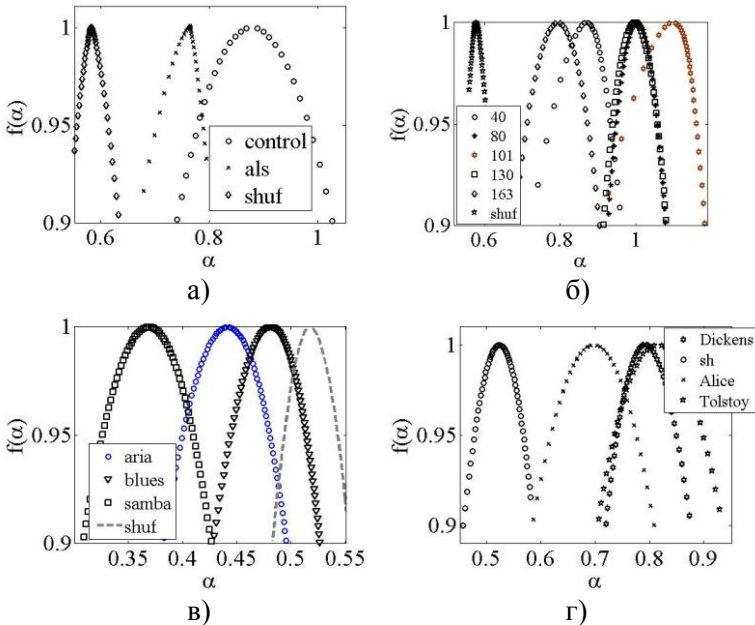


Рис. 7. Спектри мультифрактальності (а) дожини кроку здорових і хворих пацієнтів; (б) дітей різного віку; (в) музикальних творів різних жанрів; (г) літературних творів

Бачимо, що більш складні сигнали мають ширші спектри мультифрактальності. Отже і мультифрактальна міра складності може бути використана для аналізу когнітивних сигналів.

5. Мережні методи дослідження когнітивних процесів.

Одним з дуже важливих напрямів когнітивної науки є когнітивна лінгвістика. Когнітивна лінгвістика – напрям у лінгвістиці, що вивчає і описує мову з точки зору пізнавальних (когнітивних) механізмів, що лежать в основі розумової діяльності людини. Таким чином, когнітологія – це, так би мовити, обчислювальна машина, яка характеризує людину, аналізуючи її психіку, розумову діяльність, і на перше місце серед поставлених завдань висуває дослідження мови, яка перебуває в нерозривному зв'язку з людиною.

Значення мови для когнітології є надзвичайно великим, бо саме через мову можна об'єктивізувати розумову (ментальну, мисленнєву) діяльність, тобто вербалізувати її. З іншого боку, вивчення мови – це опосередкований шлях дослідження пізнання, бо когнітивні й мовні структури перебувають у певних співвідношеннях

Одним із інструментів дослідження когнітивної лінгвістики є теорія складних мереж. Вузли в таких мережах представляють собою елементи цих складних систем, а зв'язки між вузлами - взаємодії між елементами.

В останнє десятиріччя структурні властивості мови, тексти літературних творів і тексти, пов'язані з релігійною свідомістю, а також організацію музичних творів та живопису почали вивчати і аналізувати з точки зору застосуванням методів теорії складних мереж. Відповідні мережі утворюють особливу, маловивчену категорію, яку називають когнітивними мережами [25].

Термін «когнітивні мережі» був запропонований в роботах з дослідження мережної структури природної мови. Особливий інтерес представляє вивчення когнітивних мереж для розуміння принципів функціонування мозку. На сьогоднішній день дослідження з застосуванням теорії складних мереж у вивченні мозку сприяли більш глибокому розумінню загальних закономірностей взаємозв'язку різних рівнів його структурної організації, а залучення в ці дослідження концепції

когнітивних мереж дозволить врахувати деякі особливості творчих функцій людини.

Розглянемо особливості застосування теорії складних систем в задачах когнітивної лінгвістики. Першим кроком при застосуванні теорії складних систем (мереж) до аналізу тексту є подання цього тексту у вигляді сукупності вузлів і зв'язків, побудова мережі мови (language network). Існують різні способи інтерпретації вузлів і зв'язків, що призводить, відповідно, до різних уявлень мережі мови. Поряд з послідовним, «лінійним» аналізом текстів, побудова мереж, вузлами яких є їхні елементи – слова або словосполучення, фрагменти природної мови, дозволяє виявляти структурні елементи тексту, без яких він втрачає свою зв'язність. При цьому актуальною є задача визначення того, які з важливих структурних елементів виявляються також інформаційно-значущими, такими, що визначають інформаційну структуру тексту. Такі елементи можуть використовуватися також для ідентифікації ще не достатньо чітко визначених компонентів тексту, таких як колокації, надфразовою єдності, наприклад, при пошуку подібних фрагментів у різних текстах.

Відомо кілька підходів до побудови мереж з текстів, так званих мереж слів, і різні способи інтерпретації вузлів і зв'язків, що призводить, відповідно, до різних видів подання таких мереж. Вузли можуть бути з'єднані між собою, якщо відповідні їм слова стоять поруч у тексті, належать одному реченню або абзацу, з'єднані синтаксично або семантично. Збереження синтаксичних зв'язків між словами призводить до зображення тексту у вигляді направленої мережі (directed network), де напрямок зв'язку відповідає підпорядкуванню слова.

До найпростіших типів мереж когнітивної лінгвістики відносяться:

- *L*-простір. Зв'язуються сусідні слова, які належать одному реченню. Кількість сусідів для кожного слова (вікно слова) визначається радіусом взаємодії R , частіше всього розглядається випадок $R=1$.

- *B*-простір. Розглядаються вузли двох видів, відповідні речення і слова, які їм належать.

- *P*-простір. Всі слова, які належать одному реченню,

зв'язуються між собою.

- С-простір. Речення зв'язуються між собою, якщо в них вжиті однакові слова.

Відмітимо, що когнітивна мережа, утворена з деякої лінгвістичної одиниці, наслідує її властивості, і тому дослідження таких мереж може надати нетривіальну інформацію про саму лінгвістичну структуру (наприклад тексту).

Таким чином, якщо з деякого тексту (чи іншої лінгвістичної одиниці) за певним алгоритмом утворити складну когнітивну мережу (наприклад, семантичний граф), то виявляється доцільним використати топологічні і спектральні міри [7, 15] таких складних когнітивних мереж.

Проведемо попередньо дослідження розподілу частоти слів у творах російською, українською та англійською мовою. Розроблене нами програмне забезпечення аналізує текст твору, створює словник, кожне слово якого має унікальний код, в процесі аналізу підраховується кількість кожного зі слів твору, а також експортує текстовий файл кодів слів, які можуть бути піддані подальшому аналізу (аналіз частот, побудова графа, його аналіз).

На рис. 8-11 у логарифмічному масштабі наведено розподіли частот слів у творах. По осі x відкладено коди слів, які упорядковані по спаданню частоти, по осі y – відповідні частоти. Лінійний тренд відповідає показнику розподілу α із закону Зіпфа (Ціпфа): $p(k) \approx c k^{-\alpha}$.

Відомо, що для виконання закону Зіпфа показник α має приблизно дорівнювати одиниці. Виконання на даній лінгвістичній одиниці (тексті) рангового розподілу типу закону Зіпфа може бути ознакою «правильності» (хорошої організації) даного тексту, взятого як єдине ціле. При такому підході, наприклад, властивість закінченого мовного тексту бути «зіпфовським» розглядається в тому ж ряду («парадигмі»), що і властивість бути представленим у вигляді сукупності фраз, або ширше, взагалі бути побудованим за законами граматики даної мови.

З проведеного аналізу видно, що найкраще відповідають закону Зіпфа трагедія У. Шекспіра «Король Лір» (англійською), $\alpha = 1.131$ та поема І. Котляревського «Енеїда», $\alpha = 0.746$.

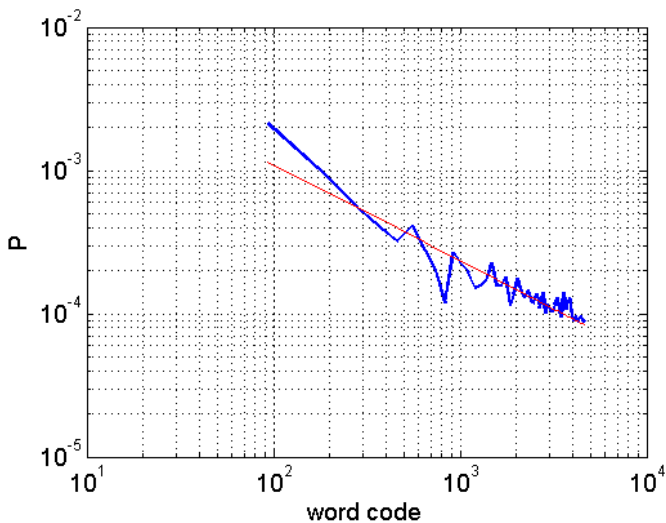


Рис. 8. Розподіл частоти слів у поемі О.С. Пушкіна «Борис Годунов», $\alpha = 0.673$

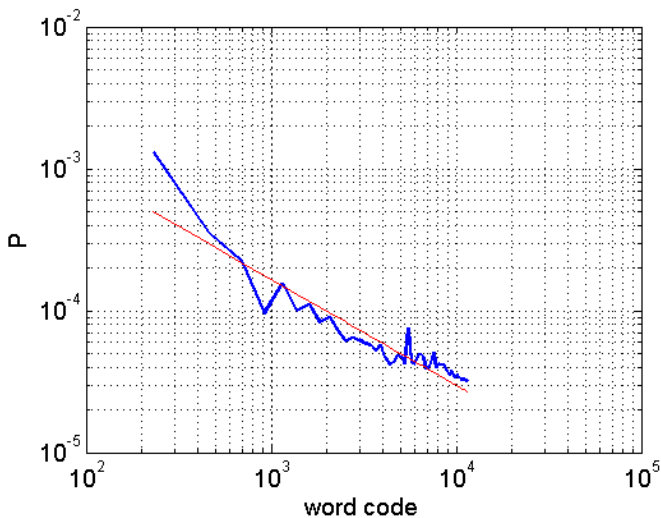


Рис. 9. Розподіл частоти слів у поемі І. Котляревського «Енеїда», $\alpha = 0.746$

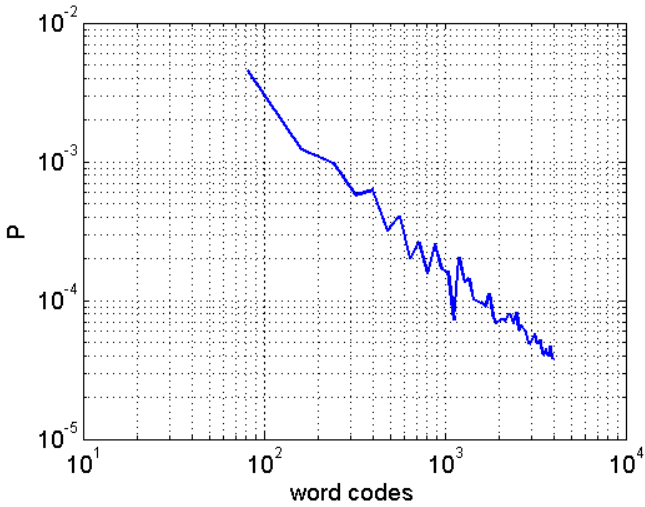


Рис. 10. Розподіл частоти слів у трагедії У. Шекспіра «Король Лір» (англійською), $\alpha = 1.131$

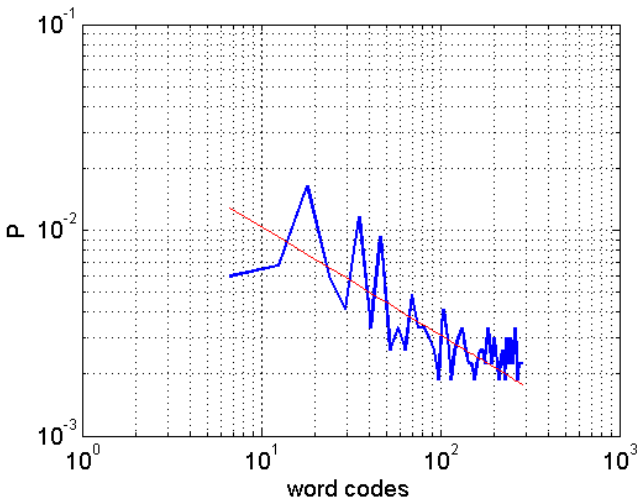


Рис. 11. Розподіл частоти слів у поемі Т. Г. Шевченка «Катерина», $\alpha = 0.526$

Відмітимо, що для нехудожніх текстів (наукових, технічних) цей закон виконується з великою «натяжкою». Науково-технічні тексти завжди супроводжуються схемами, діаграмами, таблицями і рисунками для кращого і більш швидкого сприйняття тексту.

Як ще один приклад моделювання когнітивних мереж, проаналізуємо зв'язки між поняттями у навчальних дисциплінах. Справа в тому, що опанування навчальних дисциплін неминуче пов'язане із засвоєнням і осмисленням понять курсу. Для засвоєння подальших понять у межах даної дисципліни необхідне розуміння уже засвоєних, нерідко в рамках уже вивчених дисциплін. Тому актуальною задачею є дослідження залежностей між поняттями та моделювання їх за допомогою когнітивних мереж [25].

У сучасній теорії мереж число зв'язків вузла (в теорії графів зв'язки та вузли це відповідно ребра і вершини графа) називається ступенем (degree). Поняття ступінь є локальною характеристикою графа. Нелокальну, цілісну структуру мережі визначають двома поняттями – шлях (path) і петля (loop) або цикл (cycle). Шлях – це почергова послідовність суміжних вузлів і зв'язків між цими вузлами, коли вузли не повторюються. Циклом чи петлею називається шлях, коли початковий і кінцевий вузли збігаються. Мережі без циклів називаються деревами. Число вузлів N (розмір мережі) і число зв'язків L в деревах пов'язані простим співвідношенням $N = L - 1$ [7].

Інструментом дослідження складних мереж, що базується на теорії графів є топологічний аналіз. При топологічному аналізі досліджуються параметри окремих вершин, параметри мережі в цілому та мережу підструктури [7]. До топологічних мір відносяться: середня довжина шляху ($\langle L \rangle$); коефіцієнт кластеризації (C) - показує при ланцюжку з трьох послідовних слів ймовірність знаходитись поряд першого і останнього слова; середня степінь вершини ($\langle d \rangle$); щільність графа, що є відношенням кількості ребер до кількості вузлів і позначається ρ ; діаметр графа (D), тобто, максимальна відстань між двома вузлами графа та ін. [7].

Результатом застосування лінійної алгебри у теорії графів є спектральний аналіз, що базується на алгебраїчних

інваріантах графу – його спектрах. Основними спектральними характеристиками складних систем є: максимальне власне значення матриці суміжності - λ_{\max} ; енергія графа (E_{gr}) - сума модулів власних значень матриці суміжності; алгебраїчна зв'язність (λ_2) - перше ненульове власне значення матриці Лапласа що, вказує на ступінь зв'язності графа; спектральний розрив, який визначається як різниця між модулями двох найбільших власних значень матриці суміжності, позначається $\Delta\lambda$ та максимальна степінь вершин (d_{\max}).

Нами проаналізовано 125 понять, які необхідні для засвоєння дисципліни «Економічна кібернетика» та взаємозв'язок між ними (зв'язок означає необхідність одного поняття для освоєння іншого). Аналогічне дослідження проведене для 138 понять курсу «Алгоритмізація і програмування».

Побудовані графи взаємозв'язків (рис. 12, 13) можуть бути використані для виявлення найбільш важливих понять, які мають найбільший ступінь вершини, а також понять, які знаходяться на шляхах вивчення інших важливих понять курсу. Візуалізацію отриманих при цьому графів здійснено за допомогою програмного продукту Gephi [22].

На рис. 12-13 розмір вузлів-понять когнітивних мереж характеризує міру важливості та основоположності відповідних термінів навчальної дисципліни.

Для отриманих графів були розраховані та проаналізовані їх спектральні і топологічні характеристики [7, 15]. Результати дослідження наведені в таблицях 1, 2.

Проаналізуємо знайдені значення мір (табл. 1). Міра Link Density – це міра щільності ребер, обчислюється як відношення кількості ребер графа до відповідної кількості вершин і визначає максимальну кількість ребер у даному графі.

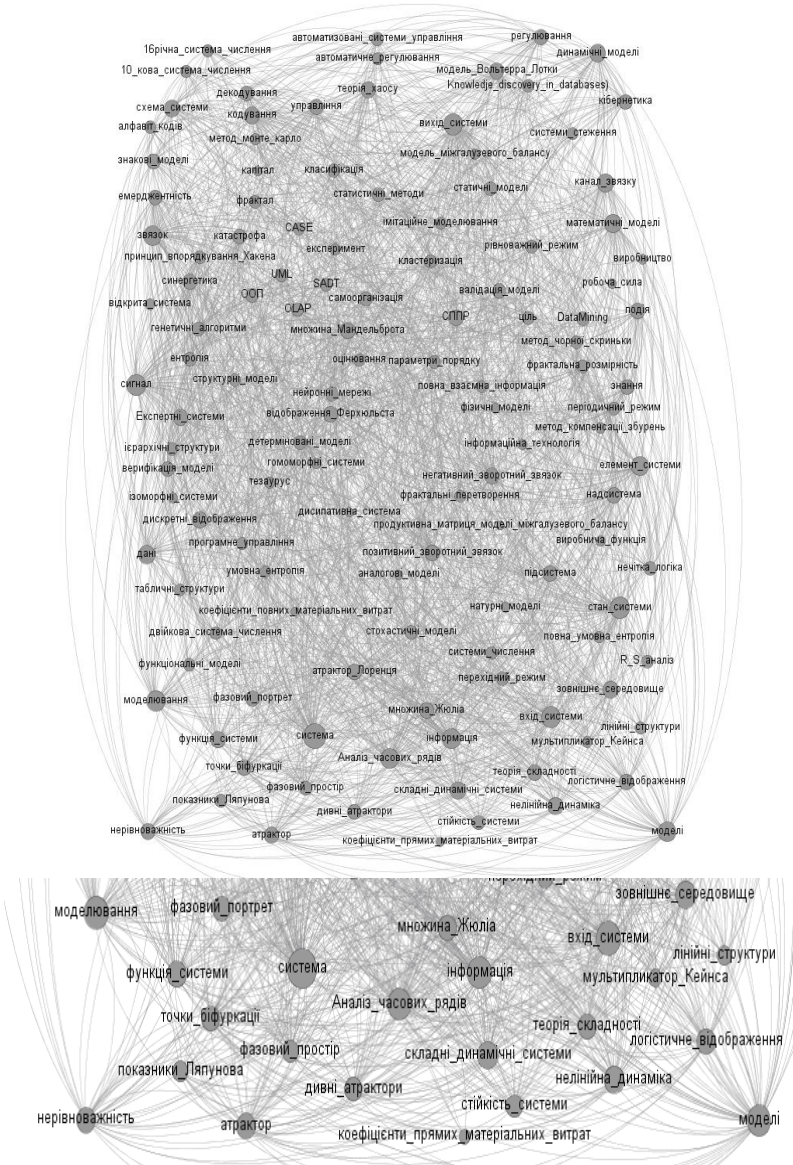


Рис. 12. Когнітивна мережа зв'язків понять курсу «Економічна кібернетика» та його окрема (нижня) частина в збільшеному масштабі

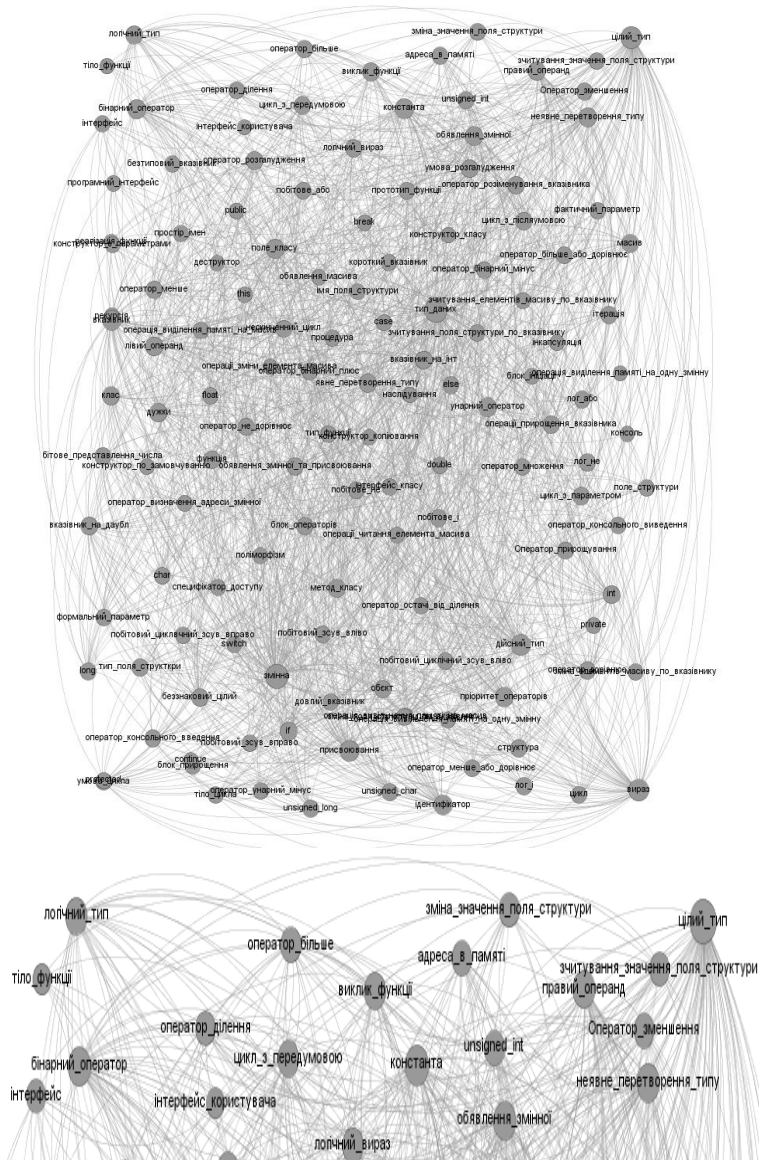


Рис. 13. Когнітивна мережа зв'язків понять курсу «Алгоритмізація і програмування» та його окрема (нижня) частина в збільшеному масштабі

Таблиця 1

Порівняння топологічних характеристик графів взаємозв'язків понять дисциплін «Економічна кібернетика» та «Алгоритмізація і програмування»

Назва міри	Граф дисципліни «Економічна кібернетика»	Граф дисципліни «Алгоритмізація і програмування»
Link density	0.35	0.20
max node degree	111	121
min node degree	3	1
mean node degree	42.90	26.53
max average node degree	58.85	40.00
min average node degree	0	0
mean average node degree	22.50	12.53
Clustering	0.055	0.013
mean node betweenness	0.07	0.21
Smooth diameter	1.69	3.00

Таким чином, значення 0.35 для графа дисципліни «Економічна кібернетика» означає наповненість ребрами приблизно на 34,6 % від максимально можливого. Щільність графу понять дисципліни «Програмування» є меншою: 19,7 %, що може бути пояснене меншою кількістю зв'язків між поняттями в середньому у графі.

Максимальна ступінь 121 вершини продемонстрував граф понять дисципліни «Програмування» (всього вершин в даному графі – 138). Але максимальне значення ступеня вершини у графі «Економічна кібернетика» 111 не поступається першому графу (всього вершин в графі «Економічна кібернетика – 125). Мінімальна ступінь вершин у графах «Економічна кібернетика» та «Програмування» є відповідно 3 та 1, що є практично однаковими. Середня ступінь вершини графу «Економічна кібернетика» становить 42,9, що у порівнянні з 26,5 для графа «Програмування» є вдвічі більшою. Це також підтверджує більшу зв'язність між поняттями дисципліни «Економічна кібернетика», ніж поняттями дисципліни «Програмування».

Локальна міра average node degree повертає середню

кількість сусідів кожної вершини i обчислюється, використовуючи лише вершини, суміжні з заданою та сусідів суміжних вершин (один шар сусідів). Таким чином, найбільшу середню кількість локальних сусідів (max average node degree) 58.85 має мережа «Економічна кібернетика» в порівнянні з 40 для мережі «Програмування». Мінімальна локальна ступінь вершин в обох графах дорівнює нулю. Середнє значення локального ступеня вершин (mean average node degree) для графа «Економічна кібернетика» дорівнює 22,5, а для графа «Програмування» становить 12,53, що підтверджує наявність більшої кількості зв'язків у першому графі.

Глобальний коефіцієнт кластеризації (Clustering) для графа є відношенням кількості послідовно з'єднаних трійок вершин до кількості трикутників (циклічно з'єднаних трійок вершин). Для графа «Економічна кібернетика» коефіцієнт кластеризації становить 0.055, а для граф «Програмування» становить 0.013.

Node betweenness – це локальна міра для вершини, яка означає кількість найкоротших шляхів, що проходять через задану вершину. Обчислюються усі найкоротші шляхи, використовуючи алгоритм Дейкстри, підраховується кількість таких шляхів. Середнє значення Node betweenness для усіх вузлів графа «Економічна кібернетика» становить 0.07, а для графа «Програмування» – 0.21. Це означає, що поняття курсу «Програмування» частіше знаходяться на шляхах засвоєння інших важливих понять.

Smooth diameter – наближене (згладжене) визначення діаметру: мінімальна відстань d , при якому для заданої (достатньо малої) порогової частини p , знайдеться $pn(n-1)/2$ пар вершин, які знаходяться на відстані, більшій d . Для графа понять дисципліни «Економічна кібернетика» значення згладженого діаметра становить 1.69, а для графа «Програмування» - 3, що може означати існування більш довгих шляхів у зв'язках між поняттями дисципліни «Програмування».

Спектральні властивості графів базуються на спектрі власних значень λ_i матриці суміжності та матриці Лапласа. Значення глобальних спектральних мір наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Порівняння спектральних характеристик графів взаємозв'язків понять дисциплін «Економічна кібернетика» та «Алгоритмізація і програмування»

Назва міри	Граф дисципліни «Економічна кібернетика»	Граф дисципліни «Алгоритмізація і програмування»
LambdaMax	51.53	33.14
Number of Connected Components	2	3
mean Lambda	21.42	13.22
algebraic connectivity	49.60	30.19
maxLambda2	21.77	11.08
graph energy	189.18	144.37

Найбільші власні значення матриці Лапласа для графів понять дисциплін та компоненти їх векторів показують важливі властивості графу в цілому та найбільш значущих його компонентів. Максимальне значення LambdaMax матриці суміжності є одним з показників складності графа. Це дає підстави вважати граф понять дисципліни «Економічна кібернетика» зі значенням LambdaMax=51.53 більш складним, ніж граф понять дисципліни «Програмування», для якого LambdaMax=33.14.

Кількість зв'язних компонентів графу (Number of Connected Components) відповідає кількості нульових власних значень матриці Лапласа. У графі дисципліни «Економічна кібернетика» їх виявилось 2, а в графі дисципліни «Програмування» - 3, що може бути пояснене дещо більшою зв'язністю останнього графа.

Середнє власне значення матриці Лапласа mean Lambda показує центр локалізації досліджуваного спектру власних значень. При порівнянні двох графів, більша величина середнього власного значення матриці Лапласа говорить про те, що і увесь спектр графу (у даному випадку, граф термінів дисципліни «Економічна кібернетика») приймає більші значення, що говорить про більшу складність графу «Економічна кібернетика».

Алгебраїчна зв'язність (algebraic connectivity) є другим

найбільшим власним значенням спектру власних значень матриці Лапласа для графа і показує ступінь зв'язності графа. Отримані розрахункові величини показують, що граф понять дисципліни «Економічна кібернетика» демонструє більшу зв'язність (49.60), ніж граф «Програмування» (30.19).

Останньою із наведених мір, що базуються на спектрі власних значень, є енергія графа, яка є сумою модулів власних значень матриці Лапласа. Даний показник дорівнює 189.181 для графа «Економічна кібернетика», що є більшим ніж 144.3694 для графу «Програмування».

З пророблених досліджень можна зробити висновок, що у дисципліні «Економічна кібернетика» система понять є більш зв'язана і складна. Це означає, що при вивченні наступних понять потрібно буде частіше повторювати значення уже вивчених. Система понять дисципліни «Програмування» містить менше залежностей і зв'язність графа менша. Хоча досвід вивчення даних дисциплін свідчить, що дисципліна «Програмування» не є простою у вивченні. Такий результат може бути пояснений тим, що графові моделі взаємозв'язків не враховують складність вивчення кожного з понять. Також додаткові зв'язки між поняттями, навпаки, можуть сприяти їх більш глибокому засвоєнню при повторному використанні в наступних розділах дисциплін.

Повернемося знову до вже аналізованих літературних творів і дослідимо їх мережні міри складності. Глобальні характеристики отриманих мереж наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Глобальні характеристики графів слів у художньому творі

Характеристика	«Борис Годунов»	«Енеїда»	«Король Лір»
Середня довжина шляху	3.593	3.151	2.851
Коефіцієнт кластеризації	0.127	0.228	0.363
Середня степінь вершини	4.971	6.884	10.979
Діаметр	10	9	6
Щільність графа	0.002	0.002	0.004
Модулярність	0.431	0.321	0.232
Кількість слабкозв'язаних компонентів	2	2	2

Поверхневий аналіз мір дає можливість зробити висновок, що твори російською та українською показують близькі між собою значення розрахованих мір, а значення для твору англійською більш значно відрізняється від творів російською та українською.

Проаналізуємо детальніше кожну з розрахованих мір.

Середня довжина шляху на графі для поеми «Борис Годунов» показала значення 3.593 слів, що незначно відрізняється від 3.151 для «Енеїди».

Трагедія «Король Лір» має середню довжину шляху 2.851 слів, що є менше ніж у графах поем «Борис Годунов» та «Енеїда».

Коефіцієнт кластеризації (транзитивності) показує при ланцюжку з трьох послідовних слів ймовірність знаходитись поряд першого і останнього слова. Для поеми «Борис Годунов» коефіцієнт кластеризації має значення 0.127, для поеми «Енеїда» – 0.228, що є вищим ніж у графі «Борис Годунов», а у трагедії «Король Лір» коефіцієнт кластеризації досягає 0.363, що є найбільшим з трьох творів, що аналізуються.

Середня ступінь вершини є міра, яка показує, скільки в середньому зв'язків у довільно вибраного вузла графа. У випадку графу текстів, скільки в середньому різних слів зустрічаються поряд з довільно вибраним словом. Для твору «Борис Годунов» середня ступінь вершини становить 4.971, що є найменшим значенням з трьох наведених творів. У графі слів поеми «Енеїда» середня ступінь вершини становить 6.884, що є на 2 слова більше, ніж у графі «Борис Годунов». У графі слів трагедії «Король Лір» даний показник дорівнює 10.979, що є найбільшим значенням. З вищезазначеного можна зробити попередній висновок, що граф слів трагедії У. Шекспіра «Король Лір» є найскладнішим з наведених для аналізу графів, оскільки має високу кластеризацію, короткі шляхи та високу ступінь вершин.

Діаметр графа є найдовшим шляхом між парою вершин графа. Для поем «Борис Годунов» та «Енеїда» даний показник має значення 10 та 9 вузлів, що є більшим, ніж 6 вузлів для трагедії «Король Лір». Це означає, що граф трагедії «Король Лір» є більш локалізованим та зосередженим, оскільки діаметр (найбільший шлях у даному графі) є коротшим, ніж у графів

інших творів, що розглядаються у даній роботі.

Щільність графа є відношенням наявної кількості ребер графа до максимально можливої кількості ребер у повному графі з аналогічною кількістю вершин. Даний показник дозволяє продемонструвати степінь наповненості графа ребрами. Для всіх трьох творів цей показник є низьким, але для творів російською та українською («Борис Годунов» та «Енеїда») цей показник склав 0.002, а для трагедії «Король Лір», яка написана англійською мовою, показник щільності графа збільшився до 0.004, що говорить про певні особливості англійської мови у взаємозв'язках між словами.

Модулярність – міра, яка показує взаємозв'язки між вузлами графу всередині груп та між групами. Для твору «Борис Годунов» модулярність досягає значення 0.431, яке є найбільшим серед проаналізованих творів. Для поеми «Енеїда» модулярність приймає значення 0.321, а для «Король Лір» - найменше значення 0.232.

Кількість слабкозв'язаних компонентів для усіх трьох творів дорівнює 2.

Таким чином, найбільш складним графом є граф слів трагедії У. Шекспіра «Король Лір», яка написана англійською мовою. Середню складність згідно вищенаведених показників продемонструвала поема І. Котляревського «Енеїда», а найменшу – поема О.С. Пушкіна «Борис Годунов».

6. Економічна когнітивістика

На сьогодні характерними та невід'ємними складовими функціонування будь-якої економічної системи є наявність економічних криз та проблеми прогнозованості кризових явищ. Однією з причин малоуспішних результатів прогнозування є ігнорування когнітивного аспекту під час здійснення прогнозу. Якщо в останнє десятиріччя, завдяки розвитку матеріально-технічної та теоретичної бази, спостерігається значний розвиток когнітивної науки в області: психології, біології, філософії, лінгвістики, нейрофізіології та ін., то дослідження когнітивних процесів в області економіки практично відсутні.

Важливим фактором інтенсифікації вивчення складних мереж в останні роки став високий рівень розвитку алгоритмів і комп'ютерних програм дослідження мереж.

Ключовою гіпотезою дослідження є припущення, що

когнітивні мережі, які відносяться до різних типів економічної динаміки можуть суттєво відрізнятися. Тому для аналізу було обрано по 25 економічних публікацій надрукованих у різні періоди, що охоплюють останню глобальну фінансову кризу 2008-2010рр.: до кризовий період (2006 р.), кризовий період (2008 р.), після кризовий період (2011 р.). Дані статті були взяті із офіційного сайту журналу «Актуальні проблеми економіки» [10].

Обчислені топологічні та спектральні міри наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Топологічні та спектральні характеристики графів слів у наукових статтях з економіки

Характеристика	до кризи	під час кризи	після кризи
$\langle L \rangle$	4,5016	4,3506	4,3022
C	0,034	0,042	0,041
$\langle d \rangle$	3,465	3,633	3,622
D	11,84	11,04	11,88
ρ_l	0,003	0,004	0,003
d_{\max}	89,56	84,27	100,92
$\Delta \lambda$	3,11	3,44	3,56
λ_{\max}	11,89	11,99	12,652
λ_1	2,05	2,72	2,57
E_{gr}	1452,90	1310,81	1388,96

Статті опубліковані під час економічної кризи мають середню довжину шляху 4.35 слів, що є середнім показником між графами публікацій до і після кризи. Коефіцієнт кластеризації (транзитивності) показує при ланцюжку з трьох послідовних слів, ймовірність знаходитись поряд першого і останнього слова. Для статті опублікованої під час кризи коефіцієнт кластеризації має значення 0.042, що є найбільшим з трьох публікацій, а отже в порівнянні з ними ці статті мають тісніший зв'язок між компонентами.

Середня степінь вершини - міра, яка показує, скільки в середньому зв'язків у довільно вибраного вузла графу. У випадку графу текстів - скільки в середньому різних слів зустрічаються поряд з довільно вибраним словом. Для

публікацій 2008 року середня степінь вершин становить 3.633, що є найбільшим значенням з трьох наведених. З цього можна зробити попередній висновок, що графи слів статті опублікованої під час кризи є найскладнішими з наведених для аналізу графів, оскільки має високу кластеризацію та високу степінь вершин.

Діаметр графа є найдовшим шляхом між парою вершин графа. Для публікацій до і після кризи дані показник мають значення 11,84 та 11,88, що є більшим, ніж 11,04 вузлів статті 2008 року. Це означає, що графи публікацій цього періоду є більш локалізованими та зосередженими, оскільки діаметр (найбільший шлях у даному графі) є коротшим, ніж у графів інших творів, що розглядаються у даній роботі.

Щільність графа є відношенням наявної кількості ребер графа до максимально можливої кількості ребер у повному графі з аналогічною кількістю вершин. Даний показник дозволяє продемонструвати степінь наповненості графа ребрами. Для всіх трьох прикладів цей показник є низьким, але для статті написаної в період кризи це показник дорівнює 0.004, що говорить про певні особливості у взаємозв'язках між словами.

Максимальну степінь (100,92) вершин продемонстрував граф публікацій надрукованих після кризи, що є найбільшим значенням серед проаналізованих. Показник спектрального розриву, показує наскільки швидко система повернеться до нормального стану. Найбільше значення (3,595) цього показника мають статті 2011 року. Так, як максимальне значення λ_{\max} матриці суміжності є одним з показників складності графу, тобто графи побудовані зі значеннями $\lambda_{\max} = 12.65$ є більш складним, ніж графи із значеннями $\lambda_{\max} = 11.99$ та 11.89.

Із результатів обчислення показника алгебраїчної зв'язності можна сказати, що граф статті, опублікованої в період кризи, демонструє більшу зв'язність (2.72), ніж два інших графа (2006р. та 2011р. відповідно). Останньою спектральною мірою, є енергія графа, даний показник дорівнює 1310.81 для графу публікацій 2008р., що є меншим ніж 1452.96 та 1388.96 для публікацій 2006 та 2011 років.

На рис. 14 представлено когнітивну мережу статті в кризовий період.

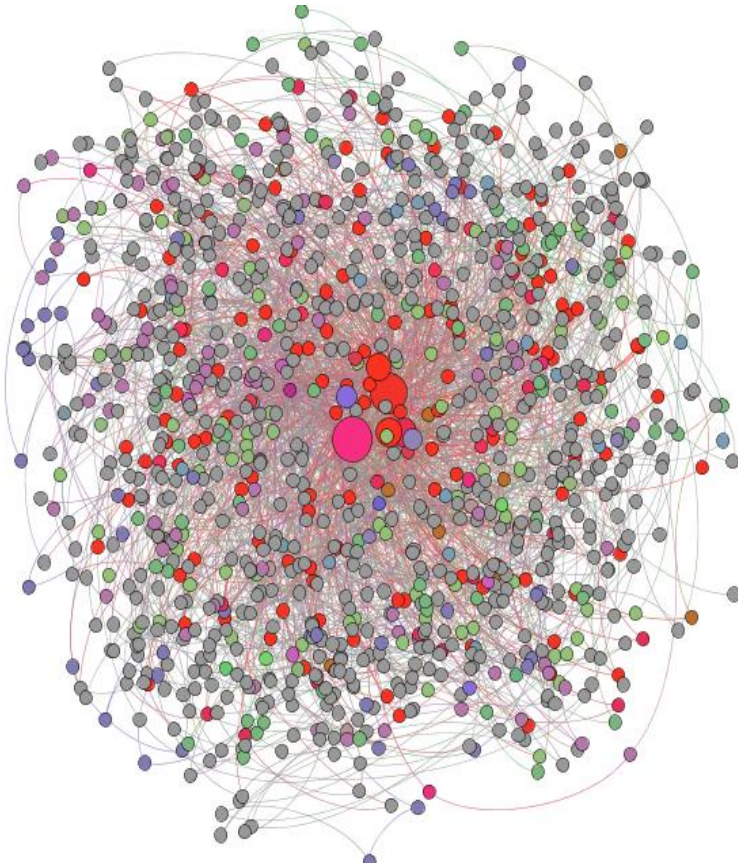


Рис. 14. Когнітивна мережа (без назв вузлів) статті з економіки за 2008 р.

Отже, аналіз сутності і особливостей когнітивної науки свідчить про можливість використання її моделей і методів для дослідження економічних систем.

7. Висновки. Таким чином, дослідження соціально-гуманітарних систем, сутнісним ядром яких є когнітивна компонента, можливо проводити у рамках синергетичної

парадигми, сучасною гранню якої є теорія складних мереж. Розглянуті окремі методи теорії складних систем демонструють можливість кількісного аналізу когнітивних функцій.

Крім фундаментального наукового значення – розуміння роботи людського мозку – роботи в даному напрямку мають за мету подолати загальну криза системи освіти, суть якої полягає в неадекватності цілей, змісту, форм і методів освіти новим умовам. Розвиток інформаційних технологій і синергетичних уявлень не міг не позначитися і на розвитку педагогічної науки [27]. Традиційна педагогіка, заснована на "жорстких" (за В.І.Арнольдом[28]) моделях, не сприймає тієї обставини, що в школі наявний неминучий певний хаос, що флуктуації на мікрорівні грають істотну роль у визначенні цілей навчання на найближчу перспективу. Хаос постає як механізм впливу на еволюцію. В "м'якій" моделі процедура навчання - це не передача знань як естафетної палички від однієї людини до іншої, а створення умов, при яких стає можливим процес самоосвіти учня в результаті його активної і продуктивної творчості [29, 31]. У зв'язку з широким розповсюдженням глобальних і локальних мереж в умовах мережного простору принципово змінюються форми збору, обробки, перетворення, передачі, накопичення інформації та створення інформаційного продукту. В результаті з'являється можливість реалізувати інтелектуальний потенціал великих обсягів інформації. В якості ведучого повинен розглядатися принцип навчання у співпраці в рішенні навчальних і професійних проблем, в першу чергу при колективному навчанні через мережу [30]. Саме у синергетичному шляху пошуку нових моделей навчання, корегування їх на когнітивному рівні, адекватної квантифікації процесуальних характеристик [32] ми вбачаємо майбутнє якісної освіти.

Список використаних джерел:

1. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / Джереми Рифкин ; Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2014. — 410 с.
2. Schwab K. The Forth Industrial Revolution / Klaus Schwab -

[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.amazon.com/dp/B01AIT6SZ8>.

3. Марш, П. Новая промышленная революция. Потребители, глобализация и конец массового производства [Текст] / пер. с англ. Анны Шоломицкой. – М.: Изд-во Института Гайдара, 2015. – 420 с.

4. Малинецкий Г.Г. Теория самоорганизации. На пороге IV парадигмы / Г.Г. Малинецкий // Компьютерные исследования и моделирование. – 2013. –Т.5, №3. – С.315-366.

5. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках / И. Пригожин. – Перевод с английского. Серия «Синергетика: от прошлого к будущему». Изд.3 URSS, 2006. - 296 с.

6. Barrat A. Dynamical processes on complex networks / Barrat A., Barthelemy M., Vespignani A. // Cambridge University Press, 2008. – 347 p.

7. Соловйов В.М. Моделювання складних систем / В.М. Соловйов, О.А. Сердюк, Г.Б. Данильчук // Навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни. – Черкаси : Видавець О. Ю. Вовчок, 2016. – 204 с.

8. Соловйов В.М. Кількісні методи оцінки складності в прогнозуванні соціально-економічних систем / В.М. Соловйов, К.В. Соловйова // В колект. монографії: «Прогнозування соціально-економічних процесів: сучасні підходи та перспективи». Бердянськ. - 2012.- с.141-155.

9. Соловйова В.В. Порівняльний аналіз динаміки фондового ринку України з використанням фрактальних мір складності / В.В. Соловйова, В.М. Соловйов, К.В. Соловйова // Вісник Черкаського університету, сер. «економічні науки», 2012. №33 (246). –С.51-58.

10. Соловйов В.М. Використання масштабно-залежних показників Ляпунова для дослідження складності фінансово-економічних систем / В.М. Соловйов, І.О. Стратійчук // Наука і економіка, науково-теоретичний журнал Хмельницького економічного університету, 2012. №4 (28), т2. -С.88-93

11. Соловйов В.М. Рекурентні міри як метод кількісної оцінки складності / В.М. Соловйов, А.В. Батир // Вісник КНУТД, 2012, №5, с.254-257.

12. Соловйов В.М. Ентропія Тсалліса і неекстенсивні міри

складності економічних систем / В.М. Соловійов, О.А. Сердюк // В колект. монографіи «Модели оценки и анализа сложных социально- экономических систем».-Х.: ИД «ИНЖЕК», 2013.- С. 146-157.

13. Рибчинська О.М. Нереверсивні міри складності / О.М. Рибчинська, В.М. Соловійов, Д.М. Чабаненко // В колект. монографії «Інформаційні технології та моделювання в економіці: на шляху до міждисциплінарності».- Черкаси: Брама-Україна, 2013. – С. 100-108.

14. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: [Монографія] / В.Д. Дербенцев, О.А. Сердюк, В.М. Соловійов, О.Д. Шарапов – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.

15. Соловійов В.М. Мережні міри складності соціально-економічних систем // Вісник Черкаського університету, сер. «Прикладна математика. Інформатика», 2015. № 38 (371) – С.67-79.

16. Hausdorff, J. M., L. Zeman, C.-K. Peng, and A. L. Goldberger. Maturation of gait dynamics: stride-to-stride variability and its temporal organization in children. / J. Appl. Physiol. – 1999. – V.86, No3. – P.1040–1047.

17. Delignieres D., Torre K. Fractal dynamics of human gait: a reassessment of the 1996 data of Hausdorff et al. / J Appl Physiol. – 2009. – V.106. – P.1272–1279.

18. Marieke M.J., W. van Rooij, Bertha A. Nash, Srinivasan Rajaraman and John G. Holden A fractal approach to dynamic inference and distribution analysis. / Frontier in Physiology. – 2013. – V.4, No1 – P.1–16.

19. Ausloos M. Generalized Hurst exponent and multifractal function of original and translated texts mapped into frequency and length time series [Електронний ресурс] – Режим доступу: arXiv:1208.6174v1 [physics.data-an].

20. Xiao Fan Liu, Chi K. Tse, Michael Small. Complex network structure of musical compositions: Algorithmic generation of appealing music. / Physica A. – 2010. – V.389 – P.126–132.

21. Бази даних для систем різної природи. Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.comp-engine.org/timeseries/>

22. The Open Graph Viz Platform. – [Електронний ресурс] –

Режим доступу: <https://gephi.org/>

23. Кубрякова Е.С. О когнитивной лингвистике и семантике термина «когнитивный» / Е.С. Кубрякова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – Воронеж, 2001. – С. 4–10.

24. Зыков А.А. Основы теории графов. Учебное пособие /А.А. Зыков.– М.: Наука, 1987. – 384с.

25. Евин И.А. Когнитивные сети / А.А. Кобляков, Д.В. Савриков, Н. Д. Шувалов //Компьютерные исследования и моделирование. –2011, т. 3, № 3– С. 231-239.

26. Актуальні проблеми економіки. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://eco-science.net/>

27. Кремень В.Г. Педагогічна синергетика: понятійно-категоріальний синтез. / Теорія і практика управління соціальними системами. – 2013, № 3. – С. 3-19.

28. Арнольд В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. - М.: МЦНМО, 2004. - 32 с.

29. Тестов В.А. «Жесткие» и «мягкие» модели обучения. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://portalus.ru>

30. Тестов В.А. Переход к новой образовательной парадигме в условиях сетевого пространства. / Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. - 2012, № 4 (1). - С. 50–56.

31. Браже Р.А. Синергетика и творчество: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 204 с.

32. Фирстов В.Е. Классификация педагогических измерений как важнейший элемент концепции модернизации отечественного образования / Перспективы науки и образования. – 2013, № 5. – С. 85-94.

ANNOTATION

Ahadzhanova S. V., Viunenko O. B., Tolbatov A. V., Ahadzhanov-Gonsales K. H., Tolbatov V. A. Key aspects of agricultural universities distance education monitoring system construction

The aim - to improve the quality of the evaluation process of distance learning through the development of monitoring information technology of agricultural universities' distance learning subsystem. The object of study is the process of online distance learning. Subject of research - methods and tools for monitoring the process of distance education in agricultural universities. Methods include general scientific research methodology and principles of system approach; case study methods. The results of the study - was considered and analyzed modern monitoring technology and quality assurance, formulated the basic principles and criteria of the future monitoring system of Agricultural Universities distance education as intellectually challenging expert system. Today's standard of electronic distance learning systems is expanded and modified version of the standard SCORM, known as the Experience API (xAPI), which focuses on the task of providing the interactivity of the learning process and monitor its progress. Data collected during the monitoring should be considered as an information basis for effective management of the educational process in an organization that is innovative platform to improve its content, methodical, organizational sides.

Keywords: distance education, distance education monitoring system, intellectual system of distance education.

Bobyliov D., Popel M. V.. Features of Application of Cloud Environment SageMathCloud in Training Future Teachers of Mathematics Course «Differential Equations»

The *aim* of this study is study of features the use of cloud environment while studying of future teachers of mathematics course «Differential Equations». *Objectives of the study* is to analysis of the implementation of SCM learning Universities, delineation the advantages of cloud services compared with commercial SCM, the role of the course «Differential Equations»

among mathematical disciplines, specific decision of tasks course «Differential Equations» tools of SageMathCloud. The *object of research* is to learning future teachers of mathematics course «Differential Equations». The *subject of research* is the process of using cloud environment during SageMathCloud solving differential equations. In this work an analysis of implementation SCM, SCM commercial including the curriculum universities. An alternative serves implementing cloud services, which have a number of advantages over commercial SCM. Reveal the specifics study course «Differential Equations» and outlines the advantages of the implementation SCM of study this course compared to other mathematical disciplines. The features of using cloud environment SageMathCloud in solving common tasks on the course «Differential equations». *Results of the study* is planned to generalize for further design and development of training methods the course «Differential Equations» with support SageMathCloud.

Keywords: cloud technologies, cloud serices, differential equations, use of SageMathCloud, SageMathCloud.

Burachek V. R. Optimizing range of information tools support the educational process in higher education

The study is optimization tools informatization of educational process in high school. The object of study is to analyze the existing list of information hardware and software suitable for use in training in higher education. The object of the research is the process of using modern information products in the learning process. The subject of research is the use of information systems and technology specialist and general purpose in the classroom. The basic tools of information support of the educational process in training economic direction, their effectiveness in teaching different disciplines cycles possible ways of optimizing the implementation of modern information products to the educational process. The results of research partially used in teaching disciplines of mathematical cycle, partially planned to further use in the professional training of economists.

Keywords: educational process, information technology, application specialized information systems.

Danylchuk H.B. Using technical analysis in the course «Modeling of Economic Dynamics» for students of «Economics»

Aim of the study is to develop a system of theoretical knowledge and practical skills in the use of modern simulation techniques in the preparation of specialists in economics. The paper analyzed, summarized and systematized research on training economists and the necessity of using the latest teaching methods of modeling and forecasting. A decision support system Entropy Complex for analysis and modeling of economic systems entropy methods. The study recommendations, implementation of which should contribute to improving the teaching of courses in economic modeling to students directly.

Keywords: modeling, technical analysis, econophysics methods entropy indicators time series.

Gadetska Z.M. Formation of the informational and educational environment of universities on the basis of technology of «cloud computing»

Article is devoted to actual problems of researches of implementation of means and services of cloud computing in educational process. The concept is probed is cloudy the oriented environment of educational institution, the main stages of its formation are selected. The current state and tendencies of distribution of means of cloud computing at universities are defined. The proposed model cloudy oriented academic environment of the university.

Keywords: cloud technology; cloud-oriented educational environment; cloud ICT.

Kiv A. E., Orischenko V. G., Tavalika L. D., Sue Holmes. Computer testing of operator's creative thinking

A model of thinking space in which the thinking processes are considered as an accumulation of thinking steps, or thinking elements, is proposed. Differential equations are formulated for thinking processes corresponding to concrete kinds of professional activities. On the basis of the mathematical model of thinking processes new computer tests for operator's creative thinking testing were worked out. Application of new tests is illustrated in the case

of work-group organisation.

Keywords: thinking space, psychological parameters of thinking, intuition, logic, professional activities, computer tests.

Korolskii V. V., Shokaliuk S. V.. Modeling and Generating a Multiple Tasks by Contents Module «Integration of One Variable Functions»

The *aim* of this study is the construction and preparation for the practical use of mathematical models of multivariate problems with integration of functions of one variable. *Objectives of the study* is to construct mathematical models of multivariate problems in finding an indefinite integral of a rational function of a certain kind and calculating the area of parabolic shapes; development of software for their automated generation. The *object of research* is the process of constructing a multiple mathematical problems. The *subject of research* is mathematical models and software implementation of multivariate problems on finding indefinite integrals and calculating the area of parabolic shapes. The paper presents the stages of constructing mathematical models of these problems multivariate To help teachers proposed a program generator problems that implemented among SageMathCloud. *Results of the study* will be used to support computer-based learning mathematical analysis of future teachers of mathematics.

Keywords: definite integral generator math problems, mathematical modeling, indefinite integral, parabolic shape, rational function, a multiple mathematical problems.

Logvinenko V.G. Model of quality of blended learning of students of higher agricultural institutions in the learning process of computer science

The aim of this study is to construction and implementation of the Model of quality of blended learning of students of higher agricultural institutions in the learning process of computer science. Objectives of the study is to analyze the existing approaches to blended learning, the quality of blended learning, the problem statement of building of the Model of quality of blended learning, to review the method of its solution. The object of research is the blended learning in the computer training students agrarian profile. The subject of research is to build the Model of quality of blended

learning and its use for the organization academic disciplines Department of Cybernetics and Informatics. In this work the analysis and systematization of research on the blended learning and its quality, made organization of the study particular subjects at the our Department by the blended learning technology, the estimation of the effectiveness of this technology. Results of the study is planned to summarize the recommendations on the use of blended learning technologies in the agricultural university.

Keywords: blended learning, quality of education, quality of blended learning, Mathematical model, optimization problem.

Moiseienko M. V. Computer simulation of molecular systems in studies of teachers of chemistry and informatics

The aim of this study is projecting and realization computer-oriented studies of future teachers of chemistry and informatics to modeling of objects (processes, phenomena and systems) of quantum mechanics at master's degree level of higher education. Objectives of the study is ground of necessity of studies of master's degrees of chemistry - future teachers of chemistry and informatics - computer modeling of objects of quantum mechanics at support of the specialized software tool the «Active constructor of the hierarchical systems», determination of maintenance of laboratory practical work from discipline (elective course) "Newest information technologies in scientific researches and education" and features of methodology of its studies. The object of research is the process of studies of bachelors and master's degrees of chemistry – future teachers of chemistry and informatics. The subject of research is content and software tools of studies of computer modeling of objects of quantum mechanics. In the article is shown a necessity the detailed study future teachers of chemistry and informatics theories and practices of computer modeling of objects of quantum mechanics, the unfolded maintenance over of the computer-oriented laboratory practical work of selective discipline (elective course) «Newest information technologies in scientific researches and education» or the master's degrees of specialty 014 Secondary education(Chemistry), the features of methodology of his introduction are marked. Results of the study is planned to summarize for development of recommendations in relation to planning of educational standards and curricula of preparation of

master's degrees after specialty 014 Secondary education (Chemistry) and specialization of 014 Secondary education (Informatics).

Keywords: quantum mechanics, computer modeling of chemical objects, active constructor of hierarchical structures, nanotechnologies.

Mukoseenko O.A. Let us play detective games at computer lessons

The usage practicability of the famous detective novels plots has been estimated to motivate pupils for informatics learning activity on the basis of statistics data. The programs and books on informatics for pupils in grade from 3 to 11 of secondary general schools have been analyzed. The informatics tasks which coincide with the activity of detectives in movies plots have been detected. The software for such tasks has been estimated.

Keywords: informatics, primary and secondary comprehensive schools, motivation, movies, software.

Shokaljuk S. V., Markova O. M., Semerikov S. O. SageMathCloud as the Learning Tool Cloud Technologies of the Computer-Based Studying Mathematics and Informatics Disciplines

The *aim* of this study is to determine peculiarities of computer-based learning and mathematical disciplines in informatychnyh oriented cloud environment SageMathCloud. *The objectives of the study* is to investigate the didactic potential SageMathCloud, study its structure SageMathCloud isolation components to create a cloud-oriented software and learning systems and distance learning courses in the mathematics and informatics disciplines. *The object of research* is computed mathematically-oriented education informatics disciplines. *The subject of research* is the learning tool cloud technologies of the computer-based studying mathematics and informatics disciplines. In this paper, the characteristics of the didactic potential SageMathCloud environment for the implementation of computer-based learning natures, mathematics and informatics disciplines with the use of cloud technologies; lists and illustrates the basic components SageMathCloud, which can be used in the design of cloud-based software and methodical complex

and remote training course. *Results of the study* will be the basis for writing guidelines for teachers of natural, mathematics and informatics cloud-oriented software and learning systems and distance learning courses based on SageMathCloud.

Keywords: cloud-oriented program-methodical complex, distance learning course, IPython interpreter, mathematics computer system, publishing LaTeX, SageMathCloud.

Shumeiko A.A., Iskandarova A. IRT profiles scheme using linear spline with free nodes.

The article deals with the construction characteristics of the aggregate quality of tests using linear splines. It was found that the use of polygons with free node allows to build an integral characteristic quality of compilation of tests task.

Sologub A.I., Sologub A.A. The theory of modern natural creative education: paradigm, technologies, equipment

The article is an attempt to justify the theory of modern specialized creative education of high school students according to the challenges of modern socio-economic development of Ukraine.

Keywords: creative pedagogical paradigm, technology profile natural science education, pedagogical technique of creative learning

Soloviev V., Kharadjan N. Modeling of cognitive processes in social and human systems

The features of modeling cognitive component of social and human systems. For example, use multiscale, multifractal measures and network complexity shows that these and other synergistic models and methods can correctly describe quantitative differences in cognitive systems. It is proposed to use the network complexity paradigm for the construction of new educational technologies.

Keywords: cognitive systems, complex systems, complex networks, synergetics, measures of complexity, new educational technologies.

Solovieva V.V. The modeling the crisis in socio-economic systems of the methods of nonlinear dynamics

The comparison of the results of multifractal analysis for a

currency, commodity and stock markets were provided. It is shown that the Herst local coefficient and multifractal analysis are the indicator-precursor of the crisis. The features of the dynamics of a spot market of in times of crisis by means of the network analysis were investigated. The obtained results provide grounds to assert that unlike the stock markets, commodity the markets practically uncorrelated, which greatly complicates the forecasting of adverse events.

Keywords: stock index, the Herst local coefficient, multifractal spectrum, indicator-precursor of the crisis, complex network, measure of complexity, topological analysis, spectral analysis, crisis.

Vihrova O. V., Zinonos N. O. Model of the pedagogical conditions implementation of foreign students' adaptation to study sciences and mathematics at universities

This research studies the effects of the adaptation process model and pedagogical conditions for the foreign students' adaptation to the study of sciences and mathematic on student achievement. The model of the foreign students' adaptation was developed; the main components of model are objectives, principles, content, methods, tools and forms of learning. In particular, we are focused on the three categories of adaptation: adaptation to the didactic requirements of sciences and mathematics, adaptation to the requirements of training (study skills) and sociopsychological adaptation to the university environment – to carry the academic responsibilities.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ	10
1.1. Моделювання когнітивних процесів у соціально-гуманітарних системах.....	10
1.2. Computer testing of operator’s creative thinking.....	45
1.3. Побудова профілів IRT за допомогою кусочно-лінійної регресії з вільними вузлами.....	50
1.4. Моделювання кризових явищ в соціально-економічних системах методами нелінійної динаміки.....	62
1.5. Використання технічного аналізу при викладанні курсу «Моделювання економічної динаміки» для студентів спеціальності «Економіка».....	81
1.6. Комп’ютерне моделювання молекулярних систем в підготовці вчителів хімії та інформатики.....	98
РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ОСВІТІ	108
2.1. Модель реалізації педагогічних умов адаптації студентів-іноземців до вивчення дисциплін природничо-математичного циклу у ВНЗ.....	108
2.2. SageMathCloud як засіб хмарних технологій комп’ютерно-орієнтованого навчання математичних та інформатичних дисциплін.....	130
2.3. Теорія сучасного природничого креативного навчання: парадигма, технологія, техніка.....	143

2.4. Формування інформаційно-освітнього навчального середовища ВНЗ на основі технології «хмарних обчислень».....	174
2.5. Оптимізація спектру інформаційних засобів супроводу навчального процесу у вищій школі.....	192
2.6. Актуальні питання побудови системи моніторингу дистанційної освіти аграрних ВНЗ.....	205
2.7. Модель якості змішаного навчання студентів вищого аграрного закладу в процесі вивчення комп'ютерних дисциплін.....	233
2.8. Граємо в детективів на уроках інформатики.....	249
2.9. Особливості застосування засобів хмарного середовища SageMathCloud при навчанні майбутніх вчителів математики курсу «Диференціальні рівняння»...	260
2.10. Моделювання та генерування системи багатоваріантних задач змістового модуля «Інтегрування функції однієї змінної»	275
ANNOTATION	290