

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування
Навчально-науковий інститут автоматичної, кібернетики та обчислювальної
техніки

Кафедра прикладної математики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи

_____ О.А. Лагоднюк

“ _____ ” _____ 20__ р.

04-01-19

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Інформаційні процеси у соціальних мережах

Information processes in the social networks

спеціальність

122 "Комп'ютерні науки та
інформаційні технології"

specialty

122 "Computer science and
information technology"

Робоча програма “Інформаційні процеси у соціальних мережах” для аспірантів, які навчаються за спеціальностями 122 “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”, 15 с.

Розробник: Турбал Юрій Васильович, д.т.н., професор кафедри прикладної математики.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики

Протокол від «06» грудня 2016 року № 4

Завідувач кафедри _____ П.М. Мартинюк

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 122 “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”

Протокол від «12» грудня 2016 року №3

Голова науково-методичної комісії _____ П.М. Мартинюк

© Турбал Ю.В.

2017 рік

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Інформаційні процеси у соціальних мережах” складена відповідно до освітньо-наукових програм підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня спеціальності 122 “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є перелік питань, розгляд яких становить передумови для успішної роботи над науковим дослідженням та які стосуються, зокрема, процесів поширення інформації у соціальних мережах. Результатом вивчення дисципліни є готовність здобувача до написання першого оглядового розділу дисертаційної роботи.

Анотація

Метою програми є ознайомлення з новими підходами до моделювання процесу поширення повідомлень в соціальних мережах на базі процедур синтезу існуючих моделей поширення повідомлень та процесів формування громадської думки з використанням переваг останніх.

В межах програми розглядаються два змістові модулі.

Перший - це дослідження процесів прийняття рішення індивідом щодо поширення повідомлень. Цей процес в основних рисах нагадує процес передачі збудження нервовою клітиною: якщо вхідний сигнал перевищує деякий пороговий рівень, клітина формує певний сигнал на виході. Фундаментальним підґрунтям при цьому є модель Ходжкіна-Хакслі, яка запропонована для моделювання процесу поширення збудження в аксоні кальмара та низка спрощених моделей, зокрема, моделі Фітцх’ю-Нагумо, Алієва-Панфілова, Зімана, Бікташева.

Другий - це модель Фермі-Паста-Улама, яка використовується для моделювання процесів передачі хвиль у ланцюжках. Застосування аналогічного підходу до соціальних мереж є також логічним, адже набір індивідів, що передають повідомлення в соціальній мережі, теж можна подати як певний ланцюжок. Якщо врахувати соціокомунікаційний поріг збудження індивіда, що поширює повідомлення, можемо сформувані певні модифікації моделі Фермі-Паста-Улама, наприклад, розглядаючи випадки, коли система кульок, що аналізуються в цій моделі, знаходиться на ламких стержнях.

Зазначений клас моделей враховує специфічні механізми передачі повідомлень в ланцюжках мережевого графу, в якому вершинами є індивіди, які при отриманні повідомлення спочатку формують своє ставлення до нього, а потім приймають рішення щодо подальшої передачі цього повідомлення за умови, що відповідний потенціал взаємодії двох індивідів перевищує певний пороговий рівень. У цьому класі математичних моделей поширення повідомлень в соціальних мережах вдалось системно поєднати підходи, що застосовуються для моделювання процесів поширення повідомлень та процесів формування думки як у окремих індивідів, так і громадської думки у певній спільноті.

Ключові слова: соціальна мережа, математичне моделювання, потоковий граф повідомлень, соціокомунікативний потенціал.

Abstract

The program is devoted to the modern approaches of modeling the process of message dissemination in social networks on the basis of procedures of synthesis of existing models of message dissemination and processes of forming of public opinion using the advantages of the latter.

The program covers two content modules.

The first is devoted to investigation of the individual's decision-making processes regarding the dissemination of messages. This process resembles in principle the process of transmitting excitation by a nerve cell: if the input signal exceeds a certain threshold level, the cell generates a specific signal at the output. The fundamental basis for this is the Hodgkin-Huxley model, which is proposed to simulate the process of propagation of squid perturbations and a number of simplified models, in particular, the models of Fitzhugh-Nagumo, Aliyev-Panfilov, Ziman, Biktashev.

The second is the Fermi-Pasta-Ulam model, which is used to model the wave transmission processes in chains. Applying a similar approach to social networks is also logical, since a set of individuals who send messages on a social network can also be represented as a specific chain. Taking into account the socio-communication threshold of excitation of the message-propagating individual, we can form certain modifications to the Fermi-Paste-Ulam model, for example, by considering cases where the ball system analyzed in this model is on brittle rods.

This specified class of models takes into account specific mechanisms of message transmission in the chains of the network graph, in which the vertices are individuals, who upon receipt of the message first form their attitude to it, and then decide on the further transmission of this message, provided that the respective interaction potential of the two individuals exceeds a certain threshold level. In this class of mathematical models of message dissemination on social networks, we have been able to systematically combine the approaches used to model the processes of message propagation and thought formation processes both in individuals and in the public in a particular community.

Keywords: social network, mathematical modeling, message flow graph, socio-communicative potential.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 12 Інформаційні технології	Вибіркова	
	Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки та інформаційні технології".		
	Спеціалізація -	Рік підготовки	
Змістових модулів – 3		3-й	3-й
		Семестр	
Загальна кількість годин – 120		5-й	5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи – 7	Рівень вищої світи: PhD	Лекції	
		20 год.	4 год.
		Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
		20 год.	8 год.
		Самостійна робота	
		80 год.	108 год.
		Індивідуальні завдання:	
		-	
Форма контролю:			
зал.	зал.		

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 33% до 67%;

для заочної форми навчання – 10% до 90%.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: Формування у здобувачів володіння сучасними методами та підходами до розв'язання задач інформаційної взаємодії у соціальних мережах.

Завдання: Формування теоретичних знань та практичних умінь, необхідних для успішної роботи над тематикою дисертаційного дослідження.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- моделі процесів прийняття рішення індивідом щодо поширення повідомлень, зокрема модель Ходжкіна-Хакслі, яка запропонована для моделювання процесу поширення збудження в аксоні кальмара та низку спрощених моделей, зокрема, моделі Фітцх'ю-Нагумо, Алієва-Панфілова, Зімана, Бікташева.
- модель Фермі-Паста-Улама, яка використовується для моделювання процесів передачі хвиль у ланцюжках а також її модифікації, що враховують соціокомунікаційний поріг збудження індивіда, що поширює повідомлення.
- клас моделей поширення повідомлень у соціальних мережах на основі соціокомунікаційних солітонів, що дозволив системно поєднати підходи, що застосовуються для моделювання процесів поширення повідомлень та процесів формування думки як у окремих індивідів, так і громадської думки у певній спільноті.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **вміти:**

- будувати адекватні математичні та комп'ютерні моделі інформаційних процесів у соціальних мережах;
- застосовувати сучасні програмні комплекси для розв'язання задач моделювання інформаційних процесів у соціальних мережах, зокрема, середовище Maple, пакети наукових обчислень в мові програмування Python;
- застосовувати сучасні підходи до аналізу даних та екстраполяції.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Моделювання процесів прийняття рішення індивідом щодо поширення повідомлень та епідемічні моделі .

Тема 1. Моделювання процесів передачі збудження нервовою клітиною.

Процес передачі збудження нервовою клітиною та його особливості формування певного сигналу на виході. Модель Ходжкіна-Хакслі, яка запропонована для моделювання процесу поширення збудження в аксоні кальмара. Певні спрощення моделі Ходжкіна-Хакслі , зокрема, моделі Фітцх'ю-Нагумо, Алієва-Панфілова, Зімана, Бікташева.

Тема 2. Епідемічні моделі.

Детермінована модель епідемії SIR (susceptible – infected - removed). Стан агента та опис його трьома типами: вразливий, заражений, несприйнятливий, параметр затухання. Несприйнятливий стан та його інтерпретація як втрата інтересу до новини і небажання поширювати далі. Розширена модель SIR, що враховує мінливість агентів у часі.

Тема 3. Модель Делая-Кендала поширення чуток.

DK модель. Поділ населення на групи: група, яка починає поширення чуток , група, яка після отримання чуток продовжує поширювати їх , група, яка після отримання чуток приймає рішення не поширювати їх . Ймовірність поширення чуток. Фактор втрати цінності з часом. Побудова моделі, підходи до розв'язання відповідних систем рівнянь.

Тема 4. Застосування теорії клітинних автоматів для моделювання дифузії інформаційних повідомлень .

Елементи загальної теорії автоматів. Технологія програмування, що базується на автоматах з скінченною множиною станів. Клітинні автомати та їх

особливості. Вимоги до мережі клітинних автоматів. Моделювання прийняття рішень про поширення новин. Правила поширення новини.

Тема 5. Моделі впливу в соціальних мережах . Моделі з порогами та модель незалежних каскадів.

Специфіка активного і пасивного стану агента, особливості переходу тільки з неактивного стану в активний . Умови впливу j -го сусіда в мережі. Проблеми програмної реалізації . Модель незалежних каскадів як приклад моделей систем взаємодіючих частинок. Стан агента та його специфіка, порівняння з моделлю з порогами. Ймовірність активації сусідів.

Тема 6. Моделі мережевої автокореляції

Представлення моделі зміни думок у вигляді детермінованої системи. Рівняння зміни думок. Позитивні напівтраєкторії Жюліа у n -вимірному просторі. Нрухомі та притягуючі точки. Мнижини Жюліа. Особливості програмної реалізації.

Тема 7. Модель адаптивно-наслідувальної поведінки (МАНП)

Елементи теорії ігор. МАНП та її опис в рамках теорії ігор. Поняття про адаптивний стан агента , переходи між станами. Альтернативна і поточна стратегія. Специфіка зміни думки.

Тема 8. Модель впливу Маркова

Ланцюги Маркова як інструмент для вивчення динаміки впливів в соціальних мережах, марківські процеси. Опис динаміку впливів, матриця ступеня довіри та її специфіка. Рівняння зміни думок. Задача управління - впливу на агентів соціальної мережі з метою формування певних думок. Вибір агентів, на яких є сенс впливати і вибор міри впливу на конкретного агента.

Змістовий модуль 2. Модель Фермі-Паста –Улама у світлі передачі інформаційних повідомлень у соціальних мережах та комбіновані підходи.

Тема 9. Модель Фермі-Паста –Улама у світлі передачі інформаційних повідомлень у соціальних мережах.

Постановка задачі Фермі-Паста -Улама (ФПУ), проблематика нестійкості станів у ланцюжку, розв'язання проблеми. Інтерпретація процесу передачі повідомлень у ланцюжку соціальної мережі. Специфіка інформаційної взаємодії з врахуванням порогів, модифікації моделі ФПУ, зокрема, просторовий випадок та врахування порогових значень. Особливості програмної реалізації процесу передачі інформаційних моделей на основі комбінованого підходу.

Тема 10. Комбінована модель та її особливості . Інтерпретація з точки зору штучних нейронних мереж.

Потоковий граф повідомлень. Алгоритм пераці повідомлень, процедура континуалізації. Соціокомунікативний солітон. Нейрон з “силовою функцією” та неперервним часом, особливості відповідних штучних нейронних мереж. Реалізація відповідних алгоритмів поширення подомлень у програмному середовищі Maple.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усь ого	у тому числі					усь ого	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	ін д.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Моделювання процесів прийняття рішення індивідом щодо поширення повідомлень та епідемічні моделі .												
Тема 1. Моделювання процесів передачі збудження нервовою клітиною.	12	2		2		8	12	1		1		10
Тема 2. Епідемічні моделі.	12	2		2		8	12	1		1		10
Тема 3. Модель Делая-Кендала поширення чуток.	12	2		2		8	12					12
Тема 4. Застосування теорії клітинних автоматів для моделювання дифузії інформаційних повідомлень .	12	2		2		8	12					12
Тема 5. Моделі впливу в соціальних мережах. Моделі з порогами та модель незалежних	12	2		2		8	12					12

каскадів.												
Тема 6. Моделі мережевої автокореляції	12	2		2		8	12					12
Тема 7. Модель адаптивно-наслідувальної поведінки (МАНП)	12	2		2		8	12					12
Тема 8. Модель впливу Маркова	12	2		2		8	12					12
Разом за змістовим модулем 1	96	16		16		64	84	2		2		92
Змістовий модуль 2. Модель Фермі-Паста –Улама та комбіновані підходи.												
Тема 9. Модель Фермі-Паста – Улама у світлі передачі інформаційних повідомлень у соціальних мережах.	12	2		2		8	12	1		1		10
Тема 10. Комбінована модель та її особливості . Інтерпретація з точки зору штучних нейронних мереж.	12	2		2		8	12	1		1		10
Разом за змістовим модулем 2	24	4		4		16	84	4		4		20
Усього годин	120	20		20		80	120	4		8		108

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Моделювання процесів передачі збудження нервовою клітиною.	2	
2	Тема 2. Епідемічні моделі.	2	1
3	Тема 3. Модель Делая-Кендала поширення чуток.	2	1
4	Тема 4. Застосування теорії клітинних автоматів для моделювання дифузії інформаційних повідомлень .	2	1
5	Тема 5. Моделі впливу в соціальних мережах. Моделі з порогамі та модель незалежних каскадів.	2	1
6	Тема 6. Моделі мережевої автокореляції	2	
7	Тема 7. Модель адаптивно-наслідувальної поведінки (МАНП)	2	
8	Тема 8. Модель впливу Маркова	2	
9	Тема 9. Модель Фермі-Паста –Улама у світлі передачі інформаційних повідомлень у соціальних мережах.	2	2
10	Тема 10. Комбінована модель та її особливості . Інтерпретація з точки зору штучних нейронних мереж.	2	2
	Разом	20	8

6. Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для здобувачів денної форми навчання:
Підготовка до аудиторних занять – 0,5 год/1 год. занять.

Підготовка до контрольних заходів – 6 год. на 1 кредит ЄКТС.

Опрацювання окремих тем програми або їх частин, які не викладаються на лекціях.

6.1. Темы для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Моделювання процесів передачі збудження нервовою клітиною.	8	10
2	Тема 2. Епідемічні моделі.	8	10
3	Тема 3. Модель Делая-Кендала поширення чуток.	8	12
4	Тема 4. Застосування теорії клітинних автоматів для моделювання дифузії інформаційних повідомлень .	8	12
5	Тема 5. Моделі впливу в соціальних мережах. Моделі з порогоми та модель незалежних каскадів.	8	10
6	Тема 6. Моделі мережевої автокореляції	8	10
7	Тема 7. Модель адаптивно-наслідувальної поведінки (МАНП)	8	12
8	Тема 8. Модель впливу Маркова	8	10
9	Тема 9. Модель Фермі-Паста –Улама у світлі передачі інформаційних повідомлень у соціальних мережах.	8	10
10	Тема 10. Комбінована модель та її особливості . Інтерпретація з точки зору штучних нейронних мереж.	8	12
	Разом	160	216

7. Методи навчання

1) Лекції проводяться з використанням технічних засобів навчання і супроводжуються демонстрацією за допомогою відеопроєктора лекційного матеріалу.

2) Лабораторні роботи проводяться в комп'ютерному класі з використанням роздаткового матеріалу, методичних вказівок.

8. Методи контролю

Для визначення рівня засвоєння здобувачами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання:

1) поточний контроль проводиться на лабораторних заняттях шляхом усного опитування і перевірки виконаних лабораторних робіт та домашніх завдань;

2) виконання додаткових індивідуальних завдань під час лабораторних робіт і консультацій;

3) поточне тестування після вивчення кожного змістового модуля;

Введена кредитно-трансферна система організації навчального процесу зі 100-бальною шкалою оцінювання знань здобувачів.

Усі форми контролю включені до 100-бальної шкали оцінювання.

Оцінювання здобувачів проводиться відповідно до вимог ECTS.

9. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточне тестування та самостійна робота										Сума
Змістовий модуль 1								Змістовий модуль 2		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	100
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

T1, T2 ... T20 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
	для заліку
90-100	зараховано
82-89	
74-81	
64-73	
60-63	
35-59	не зараховано з можливістю

	повторного складання
0-34	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Рекомендована література

Базова

1. Y.Turbal Mathematical and computer models of message distribution in social networks based on the space modification of Fermi-Pasta-Ulam approach/ A. Bomba, V.Pasichnyk, N.Kunanets // Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC). – 2019. – Vol. 754. – P. 257–266. (Scopus) DOI: 10.1007/978-3-319-97885-7_26
2. Yuriy Turbal. Process modeling of message distribution in social networks based on socio-communicative solitons /A. Bomba, V. Pasichnyk, N.Kunanets //International journal of computing – 2018– P.76-88. (Scopus) https://www.researchgate.net/publication/330346674_Process_modeling_of_message_distribution_in_social_networks_based_on_socio-communicative_solitons
3. Y. Turbal Information Analysis of Procedures for Choosing a Future Specialty/ Oleksandr Matsyuk, Mariia Nazaruk, Nataliia Veretennikova, Ruslan Nebesnyi // Advances in Intelligent Systems and Computing III. – 2018. – Vol. 871. – P. 364–375. (Scopus) DOI: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526626
4. Yuriy Turbal Mathematical model of people cooperation in social groups in the context of election technologies / Andriy Bomba, Nataliya Kunanets, Volodymyr Pasichnyk // 13 International Scientific and Technical Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), 11–14 September 2018 , Lviv, Ukraine. – Lviv, 2018. –[Т.2]. – P. 68–71. (Scopus) DOI: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526762
5. Yuriy Turbal Model of the Information Shock Waves in Social Network Based on the Special Continuum Neural Network / Andriy Bomba, Nataliia Kunanets, Volodymyr Pasichnyk // System analysis & intelligent computing (SAIC): conference proceedings first international conference / IEEE; Institute for Applied System Analysis Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 08-12 October, 2018, Kyiv.- Kyiv, 2018.-P.215-220. (Scopus) DOI: 10.1109/SAIC.2018.8516809
6. Yuriy Turbal Pyramidal method of small time series extrapolation/Andriy Bomba, Anastasiia Sokh, Olena Radoveniuk, Mariana Turbal // International journal of computing science and mathematic.–2019–v10,N4–p122-130 (Scopus)
7. Губанов Г. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Социальные сети: моделирование информационного влияния, управления и противоборства. – М. : Физматлит, 2010. – 228 с.

Допоміжна

1. M. Cha, H. Haddadi, F. Benevenuto, and K. P. Gummadi. Measuring User Influence in Twitter: The Million Follower Fallacy. In ICWSM '10 , 2010.
2. M. Goetz, J. Leskovec, M. Mcglohon, and C. Faloutsos. Modeling blog dynamics. In ICWSM, 2009.
3. J. Leskovec, L. Backstrom, and J. Kleinberg. Meme-tracking and the dynamics of the news cycle. In KDD '09, 2009.
4. D. Liben-Nowell and J. Kleinberg. Tracing information flow on a global scale using Internet chain-letter data. PNAS, 105(12):4633–4638, 2008.
5. Myerson R.B. Game Theory: Analysis of Conflict. — London: Harvard Univ. Press, 1991.
6. Минаев В. А., Овчинский А. С., Скрыль С. В., Тростянский С. Н. Как управлять массовым сознанием: современные модели: Моногр. М.: РосНОУ, 2013. 200 с
7. М.В.Алтайский, Н.Е.Капусткина, В.А.Крылов Квантовые нейронные сети:современное состояние и перспективы развития, Физика элементарных частиц и атомного ядра 2014 т.45 вып.5-6 43.ст
8. A.L. Hodgkin, A.F. Huxley "A quantative description of membrane current and its application conduction and excitation in nerve", J. Physiol. 117(1952), p. 500 - 544
9. R.A. Fitzhugh "Impulses and physiological states in theoretical model of nerve membrane", Biophys. J. 1(1961), p.445 - 466
- 10.A.T. Winfree "Varieties of spiral wave behaviour - an experimentalist's approach to the theory of excitable media" Chaos 1(1991) p.303 - 334
- 11.R.R. Aliev, A.V. Panfilov "Asimple model of cardiac excitation" Chaos, Solitons &Fractals 7(1996), N3, p.293 - 301
- 12.R. Suckley, V.N. Biktashev. "30 years on: a comparison of asymptotics of heart and nerve excitability"
- 13.Friedkin N.E. Structural Cohesion and Equivalence Explanations of Social Homogeneity // Sociological Methods and Research. 1984. № 12. P. 235-261.
- 14.Kermack, W. O.; McKendrick, A. G. (1927). «A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics». Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 115 (772): 700. Bibcode:1927RSPSA.115..700K. doi:10.1098/rspa.1927.0118. JSTOR94815.
15. Daley D., Kendall G., Stochastic rumors, J. Inst. Math. Appl. 142(1965), pp. 42–55.
- 16.John Von Neumann, John; Burks, Arthur W. (1966), Theory of Self-Reproducing Automata. University of Illinois Press, Urbana and London 1966.
17. H. W. Hethcote. The mathematics of infectious diseases. SIAM Review, 42(4):599–653, 2000.
- 18.R. Isea and R. Mayo-García. Mathematical analysis of the spreading of a rumor among different subgroups of spreaders. Pure and Applied Mathematics Letters (2015), Vol. 2015, pp 50–54

19. Горковенко Д. К. Обзор моделей распространения информации в социальных сетях // Молодой ученый. — 2017. — №8. — С. 23-28.
20. Носова М. В., Сенникова Л. И. Моделирование распространения информации в децентрализованных сетевых системах с нерегулярной структурой // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2014. №17.
21. H. W. Hethcote. The mathematics of infectious diseases. SIAM Review, 42(4):599–653, 2000
22. С.Г.Ломакин, А.М.Федотов Анализ модели передачи информации в сети клеточных автоматов, Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии, 2014, 86-97
23. Rogers E. Diffusion of Innovations. 4 ed. N. Y.: Free Press, 1995.
24. Baronchelli A., Felici M., Caglioti E., Loreto V., Steels L. Evolution of Opinions on Social Networks in the Presence of Competing Committed Groups // J. Stat. Mech. URL: <http://arxiv.org/abs/1112.6414>
25. Dallsta L., Baronchelli A., Barrat A., Loreto V. Non-equilibrium dynamics of language games on complex networks. URL: <http://samarcanda.phys.uniroma1.it/vittorioloreto/publications/language-dynamics/>.
26. E.C. Zeeman "Differential equations for the heartbeat and nerve impulses" Mathematical University of Warwick, Coventry. 1972
27. V.N. Biktashev. "Dissipation of excitation of wavefronts" , Phys. Rev. Lett. 89(16), 2002
28. Куижева С.К. О математическом инструментарии исследования социально-экономических систем. TERRA ECONOMICUS, 2014, Том 12 № 2 Часть 3, ст. 46-51
29. Лобанов А. И. Модели клеточных автоматов // Компьютерные исследования и моделирование. 2010. Т. 2, № 3. С. 273-293.
30. А.П. Михайлов, А.П. Петров, Н.А. Маревцева, И.В. Третьякова Развитие модели распространения информации в социуме 2014 г. Математическое моделирование, 2014 год, том 26, номер 3, стр. 65-74
31. Михайлов А.П., Измоденова К.В. Об оптимальном управлении процессом распространения информации. Математическое моделирование, 2005, т.17, №5, с.67–76.
32. Михайлов А.П., Маревцева Н.А. Модели информационной борьбы // Математическое моделирование, 2011, т.23, №10, с.19-32.
33. Шведовский В.А., Михайлова П.А. Построение модели взаимодействия электоратов // Матем. моделирование, 2008, т.20, №7, с.107-118.

12. Інформаційні ресурси

1. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Mathcad>
2. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Maple>

3. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/>
4. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.lib.rv.ua/>
5. Рівненська централізована бібліотечна система (м. Рівне, вул. Київська, 44) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cbs.rv.ua/>
6. Цифровий репозиторій НУВГП / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/>
7. Цифровий репозиторій Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/568>
8. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka> http://nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php