



Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»



Інститут спеціального зв'язку та захисту  
інформації КПІ ім. Ігоря Сікорського  
Спеціальна кафедра № 5

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

### Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>12 Інформаційні технології</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>122 Комп'ютерні науки</i>
<b>Освітньо-професійна програма</b>	<i>Комп'ютерні системи і технології спеціального зв'язку</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Вибіркова</i>
<b>Форма навчання</b>	<i>Очна (денна, вечірня)</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>II рік підготовки, весняний семестр</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<i>8 кредитів ECTS</i>
<b>Семестровий контроль / контрольні заходи</b>	<i>Екзамен</i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	<i>Лекції та семінарські заняття: доктор технічних наук, професор Дмитро ЛАНДЕ</i>
<b>Розміщення курсу</b>	<i>Google Classroom</i>

# Програма навчальної дисципліни

## 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Силабус освітнього компонента «Комп'ютерне моделювання та візуалізація процесів і систем» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Комп'ютерні системи і технології спеціального зв'язку» для підготовки здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

**Метою навчальної дисципліни** є підсилення та закріплення у аспірантів наступних компетентностей: (СК01) здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній науці та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей; (СК03) здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності; (СК09) здатність створювати нові ідеї та розв'язувати складні науково-прикладні проблеми в галузі комп'ютерних наук, пов'язані з розробкою та дослідженням комп'ютерних систем та технологій спеціального зв'язку для потреб Держспецзв'язку.

**Предмет навчальної дисципліни** – методи та програмно-інструментальні засоби моделювання та візуалізації інформаційних процесів і систем.

**Програмні результати навчання, на підсилення та покращення яких спрямована дисципліна:** (РН01) мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій; (РН04) розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерній науці та дотичних міждисциплінарних напрямках; (РН05) планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерних наук та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; (РН06) застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

## 2. Пререквізити та постреквізити навчальної дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни аспірант повинен володіти освітніми компонентами «Моделі, методи і технології оброблення та аналізу даних», «Спеціальні розділи теорії чисельних методів».

Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення освітнього компонента є необхідними для подальшого виконання наукової складової.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

### Семестр 4

### Семестровий (кредитний) модуль 1. Комп'ютерне моделювання та візуалізація процесів і систем

#### Розділ 1. Моделювання інформаційних потоків. Моделювання і візуалізація мережевих структур.

**Тема 1.** Моделі інформаційних потоків. Поняття інформаційних потоків. Динаміка мережних інформаційних потоків. Застосування мережевих джерел для визначення динаміки інформаційних потоків. Дослідження динаміки інформаційних потоків. Методи

кореляційного і фрактального аналізу даних. Фрактальні властивості інформаційних потоків.

**Тема 2.** Моделювання і візуалізація мережевих структур. Моделювання мережевих структур. Модель випадкової мережі Ердеша-Реньї. Модель випадкової мережі Барабаші-Альберт. Модель мережі малого (тісного) світу Уатса-Строгатца. Візуалізація мережевих структур. Застосування системи Social Networks Visualizer. Система Gephi як мультиплатформне програмне забезпечення для аналізу і візуалізації графів.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. Ланде Д.В., Субач І.Ю., Бояринова Ю.Є. Основи теорії і практики інтелектуального аналізу даних у сфері кібербезпеки: навчальний посібник. – К.: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 300 с. ISBN 978-966-2577-12-9.
2. Додонов О.Г., Ланде Д.В., Путятин В.Г. Інформаційні потоки в глобальних комп'ютерних мережах. – К.: Наукова думка, 2009. – 295 с. ISBN 978-966-00-0973-9
3. Ситюк В.Є. Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми: Навчальний посібник. – К.: "Маклаут", 2008. – 364 с.
4. Д.В. Ланде, І.Ю. Субач. Візуалізація та аналіз мережевих структур. Навчальний посібник. – К.: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 79 с.
5. Emden R. Gansner and Eleftherios Koutsoos and Stephen North. «Drawing Graphs with dot». Dot User's Manual. – AT&T Bell Labs, January 5, 2015.
6. Social Networks Visualizer. Software Requirements Specification Version 1.0. – Faculty of Natural Sciences Aristotle University of Thessaloniki, 2012.
7. Devangana Khokhar. Gephi Cookbook. – Packt Publishing, 2015. ISBN 78-1-78398-740-5.
8. Ken Cherven. Mastering Gephi Network Visualization. – Packt Publishing, 2015. ISBN 78-1-78398-734-4.

Додаткова література:

1. Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання: монографія / В.П. Горбулін, О.Г. Додонов, Д.В. Ланде. – К.: Інтертехнологія, 2009. – 164 с.
2. Information Operations Recognition. From Nonlinear Analysis to Decision-Making / A. Dodonov, D. Lande, V. Tsyganok, O. Andriichuk, S. Kadenko, A. Graivoronskaya - LAP Lambert Academic Publishing, 2019. - 292 p. ISBN-13: 978-620-0-27697-1, ISBN-10: 6200276978, EAN: 9786200276971
3. Feder J. Fractals. Springer London, Limited, 2013. 284 p.
4. Albert-László Barabási. Network Science. – Cambridge University Press, 2016.
5. Amy N. Langville, Carl D. Meyer. Google's PageRank and beyond: the science of search engine rankings. –Princeton University Press, 2006. ISBN: 0691122024, 9780691122021.
6. Mark Newman, Albert-László Barabási, Duncan J. Watts. The Structure and Dynamics of Networks (Princeton Studies in Complexity). –Princeton University Press, 2006. ISBN: 0691113572, 9780691113579.
7. Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamics of "small-world" networks. // Nature, 1998. – 393. – P. 440-442.
8. John W. Foreman. Data Smart. Using Data Science to Transform Information into Insight. – Wiley, 2013. ISBN 111-8-66146-X, 978-1-11866-146-8.
9. Ken Cherven. Network Graph Analysis and Visualization with Gephi. – Packt Publishing, 2013. ISBN 78-1-78328-013-1.
10. Diogo R. Ferreira. «A Primer on Process Mining: Practical Skills with Python and Graphviz». –Springer International Publishing, 2017. – 101 P. ISBN: 978-3-319-56426-5, 978-3-319-56427-2.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Структура кредитного модуля

Номери, назви розділів, тем і питання навчальних занять, посилання на літературу		Кількість годин				
		Всього	у тому числі			
			Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)	СР
<b>Розділ 1. Моделювання інформаційних потоків. Моделювання і візуалізація мережових структур</b>						
<b>Тема 1</b>	<b>Моделі інформаційних потоків</b>	<b>88</b>	<b>2</b>	<b>20</b>		<b>66</b>
Заняття 1/1	Поняття інформаційних потоків. Основна література [1, 2, 3] Додаткова література [1, 2]	8	2			6
Заняття 1/2	Динаміка мережних інформаційних потоків. Лінійна, експонентна, логістична моделі. Модель дифузії інформації. Основна література [1, 2, 3] Додаткова література [1, 2]	16		4		12
Заняття 1/3	Застосування мережових джерел для визначення динаміки інформаційних потоків. Системи контент-моніторингу. Формування часових рядів динаміки інформаційних потоків. Згладжування часових рядів. Візуалізація. Основна література [1, 2] Додаткова література [1, 2]	16		4		12
Заняття 1/4	Дослідження динаміки інформаційних потоків. Модель дифузії інформації. Динаміка моделі дифузії інформації. Модель із врахуванням старіння інформації і пам'яті. Основна література [1] Додаткова література [2]	16		4		12
Заняття 1/5	Методи кореляційного і фрактального аналізу даних. Кореляційний аналіз інформаційних потоків. Фрактальний аналіз інформаційних потоків. Самоподібність інформаційних потоків. Основна література [1, 2] Додаткова література [1, 3]	16		4		12
Заняття 1/6	Фрактальні властивості інформаційних потоків. Обчислення коефіцієнта Херста. Самоподібність. Розрахунок скейлінгового коефіцієнта. Основна література [1-3] Додаткова література [1-3]	16		4		12
<b>Тема 2</b>	<b>Моделювання і візуалізація мережових структур</b>	<b>122</b>	<b>2</b>	<b>36</b>		<b>84</b>
Заняття 2/1	Моделювання мережових структур. Основна література [1, 2]	8	2			6

	Додаткова література [1,4-7]				
Заняття 2/2	Модель випадкової мережі Ердеша-Реньї. Реалізація алгоритма Ердеша-Реньї. Дослідження властивостей мережі Ердеша-Реньї. Основна література [1, 2, 4] Додаткова література [1]	24		6	12
Заняття 2/3	Модель випадкової мережі Барабаші-Альберт. Реалізація алгоритма Барабаші-Альберт. Дослідження властивостей мережі Барабаші-Альберт. Основна література [1, 4] Додаткова література [1,4]	24		6	12
Заняття 2/4	Модель мережі малого (тісного) світу Уатса-Строгатца. Реалізація алгоритма Уатса-Строгатца. Дослідження властивостей мережі Уатса-Строгатца. Основна література [1, 4] Додаткова література [1, 7]	24		6	12
Заняття 2/5	Візуалізація мережевих структур. Методи і інструменти аналізу та візуалізації мережевих структур. Система Graphviz. Мова опису графів DOT. Основна література [4-8] Додаткова література [1,8-10]	24		6	12
Заняття 2/6	Застосування системи Social Networks Visualizer. Формат GraphML. Встановлення системи Social Networks Visualizer. Основні можливості системи Social Networks Visualizer. Особливості формату Формат GraphML. Основна література [4, 6] Додаткова література [1]	24		6	12
Заняття 2/7	Система Gephi як мультиплатформне програмне забезпечення для аналізу і візуалізації графів. Встановлення системи Gephi. Основні можливості системи Gephi. Візуалізація, упорядкування мережевих структур, статистичний аналіз мереж. Основна література [4, 7-8] Додаткова література [1,8-9]	24		6	18
<b>Разом за розділом 1</b>		<b>210</b>	<b>4</b>	<b>56</b>	<b>150</b>
<b>Екзамен</b>		<b>30</b>			<b>30</b>
<b>Всього годин</b>		<b>240</b>	<b>4</b>	<b>56</b>	<b>180</b>

## 6. Самостійна робота аспіранта

Головними видами самостійної роботи аспірантів є самостійна підготовка до аудиторних занять та самостійна підготовка до екзамену.

Доцільно час самостійної підготовки для поглибленого вивчення та закріплення навчального матеріалу розподілити наступним чином:

№ з/п	Назва теми та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу)	Кількість годин СР
1	<p><i>Тема 1. Моделі інформаційних потоків.</i></p> <p>1. Динаміка мережних інформаційних потоків. 2. Лінійна, експонентна моделі. 3. Логістична модель як узагальнення експонентної моделі. 4. Флуктуація інформаційного потоку. 5. Моделювання інформаційних потоків як клітинних автоматів. 6. Формалізм кореляційного аналізу. 7. Автокореляційна функція, її властивості. 8. Кореляційний аналіз самоподібних процесів. 9. Фрактальна розмірність, абстрактні фрактали. 10. Фрактальна розмірність числових рядів. 11. Обчислення коефіцієнту Херста. Метод 12. Метод DFA.</p> <p>Основна література [1, 2, 3] Додаткова література [1, 2, 3]</p>	66
2	<p><i>Тема 2. Моделювання і візуалізація мережесевих структур.</i></p> <p>1. Основи концепції складних мереж. 2. Параметри мереж. 3. Феномени мереж. 4. Модель випадкової мережі Ердеша-Реньї. 5. Модель випадкової мережі Барабаши-Альберт. 6. Алгоритм HITS. 7. Алгоритм PageRank. 8. Програмні інструменти аналізу та візуалізації мережесевих структур. 9. Система Gephi, опис можливостей та інтерфейсу користувача. 10. Візуалізація, упорядкування мережесевих структур, статистичний аналіз мереж, алгоритми укладки графів і фільтрації. 11. Аналіз реальних мережесевих структур з проблем кібербезпеки, що наведено у відомих наборах даних (Datasets) із мережі Інтернет.</p> <p>Основна література [4-8] Додаткова література [1,4-10]</p>	84
3	Підготовка до екзамену	30
<b>Всього годин</b>		<b>180</b>

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та семінарських заняттях;

- правила поведінки на заняттях: аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та семінарських заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо аспірант не проходив або не з'явився на семінарське заняття (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання семінарських занять не передбачено;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: вправи на лекційних та доповіді на семінарських заняттях.

Семестровий контроль: екзамен.

Оцінювання результатів навчання аспірантів здійснюється у відповідності до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського затвердженого та уведеного в дію наказом № 1/273 від 14.09.2020 р., зі змінами, внесеними наказом № НОН/131/2022 від 03.05.2022 р.

Рейтингова оцінка трансформується до університетської системи оцінювання згідно з таблицею 1.

Таблиця 1. Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою  
Рейтингові бали, RD Оцінка за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше ніж 60	Незадовільно

### Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг аспіранта з навчальної дисципліни “Комп’ютерне моделювання та візуалізація процесів і систем” складається з балів, що він отримує за:

- 1) доповіді на семінарських заняттях за темою 1;
- 2) доповіді на семінарських заняттях за темою 2;

### Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Доповіді на семінарських заняттях за темою 1.

Ваговий бал – **6**. Максимальна кількість балів на всіх заняттях дорівнює 6 балів x 5 доп. = **30** балів.

Критерії оцінювання	Бали
Аспірант показав глибоке знання предмету, повно і чітко зробив доповідь, правильно і акуратно оформив презентацію доповіді, показав здатність вільно застосовувати свої теоретичні знання під час відповіді на запитання.	6

Оцінка знижується, коли: - виконано всі перелічені вище вимоги, але по деяким показникам мають місце недоліки неprincipового характеру, - доповідь загалом є правильною, але неповною, - відповіді на запитання вірні але не повні, - була потрібна допомога викладача у вигляді поправок та додаткових питань, - презентація доповіді оформлено неохайно.	4-5
Оцінка знижується, коли при виконанні завдання мають місце недоліки принципового характеру.	3
В інших випадках	0

2. Доповіді на семінарських заняттях за темою 2.

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів на всіх заняттях дорівнює 5 балів x 6 доп. = **30** балів.

Критерії оцінювання	Бали
Аспірант показав глибоке знання предмету, повно і чітко зробив доповідь, правильно і акуратно оформив презентацію доповіді, показав здатність вільно застосовувати свої теоретичні знання під час відповіді на запитання.	5
Оцінка знижується, коли: - виконано всі перелічені вище вимоги, але по деяким показникам мають місце недоліки неprincipового характеру, - доповідь загалом є правильною, але неповною, - відповіді на запитання вірні але не повні, - була потрібна допомога викладача у вигляді поправок та додаткових питань, - презентація доповіді оформлено неохайно.	4
Оцінка знижується, коли при виконанні завдання мають місце недоліки принципового характеру.	3
В інших випадках	0

Максимальний рейтинг за семестр складає 60 балів.

Розрахунок шкали рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$r_c = 30 + 30 = 60 \text{ балів.}$$

Складова шкали за відповідь на екзамені дорівнює 40 % від RD .

Рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$RD = r_c + r_E = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є:

- стартовий рейтинг ( $R_c$ ) не менше 60 % від  $R_c$ , тобто 36 балів.

Критерії оцінювання семестрових контрольних заходів

Підсумковий контроль по модулю представлений екзаменом. Екзамен проводиться в формі усної або письмової відповіді по білетах. Знання аспірантів оцінюються по системі: "Відмінно", "Дуже добре", "Добре", "Задовільно", "Достатньо", "Незадовільно" із наступним перерахуванням в бали РСО згідно таблиці:



Критерії оцінювання	ґЕ
Оцінка “Відмінно” ставиться аспіранту, який показав глибоке знання предмету, повно і чітко відповів на питання в об’ємі програми, правильно і акуратно оформив відповідь.	38...40
Оцінка “Дуже добре” ставиться у тому випадку, коли виконано всі перелічені вище вимоги, але по деяких показниках мають місце несуттєві недоліки неprincipового характеру.	34...37
Оцінка “Добре” ставиться у тому випадку, коли відповідь загалом є правильною, але по ряду показників мають місце недоліки неprincipового характеру.	30...33
Оцінка “Задовільно” ставиться, коли відповідь загалом є правильною і по деяких показниках мають місце недоліки принципного характеру	26...29
Оцінка “Достатньо” ставиться, коли загалом правильно охарактеризовано суть завдання, але спосіб його вирішення представлено частково, та по деяких показниках мають місце недоліки принципного характеру	24...25
В інших випадках ставиться оцінка “Незадовільно”	0

### 9. Додаткова інформація з навчальної дисципліни

Перелік питання, які виносяться на екзамен

1. Назвіть типові характеристики, що застосовуються у прикладних дослідженнях для мережевого аналізу.
2. Які параметри виділяють при аналізі складних мереж: для окремих вузлів, мережі у цілому?
3. Як визначається функція розподілу ступенів вузлів мережі?
4. Дайте означення безмасштабованої мережі.
5. Дайте означення найкоротшого та середнього шляху мережі.
6. Що таке «глобальна ефективність мережі»?
7. Як визначається уразливість мережі вузла?
8. Розкрийте суть поняття «коефіцієнт кластерності вузла». Як він визначається?
9. Поясніть пераметр вузла – «посередництво». Як він визначається?
10. Що таке модульність мережі та як вона розраховується?
11. Поясніть суть феноменів «малий світ» та «клуб богатих».
12. У чому суть моделі Ердеша-Реньї?
13. Розкрийте суть моделі Барабаші-Альберт.
14. Поясніть суть алгоритмів HITS та PageRank.
15. Назвіть найбільш популярні інструменти візуалізації та аналізу мереж. Дайте їм порівняльну характеристику.
16. Що таке гіперребро? З. Як називаються точки підключення ребер та гіперребер?
17. Чому Gephi одна з найпопулярніших, у теперішній час, програма візуалізації та аналізу мереж?
18. На яких платформах працює Gephi?
19. Назвіть основні формати файлів, які Gephi дозволяє завантажувати для аналізу.
20. Назвіть основні режими створення графа у Gephi. Охарактеризуйте їх.
21. Для чого необхідна фільтрація мережі?
22. Розкрийте основні функції фільтрації мережі.
23. На основі яких параметрів може здійснюватися ранжування вузлів мережі?
24. Порівняйте алгоритми, які застосовуються в Gephi для укладки графів.
25. Наведіть класифікацію відомих наборів даних (Datasets) для дослідження їх у програмі Gephi. Охарактеризуйте їх.

26. Поясніть методику обробки терористичної мережі Mali в середовищі Gephi.
27. Обґрунтувати можливість виявлення гармонійної складової шляхом аналізу автокореляційної функції.
28. Принцип виявлення самоподібності числового ряду шляхом аналізу автокореляційної функції.
29. Як фрактальна розмірність числового ряду співвідноситься із показником Херста.
30. Як показник Херста визначається графічно при R/S-аналізі?
31. Навести алгоритм методу DFA.
32. Пояснити, як формуються числові ряди динаміки інформаційних потоків.
33. Викласти положення лінійної моделі інформаційних потоків.
34. Викласти положення експоненційної моделі інформаційних потоків.
35. Викласти положення експонентної моделі інформаційних потоків.
36. Як розраховуються параметри флуктуації інформаційного потоку?
37. Викласти принципи формування клітинних автоматів.
38. Викласти і пояснити принципи побудови моделі дифузії інформації.
39. Викласти і пояснити значення параметрів мереж.
40. Викласти і пояснити значення коефіцієнта глобальної ефективності.
41. Викласти і пояснити значення коефіцієнта посередництва.
42. Викласти і пояснити значення коефіцієнта модулярності. Його застосування при кластеризації мереж.
43. Викласти і пояснити поняття малого світу (Small World).
44. Викласти і пояснити феномен клубу багатих (Rich-Club Phenomenon).
45. Викласти і пояснити принцип формування випадкової мережі Ердеша-Реньї.
46. Викласти і пояснити принцип формування випадкової Барабаші-Альберт.
47. Викласти і пояснити принцип дії алгоритму HITS.
48. Викласти і пояснити принцип дії алгоритму PageRank.