

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ**



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ІПРІ НАН України
академік НАН України

В.В. Петров

« 16 » 11 2021 р.

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ІНФОРМАЦІЇ

(назва навчальної дисципліни)

**РОБОЧА ПРОГРАМА
кредитного модуля**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 12 «Інформаційні технології»
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 122 «Комп'ютерні науки»
СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ «Інформаційні технології»

Ухвалено Вченою радою ІПРІ НАН України
(протокол від « 16 » 11 2021 р. № 11)

Київ
ІПРІ НАН України
2021

Робоча програма кредитного модуля Основи теорії інформації складена відповідно до програми навчальної дисципліни Основи теорії інформації.

Розробник робочої програми:

Завідувач відділу, професор., д.т.н. Ланде Дмитро Володимирович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

1. Опис кредитного модуля

| Рівень ВО, спеціальність, освітня програма, форма навчання | Загальні показники | Характеристика кредитного модуля |
|--|---------------------------------------|---|
| Рівень ВО третій (доктор філософії) | Основи теорії інформації | Лекції <u>16</u> год. |
| Спеціальність <i>122 Комп'ютерні науки</i> | Цикл професійної підготовки | Практичні (семінарські) <u>14</u> год. |
| Освітньо-наукової програми спеціальності 122 Комп'ютерні науки спеціалізації Інформаційні технології | Статус кредитного модуля обов'язковий | Лабораторні роботи - |
| | | Самостійна робота <u>30</u> год., |
| | Семестр <u>4</u> | Індивідуальне завдання <i>Не передбачено</i> |
| Форма навчання: денна | Кількість кредитів (годин): 2 (60) | Вид та форма семестрового контролю: <i>залік</i> |

Предмет навчальної дисципліни – серія підходів, інструментів і методів теорії інформації, зокрема, теорії інформаційних систем.

Дисципліна складається з двох кредитних модулів.

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані за програмою попередніх років навчання за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки. Аспіранти мають досвід у імперативному, об'єктно-орієнтованому і функціональному програмуванні.

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Відповідно до вимог Освітньо-наукової програми третього (доктор філософії) рівня вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Здатності:

- працювати з основними мережевими інформаційними системами;
- застосовувати сучасні інформаційні технології у різних видах професійної діяльності (ІК-2);
- знаходити, обробляти й аналізувати необхідну інформацію для рішення проблем й прийняття рішень (ІК-3);
- проводити теоретичні й експериментальні дослідження, математичне й комп'ютерне моделювання в галузі знань "Інформаційні технології" (ПК-3);
- застосовувати високопродуктивні технології розподілених систем та паралельних обчислень при вирішенні науково-практичних задач (ПК-5с);
- проектування та програмної реалізації методів комп'ютерної обробки даних в інформаційних середовищах різноманітного призначення, мереж Інтернету

речей, сервіс-орієнтованих середовищ та систем високопродуктивних кластерних обчислень;

- вирішувати масштабні обчислювальні задачі у розподілених інтелектуальних середовищах та контролювати хід обчислень за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення;
- вибирати адекватні методи машинного навчання, включаючи методи глибокого навчання, та використовувати їх для налаштування нейронних мереж для вирішення конкретних задач прогнозування, керування, класифікації та інтелектуального аналізу даних.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання :

- концептуальних засад і технологій інформаційних систем;
- сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, програмно-апаратних засобів проведення наукових досліджень;
- можливостей використання інформаційних технологій для автоматизації експерименту, обробки даних, оформлення результатів досліджень;
- технологій інтелектуальних обчислень та аналізу даних;
- комп'ютерного моделювання та обробки даних, паралельних обчислень з використанням спеціалізованих програмних засобів;
- методів розподіленого моделювання складних об'єктів і систем в обчислювальному середовищі, застосувань технологій штучного інтелекту в розподілених обчисленнях, базових алгоритмів інтелектуального аналізу детермінованих та недетермінованих даних;
- з проектування математичного, лінгвістичного, інформаційного і програмного забезпечення інформаційних систем, з розроблення інформаційних систем, комплексів та мереж.

уміння:

- застосовувати знаннево-орієнтовані мережеві інформаційні системи при вирішенні наукових та прикладних задач, пов'язаних із інформаційними системами, аналізом, моделюванням, прогнозуванням та управлінням економічних та соціальних процесів суспільства;
- використовувати інформаційно-комунікаційні технології, універсальні та спеціалізовані програмно-апаратні засоби;
- здійснювати автоматизацію експерименту, статистичну обробку даних, оформлення результатів досліджень засобами інформаційних технологій;
- застосовувати методи розподіленого моделювання складних об'єктів і систем, технології штучного інтелекту в розподілених обчисленнях, інтелектуальні обчислення, проектувати та програмно реалізовувати методи теорії інформації;
- проектувати математичне, лінгвістичне, інформаційне і програмне забезпечення інформаційних систем, розробляти інформаційні системи;
- використовувати сучасні інформаційні технології та відповідні інфраструктури програмних рішень;

- використовувати методи машинного навчання для вирішення практичних задач.

3. Структура кредитного модуля

| Назви розділів і тем | Кількість годин | | | | |
|---|-----------------|--------------|-----------|-------------|-----------|
| | Всього | у тому числі | | | |
| | | Лекції | Практичні | Лабораторні | СРС |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Розділ 1. Основи теорії інформації | | | | | |
| Тема 1. Предмет теорії інформації | 4 | 1 | - | - | 3 |
| Тема 2. Математичні методи теорії інформації | 19 | 4 | 2 | - | 13 |
| Тема 3. Основи теорії черг. | 10 | 2 | 2 | - | 6 |
| Разом за розділом 1 | 33 | 7 | 4 | - | 22 |
| Розділ 2. Застосування теорії інформації | | | | | |
| Тема 1. Аналітичні методи теорії інформації | 8 | 1 | - | - | 7 |
| Тема 2. Обчислення характеристик мереж черг. | 18 | 3 | 5 | - | 10 |
| Тема 3. Самоподібність трафіку в комп'ютерних мережах | 13 | 2 | 3 | - | 8 |
| Тема 4. Побудова глобальних комп'ютерних мереж | 12 | 2 | 2 | - | 8 |
| Тема 5. Сучасний Інтернет: комунікаційні мережі та інформаційні системи | 6 | 1 | - | - | 5 |
| Разом за розділом 2 | 57 | 9 | 10 | - | 38 |
| Всього годин | 90 | 16 | 14 | - | 60 |

4. Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань |
|-------|--|
| 1 | Предмет теорії інформації. Основи теорії черг. Предмет і основні поняття теорії інформації. Мережі масового обслуговування (ММО). Однолінійні марковські ММО. Основна література: [1], (с. 17-39), [2], (с. 5-14). Додаткова література: [20], (с. 12-48). |
| 2 | Математичні методи теорії інформації. Марківські випадкові процеси. Визначення харківського процесу. Однорідний ланцюг Маркова. Стационарні ймовірності станів ланцюга Маркова. процесом загибелі та розмноження. Основна література: [1]. Додаткова література: [19]. |
| 3 | Математичні методи теорії інформації. Полумарковські ММО та методи їх аналізу. Полумарковські однолінійні системи; Многोलінійні ММО; Багатофазні ММО. Основна література: [1], (с. 40-73), [2], (с. 18-35). Додаткова література: [19], (с. 150-169). |
| 4 | Математичні методи теорії інформації. Моделювання потоку запитів із заданим розподілом. Генерування псевдовипадкових чисел. Генерування чисел з визначеним розподілом. Візуалізація функції розподілу ймовірностей, щільності |

| | |
|----|--|
| | ймовірностей. Основна література: [1, 5]. Додаткова література: [19]. |
| 5 | Моделювання систем зі скінченим числом джерел. Опис системи за допомогою статичної моделі. Моделювання однолінійних марківських систем. Модель однолінійної системи без пам'яті, тобто системи типу $M M 1 0$. Моделювання систем масового обслуговування зі скінченим числом джерел без буферизації. Система, яка приймає заявки, що поступають з трьох джерел з однаковими інтенсивностями λ з показовим розподілом часу очікування та обслуговується з інтенсивністю μ (також з показовим обслуговуванням). Основна література: [1], (с. 108-127). Додаткова література: [20], (с. 27-46). |
| 6 | Основи теорії черг. Марківські та напівмарківські системи МО та методи їх аналізу. Однолінійні марківські системи масового обслуговування. систему масового обслуговування $M M 1 n$, тобто однолінійну систему масового обслуговування з буфером обмеженої ємності. Багатолінійні системи. системи МО типу $M M n$ та $M M n m$. Основна література: [1], (с. 112-117). Додаткова література: [20]. |
| 7 | Основи теорії черг. Напівмарківські однолінійні системи. Системи типу $M G 1$ з розподілом часу обслуговування, відмінним від показового, або $GI M 1$ з вхідним потоком, що не є простішим, не є марківськими. Метод вкладених ланцюгів Маркова. Основна література: [1], с. (132-157). Додаткова література: [19], с. (191-199). |
| 8 | Аналітичні методи теорії інформації. Застосування аналітичних методів теорії мереж черг. Потоки в мережах та маршрутизація. Однорідні експонентні мережі. Оптимізація однорідних мереж. Основна література: [1], (с. 118-127). Додаткова література: [20], (с. 47-84). |
| 9 | Обчислення характеристик мереж черг. Алгоритми обчислення характеристик ММО. Алгоритми обчислення характеристик однорідних замкнених ММО. Розрахунок ММО характеристик мереж з декількома класами повідомлень. Основна література: [1], с. (132-157). Додаткова література: [19], с. (191-199). |
| 10 | Введення в IP-мережі. Принципи адресації та передачі даних. Символьне ім'я та IP-адреса. Побудова Domain Name Service (DNS). Об'єднання підмереж. Маршрутизація між підмережами. Побудова віртуальних мереж по IP-мережах (VPN) засобами PPTP, PPPoE. Основна література: [5], (гл. 1 р.р.1,3), [12], (гл. 2.2). Додаткова література: [9], (с. 49-52). |
| 11 | Міжмережева маршрутизація в Інтернет. Побудова міжмережевої маршрутизації. Протоколи сімейства IGP, EGP. Автономні системи та BGP-4. Автономні системи (AS). Протоколи внутрішньої та зовнішньої маршрутизації. Побудова взаємодії між AS по протоколу BGP-4. Ведення реєстру політик маршрутизації. Основна література: [11]. Додаткова література: [13], [15]. |
| 12 | Самоподібність трафіку в комп'ютерних мережах. Поняття самоподібності. Скейлінг. Чисельні характеристики самоподібності. Відмінність традиційних і самоподібних характеристик ММО. Основна |

| | |
|----|---|
| | література: [1], (с. 178-202), [2], (с. 89). Додаткова література: [24], (с. 203-220). |
| 13 | Самоподібність трафіку в комп'ютерних мережах. Відмінність традиційних і самоподібних характеристик ММО. Самоподібність в реальних ММО. Основна література: [1], (с. 178-202), [2], (с. 89). Додаткова література: [24], (с. 203-220). |
| 14 | Побудова глобальних комп'ютерних мереж. Топологічна структура комп'ютерної мережі. Топологічне проектування комп'ютерних мереж. Задача синтезу топології. Комбінаторний алгоритм топологічної оптимізації. Генерація остовних двозв'язних підграфів заданого графа. Оптимізація за критеріями складності та надійності. Основна література: [1], (с. 392-412), [2], (с. 101-106), [3], (с. 74-81). Додаткова література: [14], (с. 1-37). |
| 15 | Побудова глобальних комп'ютерних мереж. Архітектура комп'ютерних мереж. Архітектура комп'ютерних мереж. Фізична топологія. Архітектура однорангової комп'ютерної мережі. Архітектура багаторангової мережі. Основна література: [10], (с. 5-16). Додаткова література: [22] (с.18-22). |
| 16 | Сучасний Інтернет: комунікаційні мережі та інформаційні системи. Топологічна структура глобальної комп'ютерної мережі. Еволюція від Arpanet до Internet. Arpanet, Milnet, NSFnet. Мережа TCP/IP. Представлення мережі з точки зору теоретичної моделі OSI. Основна література: [5] (гл. 1, р. 4), [3], (с. 113-119). Додаткова література: [12], (гл.1, р.2). |

5. Семінарські заняття

Основні завдання циклу семінарських занять полягають у набутті аспірантами практичних навичок з використання програмного забезпечення інформаційних систем.

| № з/п | Назва теми заняття |
|-------|--|
| 1 | Моделювання потоку запитів із заданим розподілом. |
| 2 | Моделювання ММО зі скінченим числом джерел. |
| 3 | Моделювання однорідної замкненої мережі МО. |
| 4 | Метод аналізу середніх значень часу очікування та довжини черги. |
| 5 | Алгоритми розрахунку характеристик ММО. |
| 6 | Алгоритм згортання у вигляді дерева для розрахунку параметрів мереж. |
| 7 | Побудова моделі мережі з самоподібним трафіком. |
| 8 | Моделювання маршрутизації в мережі передачі даних. |

5. Практичні заняття

Практичних занять не передбачено.

6. Лабораторні заняття

Лабораторних занять не передбачено.

7. Самостійна робота

| № з/п | Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу | Кількість годин СРС |
|-------|---|---------------------|
| 1 | Предмет теорії інформації. Предмет і основні поняття теорії інформації. Мережі масового обслуговування (ММО). Однолінійні марковські ММО. [1] | 3 |
| 2 | Математичні методи теорії інформації. Визначення харківського процесу. Однорідний ланцюг Маркова. Стаціонарні ймовірності станів ланцюга Маркова. процесом загибелі та розмноження. [1, 19] | 7 |
| 3 | Основи теорії черг. Алгоритми обчислення характеристик ММО. Алгоритми обчислення характеристик однорідних замкнених ММО. Розрахунок ММО характеристик мереж з декількома класами повідомлень. [1], [19]. | 4 |
| 4 | Аналітичні методи теорії інформації. Застосування аналітичних методів теорії мереж черг. Потоки в мережах та маршрутизація. Однорідні експонентні мережі. Оптимізація однорідних мереж. [1], [20]. | 2 |
| 5 | Обчислення характеристик мереж черг. Алгоритми обчислення характеристик ММО. Алгоритми обчислення характеристик однорідних замкнених ММО. Розрахунок ММО характеристик мереж з декількома класами повідомлень. [1], [19]. | 5 |
| 6 | Самоподібність трафіку в комп'ютерних мережах. Поняття самоподібності. Скейлінг. Чисельні характеристики самоподібності. Відмінність традиційних і самоподібних характеристик ММО. [1], [24]. | 3 |
| 7 | Побудова глобальних комп'ютерних мереж. Топологічне проектування комп'ютерних мереж. Задача синтезу топології. Комбінаторний алгоритм топологічної оптимізації. Генерація остовних двозв'язних підграфів заданого графа. Оптимізація за критеріями складності та надійності. [1], [2], [3], [14]. | 4 |
| 8 | Сучасний Інтернет: комунікаційні мережі та інформаційні системи. Топологічна структура глобальної комп'ютерної мережі. Еволюція від Arpanet до Internet. Arpanet, Milnet, NSFnet. Мережа TCP/IP. Представлення мережі з точки зору теоретичної моделі OSI. [5], [3], [12]. | 2 |

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не передбачено.

9. Контрольні роботи

Передбачається одна модульна контрольна робота, метою якої є перевірка та закріплення набутих аспірантами знань. Варіант контрольної роботи містить два теоретичні питання.

10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Оцінка з дисципліни виставляється за багатобальною системою, з подальшим перерахуванням у 4-бальну.

2. Максимальна кількість балів з дисципліни дорівнює 100.

3. Нарахування балів по окремих видах робіт:

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що він отримав за:

- 1) виконання практичних робіт;
- 2) написання контрольної роботи (МКР);

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Виконання практичних робіт

Оцінюються 8 робіт, передбачених робочою програмою. Максимальний ваговий бал $r_{лр} = 64$

Сума вагових балів практичних робіт:

| № л. р. | Назва практичної роботи | Максимальний ваговий бал |
|---------|--|--------------------------|
| 1 | Моделювання потоку запитів із заданим розподілом. | 8 |
| 2 | Моделювання ММО зі скінченим числом джерел. | 8 |
| 3 | Моделювання однорідної замкненої мережі МО. | 8 |
| 4 | Метод аналізу середніх значень часу очікування та довжини черги. | 8 |
| 5 | Алгоритми розрахунку характеристик ММО. | 8 |
| 6 | Алгоритм згортання у вигляді дерева для розрахунку параметрів мереж. | 8 |
| 7 | Побудова моделі мережі з самоподібним трафіком. | 8 |
| 8 | Моделювання маршрутизації в мережі передачі даних. | 8 |
| Разом | | 64 |

Оцінювання практичних робіт:

–якщо робота виконана невчасно знімається 10-30% від максимальної кількості балів (кількість процентів залежить від терміну запізнення);

–якщо робота виконана не самостійно та простежується не індивідуальне виконання то знімається 50% від максимальної кількості балів;

–якщо в програмі не витримані основні правила створення програмних продуктів (модульність, дружній інтерфейс, наявність коментарів та т.п.) знімається 5%.

2. Модульний контроль

На одному з лекційних занять проводиться модульна контрольна робота: Максимальний ваговий бал $r_{МКР} = 11$.

Оцінювання модульної контрольної роботи виконується наступним чином:

–якщо на всі питання дані повні та чітко аргументовані відповіді, контрольна виконана охайно, з дотримання основних правил, то виставляється 9 - 11 балів;

–якщо методика виконання запропонованого завдання розроблена вірно, але допущені неprinципові помилки у теоретичному описі або розрахунках, то виставляється 6 - 8 балів;

–від 3 до 5 балів нараховується, якщо методика виконання завдання розроблена в основному вірно, але допущені деякі з наступних помилок: помилки у представленні вихідних даних, не обґрунтовані теоретичні рішення, помилки у методиці розрахунків;

–нижче 3 балів нараховується, якщо завдання не виконане або допущені грубі помилки.

3. Залік

Залік відбувається у письмовій формі. Максимальна оцінка за залік складає $r_{EK} = 25$ балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R=64 +11+25 = 100 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає 100 балів.

Умови допуску до заліку: зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг $r \geq 40$ балів.

Для отримання аспірантом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка **R** переводиться згідно таблиці:

Шкала оцінювання:

| <i>За 100 – бальною шкалою</i> | <i>За національною шкалою</i> |
|--------------------------------|-------------------------------|
| <i>90 – 100</i> | <i>Зараховано</i> |
| <i>85 – 89</i> | |
| <i>75 – 84</i> | |
| <i>65 – 74</i> | |
| <i>60 – 64</i> | |
| <i>1 – 59</i> | <i>не зараховано</i> |

11. Методичні рекомендації

Для кращого засвоєння матеріалу дисципліни рекомендується використовувати на лекціях мультимедійні засоби навчання, які дозволяють інтенсифікувати навчальний процес, стимулювати розвиток мислення та уяви аспірантів, збільшувати обсяг навчального матеріалу для творчого засвоєння і використання його аспірантами, викликати зацікавленість та позитивне ставлення до навчання.

Методика побудована таким чином, що матеріал майже кожної лекції закріплюється виконанням завдання комп'ютерного практикуму. Завдання аспіранти отримують заздалегідь і на аудиторному занятті під керівництвом викладача виправляють помилки в разі їх наявності та відповідають на запитання щодо програмної реалізації та теоретичних засад роботи.

Якість самостійної роботи перевіряється на заняттях комп'ютерного практикуму.

12. Рекомендована література

12.1. Базова

1. Вишневикий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. - М.: Техносфера, 2003. -512 с.
2. Дудин А.Н., Медведев Г.А., Меленец Ю.В. Практикум на ЭВМ по теории массового обслуживания. Учебное пособие. –Мн.: «Электронная книга БГУ», 2003, <http://anubis.bsu.by/publications/elresources/AppliedMathematics/dudin.pdf>
3. Ланде Д.В., Зубок В.Ю., Мохор В.В. Контури сучасних технологій побудови глобальних інформаційних мереж: Методичний посібник з навчальної дисципліни "Сучасні технології побудови глобальних мереж". – К.: ІСЗЗІ НТУУ "КПІ", 2009. – 195 с.
4. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2003 – 783 с.
5. Олифер В., Олифер Н. Введение в IP-сети. Информационно-аналитические материалы - Центр информационных технологий, <http://citforum.gatchina.net/nets/ip/contents.shtml>
6. Полянский А. Учебное пособие по CGI-программированию. – М.: Познавательная книга плюс, 2000. – 176 с.
7. Спецификация HTML 4.0. <http://www.citforum.ru/internet/html40/cover.html>
8. Торкингтон Н., Кристиансен Т. Библиотека программиста: Perl. – М.: Питер, 2001. - 736 с.
9. Федосеева А. Спецификация языка Perl. URL: [http://lib.luksian.com/ programming/perl/spec/](http://lib.luksian.com/programming/perl/spec/)
10. Буров Є., Комп'ютерні мережі. Львів. БаК, 1999. – 468 с.

12.2. Допоміжна

11. T. Bates, E. Gerich etc. Representation of IP Routing Policies in a Routing Registry (ripe-181). - 1994. <ftp://ftp.ripe.net/ripe/docs/ripe-181.txt>
12. Craig Hunt, "TCP/IP Network Administration. Second Edition". O'Reilly, 1997
13. E.C. Rosen. RFC 827 - Exterior Gateway Protocol (EGP). – 1982. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc827.html>

14. Y. Rekhter, T. Li. RFC1771 – A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). - 1995.
<http://rfc.net/rfc1771.html>
15. Y. Rekhter, P.Gross. RFC 1772 - Application of the Border Gateway Protocol in the Internet. - 1995. <http://rfc.net/rfc1772.html>
16. Tony Bates, Daniel Karrenberg. Description of Inter-AS Networks in the RIPE Routing Registry (ripe-103). - 1993. <ftp://ftp.ripe.net/ripe/docs/ripe-103.txt>
17. M. Crispin. Internet message access protocol - version 4rev1. University of Washington, March 2003 — <http://tools.ietf.org/html/rfc3501>
18. The IMAP Connection. University of Washington — <http://www.imap.org/>
19. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания. –М.: Физматгиз, 1963. – 236 с.
20. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с
21. Хелеби С., Мак-Ферсон Д., Принципы маршрутизации в Интернет. 2 издание. – М., Издательский дом «Вильямс», 2001. - 448 с.
22. Фейт С. TCP/IP: Архитектура, протоколы, реализация (включая IP версии 6 и IP Security). – М.: Лори, 2000.
23. Лукас М., FreeBSD. Подробное руководство, 2-е издание. – С.-Пб: Символ, 2009.
24. Ландэ Д.В., Снарский А.А., Безсуднов И.В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы. - - М.: Либроком (Editorial URSS), 2009. - 264 с.

13. Інформаційні ресурси

1. <http://dwl.kiev.ua/art/index.html> – веб-сторінка автора курсу
2. <http://ipri.kiev.ua/> – Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
3. <http://its.ipri.kiev.ua/> - веб-сторінка Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та безпека».
4. Apache HTTP Server (<http://apache.org/>)
5. Exim MTA (<http://www.exim.org/>)
6. Telnet/SSH client PuTTY (www.putty.nl)