

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ
Система забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти
сертифікована на відповідність ДСТУ ISO 9001:2015 / ISO 9001:2015
Кафедра програмної інженерії та кібербезпеки

ЗАТВЕРДЖЕНО

вченою радою

(пост. 10 п. 10 від “21” червня 2018 р.)

Ректор



А.А. Мазаракі

МЕТОДИ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ /
METHODS OF PROCESSING VIDEO
INFORMATION

ПРОГРАМА ТА РОБОЧА ПРОГРАМА
CURRICULUM AND SYLABUS

| | |
|-------------------------|--|
| освітній ступінь | магістр / master |
| галузь знань | 12 Інформаційні технології / Information Technology |
| спеціальність | 121 Інженерія програмного забезпечення / Software Engineering |

Київ 2018

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу КНТЕУ заборонено

Автори: Жирова Т.О., к. пед. н, ст. викладач
Котенко Н.О., к. пед. н, ст. викладач
Гнатченко Д.Д., асистент

Програму та робочу програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри програмної інженерії та інформаційних систем 15 травня 2018 р., протокол №26.

Рецензенти: Савченко Т.В., к.т.н., доц.
Жиров Д.М., к.т.н, с.н.с. ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАНУ,
відеоінженер ТОВ «Луна продакшн»

МЕТОДИ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ / METHODS OF PROCESSING VIDEO INFORMATION

ПРОГРАМА ТА РОБОЧА ПРОГРАМА CURRICULUM AND SYLABUS

| | |
|-------------------------|--|
| освітній ступінь | магістр / master |
| галузь знань | 12 Інформаційні технології / Information Technology |
| спеціальність | 121 Інженерія програмного забезпечення / Software Engineering |

Автори: ЖИРОВА Тетяна Олександрівна
КОТЕНКО Наталія Олексіївна
ГНАТЧЕНКО Дмитро Дмитрович

Редактор
Комп'ютерна верстка

Підп. до друку _____. Формат 60x84/16. Папір письм.
Ризографія. Ум. друк. арк. . Ум. фарбо-відб. .
Обл.-вид. арк. . Тираж пр. Зам. .

Центр підготовки навчально-методичних видань КНТЕУ
02156, Київ-156, вул. Кіото, 19

ВСТУП

Нині в багатьох галузях людської діяльності активно використовують відеоінформацію для різних цілей. Обробка відеоінформації є одним з важливих напрямів в інформаційних технологіях, завдяки якому відбувається реалізація функцій штучного інтелекту, що пов'язані з обробкою статичних зображень та відеопотоків.

Відеоаналітика – розділ цифрової обробки відеоінформації, який дозволяє отримати з відеопотоку інформацію, що стосується зображення в цілому, або як до окремих його елементів, а також покращити візуальне сприйняття відеопотоку.

Цифрова відеоінформація представлена двійковими відеофайлами, що містять один відеовідрізок, тобто послідовність відеозображень. Відеозображення є статичними кадрами відеовідрізка, послідовна демонстрація яких приводить до ілюзії руху об'єктів, що демонструються.

Створення цифрових відеовідрізків, які демонструються кінцевому користувачеві, вимагають здійснення певної послідовності операцій, де виділяють наступні етапи: створення відеозображення, запис, монтаж відеовідрізків, обробка відеоінформації, кодування відеоінформації.

Програма та робоча програма дисципліни «Методи обробки відеоінформації» призначена для студентів денної форми навчання за освітнім ступенем «магістр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Програму та робочу програму підготовлено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та структурно-логічної схеми освітнього процесу. Згідно з навчальним планом КНТЕУ дисципліна «Методи обробки відеоінформації» входить до циклу професійної підготовки з групи вибіркових дисциплін та викладається студентам на другому курсі першого семестру.

Зміст курсу дозволяє студентам поглибити не лише теоретичні знання математичних методів і алгоритмів обробки відеоінформації, але і отримати практичні навички обробки відеоінформації.

Вивчення дисципліни базується на поєднанні лекційних та лабораторних занять.

Програма складається з таких частин:

1. Мета, завдання та результати вивчення дисципліни (компетентності), її місце в освітньому процесі.
2. Зміст дисципліни.
3. Структура дисципліни та розподіл годин за темами (тематичний план).
4. Тематика та зміст лекційних та лабораторних занять, самостійної роботи студентів.
5. Список рекомендованих джерел.

I. МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ (КОМПЕТЕНТНОСТІ), ЇЇ МІСЦЕ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Мета дисципліни «Методи обробки відеоінформації»: зрозуміти різницю між растровою, векторною і фрактальною графікою, одержати основні навички роботи з розповсюдженими програмами по обробці відеофайлів; отримати уявлення про найбільш розповсюджені відеоформати; знання та практичні навички щодо конфігурації програмних засобів для обробки та відтворення візуальної інформації, оволодіння програмними продуктами обробки відеоінформації.

Завдання дисципліни «Методи обробки відеоінформації»: теоретична та практична підготовка майбутніх фахівців з таких питань:

1. Растрові та векторні зображення.
2. Цифрова обробка зображень. Поняття візуальної якості зображення.
3. Методи підвищення візуальної якості зображень.
4. Методи усунення статистичної надмірності в даних.
5. Кодування Хаффмана. Арифметичне кодування.
6. Статичний і динамічний варіанти кодування.
7. Словникові методи кодування. Метод Лемпела-Зіва-Уелча.
8. Кодування прогнозуванням по частковому збігу. Перетворення Берроуза-Уїлера.
9. Огляд програм архівації даних.
10. Робота з програмою VirtualDub.

Предметом дисципліни є сукупність теоретичних і практичних проблем, які пов'язані з проектуванням, розробкою та практичним використанням програмних продуктів, що здійснюють обробку відеоінформації.

Після завершення вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- формати зображень растрової і векторної графіки;
- стандарти передачі аналогових та цифрових відеозображень;
- основні формати відео та методи їх конвертації;
- методи стиснення відео інформації;
- способи покращення якості звуку та відео;
- роботу з відео файлами;

вміти:

- створювати нове відео;
- використовувати спеціальні ефекти;
- застосовувати Grid обчислення для передачі відеоінформації;
- здійснювати монтаж відеофайлів;
- конвертувати відео у різні формати;
- використовувати розподілені системи обчислень для підвищення якості передачі відеоінформації;

Компетентності зазначеної дисципліни – отримати певну систему знань, на основі якої фахівець зможе розв'язувати задачі професійної діяльності

в галузі обробки відеоінформації (створювати нове відео; використовувати спеціальні ефекти; застосовувати Grid обчислення для передачі відеоінформації; здійснювати монтаж відеофайлів; конвертувати відео у різні формати; використовувати розподілені системи обчислень для підвищення якості передачі відеоінформації)

Місце в освітньому процесі. Дисципліна базується на знаннях, що студенти отримали під час вивчення дисциплін «Математичний аналіз», «Алгоритми та структури даних», «Людино-машинна взаємодія».

Дисципліна надає студентам необхідні знання та навички, які будуть корисні при вивченні спеціальних дисциплін, виконанні дипломних робіт, у подальшій професійній діяльності.

Вивчення дисципліни розраховано на 225 години (7,5 кредитів) і передбачає використання наступних видів занять: лекцій – 22 год., лабораторних робіт – 44 год., самостійної роботи – 159 год.

Всі лабораторні завдання виконуються на основі інтерактивних методів навчання у комп'ютерному середовищі.

2. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

РОЗДІЛ 1. СПОСОБИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ВІДЕО ІНФОРМАЦІЇ

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Методи обробки відеоінформації». Цифрова обробка зображень

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в учбовому плані. Принципи формування і реєстрації зображень. Області застосування цифрової обробки зображень. Завдання обробки зображень. Побудова та основні характеристики цифрових фото і відеокамер. Етапи аналізу та обробки зображення всередині цифрової камери.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 3, 5

Додатковий: 9, 10

Інтернет-ресурси: 17, 18

Тема 2. Растрові та векторні зображення

Комп'ютерна графіка. Галузі застосування. Види комп'ютерної графіки. Формати графічних файлів Колірні простори. Огляд основних форматів зберігання растрових і векторних зображень, сфери їх використання. Поняття візуальної якості зображення. Особливості системи зору людини. Методи оцінки візуальної якості зображень. Методи підвищення візуальної якості зображень.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 3, 4, 5

Додатковий: 6, 7, 12

Інтернет-ресурси: 13, 14

Тема 3. Методи усунення статистичної надмірності в даних. Стиснення зображень з втратами інформації

Алгоритми стиснення графічних файлів. Алгоритми стиснення графічної інформації без втрат. Алгоритми стиснення графічної інформації з втратами.

Кодування Хаффмана. Арифметичне кодування. Статичний і динамічний варіанти кодування. Словникові методи кодування. Метод Лемпела-Зіва-Уелча. Кодування прогнозуванням по частковому збігу. Перетворення Берроуза-Уїлера. Огляд програм архівації даних.

Використання дискретного косинусного перетворення у стиску зображень. Використання дискретного вейвлетного перетворення у стиску зображень. Стиснення зображень на основі векторної квантизації. Фрактальне стиснення зображень.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 3, 4, 5

Додатковий: 6, 7, 12
Інтернет-ресурси: 13, 14

Тема 4. Стиснення відеоінформації

Особливості стиснення відеоінформації. Перелік вимог до кодеру / декодеру. Класифікація основних методів стиснення відеоінформації. Міжкадрове кодування відео. Методи компенсації руху. Основні стандарти стиснення відео. Стандарти стиснення відео H.263 і H.264. Принципи стиснення відео, порівняльний аналіз. Кодування відео у форматі XVID.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 3, 4, 5
Додатковий: 6, 7, 12
Інтернет-ресурси: 15, 16

Тема 5. Цифровий звук. Основи роботи зі звуковою інформацією

Цифровий звук. Основні характеристики цифрових звукових даних. Психофізична модель сприйняття звуку людиною. Огляд основних форматів зберігання звуку.

Стиск звуку з втратами інформації. Використання методів усунення статистичної надмірності даних в стиску звуку. Використання методів стиснення з втратами інформації в стиску звуку. Метод стиснення звуку в стандарті MP3. Кодек AC3.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 1, 3, 5
Додатковий: 6, 7, 9
Інтернет-ресурси: 13, 17

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ. ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ

Тема 6. Основи цифрової обробки сигналів

Основні поняття сигналу. Шуми й завади. Розмірність сигналів. Математичний опис сигналів. Математичні моделі сигналів. Види моделей сигналів. Класифікація сигналів. Типи сигналів.

Перетворення типу сигналів. Спектральне подання сигналів. Графічне відображення сигналів. Постановка завдання цифрової обробки сигналів. Перетворення Фур'є. Узагальнені функції. Відновлення дискретного сигналу. Зв'язок між безперервним і дискретним перетвореннями Фур'є. Теорема Котельникова-Шеннона. Дискретне перетворення Фур'є. Лінійні інваріантні системи

Цифрові фільтри. Z-перетворення. КІХ фільтри. Квадратурний дзеркальний фільтр. Вейвлет-перетворення. Швидкі алгоритми дискретного перетворення Фур'є. Згортка послідовностей та її обчислення. Використання вікон. Автокореляція та її обчислення. Перетворення Хартлі. Дискретне косинусне перетворення. Перетворення Уолша-Адамара. Код Грея. Перетворення Хаара.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 1, 3, 5

Додатковий: 6, 7, 9, 12

Інтернет-ресурси: 13, 16, 17

Тема 7. Дискретизація й відновлення безперервних зображень

Дискретизація детермінованих зображень. Дискретизація випадкових зображень. Дискретизація сигналів у реальних системах. Вплив форми імпульсів дискретизації. Ефекти пов'язані з накладанням спектрів. Інтерполяційні функції в реальних системах відновлення зображення.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 1, 3, 5

Додатковий: 6, 7, 9

Інтернет-ресурси: 13, 17

Тема 8. Цифрова обробка зображень шляхом поелементних перетворень. Фільтрація зображень

Лінійне контрастування зображень. Соляризація зображення. Зональне контрастування зображення. Перетворення гістограм, еквалізація. Застосування табличного методу для поелементного перетворення зображень

Оптимальна лінійна фільтрація зображення. Маскова фільтрація зображень. Медіанна фільтрація.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 1, 3, 5

Додатковий: 6, 7, 9

Інтернет-ресурси: 13, 17

РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ

Тема 9. Початок роботи з програмою VirtualDub

Дефінітивний аналіз відеоредакторів: VirtualDub, Adobe After Effects, Adobe Premiere, Ulead VideoStudio.

Контейнери для зберігання відео. VirtualDub - програма для кодування відеоінформації в контейнері AVI. Робота з VirtualDub, налаштування кодування аудіо і відео, стандартні фільтри, що підключаються. Установка кодеків K-Lite Codec Pack.

Стандарти стискнення зображень JPEG та JPEG2000. Обробка RAW у Matlab.

Основи використання VirtualDub.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 2, 4, 5

Додатковий: 8, 10, 11

Інтернет-ресурси: 13, 14

Тема 10. Програма-фреймсервер AviSynth

Скрипти для обробки відео в AviSynth. Установка Avisynth. Використання AviSynth з VirtualDub. Основні команди і фільтри AviSynth. Робота з AviSynth. Монтаж фільму в VirtualDub та Avisynth. Обробка відео у VirtualDub. Створення власного фільтра для VirtualDub.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 2, 4, 5

Додатковий: 8, 10, 11

Інтернет-ресурси: 13, 14

Тема 11. Основні принципи стиснення відеоінформації

Особливості стиснення відеоінформації. Перелік вимог до кодеру/декодеру. Класифікація основних методів стиснення відеоінформації. Міжкадрове кодування відео. Методи компенсації руху. Контейнери для зберігання відео. Основні стандарти стиснення відео.

Стандарти стиснення відеоінформації. Стандарти стиснення відео H.263 і H.264. Принципи стиснення відео, порівняльний аналіз.

Розробка власного фільтру для VirtualDub. Формат кодування XVid. Кодування відео у форматі XVid. Стиснення відео у форматі XVid.

Список рекомендованих джерел:

Основний: 2, 4, 5

Додатковий: 8, 10, 11

Інтернет-ресурси: 13, 14

3. Структура дисципліни та розподіл годин за темами (тематичний план)

| Назва теми | Кількість годин | | | | Форми контролю* |
|---|-------------------------|--------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|
| | Всього годин / кредитів | з них | | | |
| | | Лекції | Лабораторні заняття/мод. контроль | Самостійна робота | |
| 1 | 2 | 4 | 5 | 7 | 8 |
| РОЗДІЛ 1. СПОСОБИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ВІДЕО ІНФОРМАЦІЇ | | | | | |
| Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Методи обробки відеоінформації» | 10 | 2 | | 8 | К, ПСР |
| Тема 2. Растрові та векторні зображення. Цифрова обробка зображень | 16 | 2 | 2 | 12 | К, ПСР, ПІЗ |
| Тема 3. Методи усунення статистичної надмірності в даних. Стиснення зображень з втратами інформації | 18 | 2 | 2 | 14 | К, ПСР |
| Тема 4. Стиснення відеоінформації | 20 | 2 | 2 | 16 | К, ПСР |
| Тема 5. Цифровий звук. Основи роботи зі звуковою інформацією | 14 | 2 | 2 | 10 | К, Т, ПСР, ПІЗ |
| РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ. ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ | | | | | |
| Тема 6. Основи цифрової обробки сигналів | 12 | 2 | | 10 | К, ПСР |
| Тема 7. Дискретизація й відновлення безперервних зображень | 24 | 2 | | 20 | К, ПСР, ПІЗ |
| Тема 8. Цифрова обробка зображень шляхом поелементних перетворень. Фільтрація зображень | 24 | 2 | 4 | 20 | К, Т, ПСР, ПІЗ |
| РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ | | | | | |
| Тема 9. Початок роботи з програмою VirtualDub | 18 | 2 | 4 | 12 | К, ПСР |
| Тема 10. Програма-фреймсервер AviSynth | 24 | 2 | 4 | 18 | К, ПСР, ПІЗ |
| Тема 11. Основні принципи стиснення відеоінформації | 23 | 2 | 2 | 19 | К, Т, ПІЗ |
| Разом | 225/7,5 | 22 | 44 | 159 | |
| Підсумковий контроль – Екзамен письмовий | | | | | |

*К – перевірка конспекту; ПСР – перевірка самостійної роботи; ПІЗ – перевірка індивідуальних завдань; Т – тестування на ПЕОМ, КР – контрольна робота.

4. Тематика та зміст лекцій, практичних занять, самостійної роботи студентів

| Результати навчання | Навчальна діяльність | Робочий час студента (год.) | Оцінювання (бал) |
|---|--|-----------------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| РОЗДІЛ 1. СПОСОБИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ВІДЕО ІНФОРМАЦІЇ | | | |
| Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Методи обробки відеоінформації» | | 10 | 3 |
| <p><i>Знати</i> принципи формування і реєстрації зображень, області застосування цифрової обробки зображень; будову та основні характеристики цифрових фото і відеокамер.</p> <p><i>Вміти</i> класифікувати відеоінформацію; обирати засоби створення відеоінформації; здійснювати аналіз та обробку зображень всередині цифрової камери.</p> | <p>Лекція 1. Вступ до навчальної дисципліни «Методи обробки відеоінформації»</p> <p><i>План лекції:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни. 2. Місце дисципліни в учбовому плані. 3. Принципи формування і реєстрації зображень. 4. Области застосування цифрової обробки зображень. 5. Завдання обробки зображень. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 3, 5 Додатковий: 9, 10 Інтернет-ресурси: 17, 18</p> <p>Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем.</p> <p>Питання винесені на самостійне опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Побудова та основні характеристики цифрових фото і відеокамер. 2. Етапи аналізу та обробки зображення всередині цифрової камери. | 2 | |
| Тема 2. Растрові та векторні зображення | | 16 | 7 |
| <p><i>Знати</i> основні формати зберігання растрових і векторних зображень, сфери їх використання. Розрізняти векторну,</p> | <p>Лекція 2. Растрові та векторні зображення</p> <p><i>План лекції:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Колірні простори. Огляд основних форматів зберігання растрових і векторних зображень, сфери їх використання. 2. Векторна, растрова, фрактальна і 3D графіка. 3. Розширення зображень. Колір та кольорові моделі (адитивні RGB, субтрактивні CMYK і перцепційні HSV). | 2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|-----------|-----------|
| растрову, фрактальну і 3D графіку. Колір та кольорові моделі (адитивні RGB, субтрактивні CMYK і перцепційні HSV) Вміти опрацювати графічну інформацію в залежності від типу розширення зображення; здійснювати оцінку візуальної якості зображень. | 4. Колориметричні системи. 5. Методи оцінки візуальної якості зображень. 6. Поняття візуальної якості зображення. Список рекомендованих джерел: Основний: 3, 4, 5 Додатковий: 6, 7, 12 Інтернет-ресурси: 13, 14 | | |
| | Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем. Питання винесені на самостійне опрацювання: 1. Комп'ютерна графіка. Галузі застосування. 2. Види комп'ютерної графіки. Формати графічний файлів. 3. Особливості системи зору людини. 4. Методи оцінки візуальної якості зображень. 5. Методи підвищення візуальної якості зображень. | 12 | 3 |
| | Лабораторні заняття №1 «Створення та редагування растрових та векторних зображень засобами графічних редакторів» <i>Мета: навчитися створювати та редагувати растрові та векторні зображення з використанням таких графічних редакторів: Artweaver, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Corel Draw.</i> <i>Завдання:</i> 1. Обрати графічний редактор для подальшого виконання завдання. 2. Визначитися із загальною концепцією розробки сайту-візитки кафедри програмної інженерії та кібербезпеки. 4. Розробити дизайн головної сторінки сайту-візитівки. 5. Створити, з використанням обраного графічного редактору, прототип сайту-візитівки кафедри програмної інженерії та кібербезпеки. <i>План заняття:</i> • Актуалізація теоретичного матеріалу • Виконання завдань лабораторної роботи • Презентація виконаної роботи | 2 | 4 |
| Тема 3. Методи усунення статистичної надмірності в даних. Стиснення зображень з втратами інформації та без втрат | | 18 | 11 |
| Знати алгоритми | Лекція №3. Методи усунення статистичної надмірності в даних. Стиснення зображень з | 2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|----|---|
| <p>стиснення графічних файлів з втратами та без втрат; принципи кодування графічної інформації; загальні принципи роботи програм-архіваторів; Вміти обирати оптимальний алгоритм стиснення графічної інформації в залежності від поставленої задачі;</p> | <p>втратами інформації та без втрат</p> <p><i>План лекції:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Алгоритми стиснення графічних файлів. Алгоритми стиснення графічної інформації без втрат. Алгоритми стиснення графічної інформації з втратами. 2. Кодування Хаффмана. 3. Використання дискретного косинусного перетворення у стиску зображень. 4. Використання дискретного вейвлетного перетворення у стиску зображень. 5. Стиснення зображень на основі векторної квантизації. Фрактальне стиснення зображень. 6. Типові задачі обробки графічної інформації. 7. Системи комп'ютерної графіки. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 3, 4, 5 Додатковий: 6, 7, 12 Інтернет-ресурси: 13, 14</p> | | |
| <p>розв'язувати типові задачі обробки графічної інформації та системи комп'ютерної графіки.</p> | <p>Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем.</p> <p>Питання винесені на самостійне опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Арифметичне кодування. 2. Статичний і динамічний варіанти кодування. 3. Словникові методи кодування. 4. Метод Лемпела-Зіва-Уелча. 5. Кодування прогнозуванням по частковому збігу. 6. Перетворення Берроуза-Уілера. 7. Огляд програм архівації даних. | 14 | 3 |
| | <p>Лабораторні заняття №2 «Алгоритми стиснення графічних файлів з втратами та без втрат»</p> <p><i>Мета:</i> навчитися реалізовувати алгоритми стиснення графічної інформації з втратами та без втрат засобами мови програмування C#.</p> <p><i>Завдання:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проаналізувати алгоритми кодування звукової інформації. 2. Написати програму мовою C#, яка реалізує відповідний алгоритм кодування графічної інформації у відповідності до варіанта завдання. | 2 | 8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|-----------|-----------|
| | <p>3. Забезпечити зручний інтерфейс розробленої програми.</p> <p>4. Здійснити тестування розробленої програми-архіватора.</p> <p><i>План заняття:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуалізація теоретичного матеріалу • Виконання завдань лабораторної роботи • Презентація виконаної роботи | | |
| Тема 4. Стиснення відеоінформації | | 20 | 11 |
| <p>Знати особливості стиснення відеоінформації; класифікувати основні методи стиснення відеоінформації; методи компенсації руху.</p> <p>Вміти здійснювати міжкадрове кодування відео; кодування відео у форматі XVid.</p> | <p>Лекція №4. Стиснення відеоінформації</p> <p><i>План лекції:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Особливості стиснення відеоінформації. 2. Перелік вимог до кодеру / декодеру. 3. Класифікація основних методів стиснення відеоінформації. 4. Міжкадрове кодування відео. 5. Методи компенсації руху. 6. Основні стандарти стиснення відео. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 3, 4, 5 Додатковий: 6, 7, 12 Інтернет-ресурси: 15, 16</p> | 2 | |
| | <p>Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем.</p> <p>Питання винесені на самостійне опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Стандарти стиснення відео H.263 і H.264. 2. Принципи стиснення відео, порівняльний аналіз. 3. Кодування відео у форматі XVid. | 16 | 3 |
| | <p>Лабораторні заняття №3 «Пошук вектору зміщення на двох сусідніх кадрах»</p> <p><i>Мета:</i> навчитися здійснювати покадровку відео допомогою програми avidemux та обчислювати величину вектору зміщення.</p> <p><i>Завдання:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Здійснити зйомку себе на відео і взяти з нього за допомогою програми avidemux два сусідніх кадри. Кадри зберегти як зображення в форматі bmp. 2. Розбити зображення першого кадру на області розміром 8x8 відр., які не перетинаються. 3. Обрати блок, який має зміщення на другому кадрі. 4. Використовуючи квадратичну міру, знайти величину вектора зміщення заданого | 2 | 8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|-----------|-----------|
| | <p>блоку.</p> <p><i>План заняття:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуалізація теоретичного матеріалу • Виконання завдань лабораторної роботи • Презентація виконаної роботи | | |
| Тема 5. Цифровий звук. Основи роботи зі звуковою інформацією | | 14 | 11 |
| <p>Знати основні характеристики цифрових звукових даних; психофізичну модель сприйняття звуку людиною; основні формати зберігання звуку.</p> <p>Вміти здійснювати різними методами усунення статистичної надмірності даних в стиску звуку.</p> | <p>Лекція №5. Цифровий звук. Основи роботи зі звуковою інформацією</p> <p><i>План лекції:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Цифровий звук. Основні характеристики цифрових звукових даних. 2. Психофізична модель сприйняття звуку людиною. 3. Огляд основних форматів зберігання звуку. 4. Стиск звуку з втратами інформації. 5. Використання методів усунення статистичної надмірності даних в стиску звуку. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1, 3, 5 Додатковий: 6, 7, 9 Інтернет-ресурси: 13, 17</p> | 2 | |
| | <p>Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем.</p> <p>Питання винесені на самостійне опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Використання методів стиснення з втратами інформації в стиску звуку. 2. Метод стиснення звуку в стандарті MP3. Кодек AC3. | 10 | 3 |
| | <p>Лабораторні заняття №4 «Аналіз методів стискання коду із втратами звукової інформації»</p> <p><i>Мета:</i> закріпити теоретичні знання про сучасні методи стискання із втратами; опанувати практичні рішення із компресії повідомлень різних типів; оцінити ефективність стискання з використанням популярних алгоритмів.</p> <p><i>Завдання:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виконати експерименти зі стискання звукових файлів формату mp3 за допомогою програми Format Factory. Дослідити вплив на обсяг підсумкового файлу величини заданого бітрейту, а також параметрів налаштування (частота дискретизації, максимальний рівень | 2 | 8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|-----------|----------|
| | <p>гучності, кількість каналів, режим змінного бітрейту VBR). Пояснити їх, виходячи з розуміння алгоритму стискання.</p> <p>2. Розглянути механізм стискання з втратами в mp3 за допомогою програми SpecViz візуалізації кодування звуку. У ході прослуховування аудіо-треку вибрати блок аудіо з наочним відображенням спектру й зберегти скриншот. Пояснити принцип стискання звуку в mp3 з використанням спектральних перетворень.</p> <p>3. Виділити на скриншоті критичні частотні смуги, у яких спостерігаються піки спектра сигналу. Пояснити механізм стискання коду, який використовує ефект частотного маскування.</p> <p><i>План заняття:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуалізація теоретичного матеріалу • Виконання завдань лабораторної роботи • Презентація виконаної роботи | | |
| РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ. ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ | | | |
| Тема 6. Основи цифрової обробки сигналів | | 12 | 5 |
| <p>1. <i>Знати</i> основні поняття сигналу, розмірність сигналів; математичні моделі сигналів; види моделей сигналів; теорему Котельникова-Шеннона; Дискретне перетворення Фур'є. Лінійні інваріантні системи Цифрові фільтри. Z-перетворення. КІХ фільтри.</p> <p><i>Вміти</i> здійснювати класифікацію сигналів; відновлювати дискретний</p> | <p style="text-align: center;">Лекція №6. Основи цифрової обробки сигналів</p> <p><i>План лекції:</i></p> <p>2. Основні поняття сигналу. Шуми й завади. Розмірність сигналів.</p> <p>3. Математичний опис сигналів. Математичні моделі сигналів.</p> <p>4. Види моделей сигналів. Класифікація сигналів. Типи сигналів.</p> <p>5. Перетворення типу сигналів. Спектральне подання сигналів. Графічне відображення сигналів.</p> <p>6. Постановка завдання цифрової обробки сигналів. Перетворення Фур'є. Узагальнені функції.</p> <p>7. Відновлення дискретного сигналу. Зв'язок між безперервним і дискретним перетвореннями Фур'є. Теорема Котельникова-Шеннона.</p> <p>8. Дискретне перетворення Фур'є. Лінійні інваріантні системи</p> <p>9. Цифрові фільтри. Z-перетворення. КІХ фільтри.</p> <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1, 3, 5 Додатковий: 6, 7, 9, 12 Інтернет-ресурси: 13, 16, 17</p> | 2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|-----------|-----------|
| сигнал; здійснювати перетворення типу сигналів; спектральне подання сигналів; графічне відображення сигналів. | Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем. Питання винесені на самостійне опрацювання: 1. Квадратурний дзеркальний фільтр. Вейвлет-перетворення. Швидкі алгоритми дискретного перетворення Фур'є. 2. Згортка послідовностей та її обчислення. Використання вікон. Автокореляція та її обчислення. 3. Перетворення Хартлі. Дискретне косинусне перетворення. 4. Перетворення Уолша-Адамара. 5. Код Грея. Перетворення Хаара | 10 | 5 |
| Тема 7. Дискретизація й відновлення безперервних зображень | | 24 | 3 |
| Знати дискретизацію детермінованих зображень; дискретизацію випадкових зображень; дискретизація сигналів у реальних системах; вплив форми імпульсів дискретизації. Вміти створювати ефекти, пов'язані з накладанням спектрів. | Лекція №7. Дискретизація й відновлення безперервних зображень <i>План лекції:</i> 1. Дискретизація детермінованих зображень. 2. Дискретизація випадкових зображень. Дискретизація сигналів у реальних системах. 3. Вплив форми імпульсів дискретизації. Список рекомендованих джерел: Основний: 1, 3, 5 Додатковий: 6, 7, 9 Інтернет-ресурси: 13, 17 | 2 | |
| | Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем. Питання винесені на самостійне опрацювання: 1. Ефекти пов'язані з накладанням спектрів. 2. Інтерполяційні функції в реальних системах відновлення зображення. | 20 | 3 |
| Тема 8. Цифрова обробка зображень шляхом поелементних перетворень. Фільтрація зображень | | 24 | 10 |
| Знати лінійне контрастування зображень; соляризація зображення; зональне | Лекція №8. Цифрова обробка зображень шляхом поелементних перетворень. Фільтрація зображень <i>План лекції:</i> 1. Лінійне контрастування зображень. 2. Соляризація зображення. | 2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|----|---|
| <p>контрастування зображення. перетворення гістограм, еквалізація.</p> <p>Вміти застосовувати табличний метод для поелементного перетворення зображень; здійснювати маскову фільтрацію зображень; медіанну фільтрацію.</p> | <p>3. Зональне контрастування зображення. 4. Перетворення гістограм, еквалізація. Застосування табличного методу для поелементного перетворення зображень.</p> <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1, 3, 5 Додатковий: 6, 7, 9 Інтернет-ресурси: 13, 17</p> | | |
| | <p>Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем.</p> <p>Питання винесені на самостійне опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимальна лінійна фільтрація зображення. 2. Маскова фільтрація зображень. 3. Медіанна фільтрація. | 20 | 2 |
| | <p>Лабораторні заняття №5 «Частотна фільтрація зображень» <i>Мета:</i> ознайомитись зі способами представлення зображень в області просторових частот; ознайомитись з частотними методами фільтрації зображень, використовуючи систему моделювання MATLAB з набором інструментів Image Processing Toolbox; проаналізувати призначення та принцип дії різних фільтрів та методів їх створення у системі MATLAB.</p> <p><i>Завдання:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. За заданою АЧХ за допомогою команди fsamp2: [u,v]=freqspace(20,'meshgrid'); %Створюємо маску фільтру ВЧ Hd=zeros(20); R=sqrt(u.^2+v.^2); Hd(R>0.15)=1;%0.15 – відносна частота зрізу Figure H=fsamp2(Hd); %Створення фільтру по його масці freqz2(H); I2=imfilter(I,H); 2. Фільтр застосовувати до зображення відповідно до номеру завдання. Отримати ДПФ відфільтрованого зображення та пояснити результат фільтрації, використовуючи представлення зображення у частотній та просторовій областях. Проаналізувати вплив на кінцеве зображення | 4 | 8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|-----------|-----------|
| | <p>величини відносної частоти зрізу фільтру.</p> <p>3. Повторити п. 1, створивши фільтр НЧ. Для цього замінити команду <code>zeros</code> на <code>ones</code> та присвоїти $H_d(R>0.15)=0$.</p> <p>4. Методом перетворення частот за допомогою команди <code>ftrans2</code>:</p> <pre>B=fir1(6,0.3);%Створення коеф. одновимірного ФНЧ 6-го порядку з відносною частотою зрізу 0,3 H=ftrans2(B); Figure freqz2(H); I2=imfilter(I,H);</pre> <p>5. Фільтр застосувати до зображення відповідно до номеру завдання. Отримати ДПФ відфільтрованого зображення та пояснити результат фільтрації, використовуючи представлення зображення у частотній та просторовій областях.</p> <p>6. Повторити п.3, створивши фільтр ВЧ. Для цього у команду <code>fir1</code> внести наступні зміни: <code>B=fir1(6,0.3,'high');</code></p> <p><i>План заняття:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуалізація теоретичного матеріалу • Виконання завдань лабораторної роботи • Презентація виконаної роботи | | |
| РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ | | | |
| Тема 9. Початок роботи з програмою VirtualDub | | 18 | 13 |
| <p><i>Знати</i> основи роботи з контейнерами для зберігання відео.</p> <p><i>Вміти</i> здійснювати дефінітивний аналіз відеоредакторів: VirtualDub, Adobe After Effects, Adobe Premiere, Ulead VideoStudio.</p> <p>Працювати в VirtualDub - програмі для кодування відеоінформації в контейнері AVI.</p> | <p style="text-align: center;">Лекція 9. Початок роботи з програмою VirtualDub</p> <p><i>План лекції:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дефінітивний аналіз відеоредакторів: VirtualDub, Adobe After Effects, Adobe Premiere, Ulead VideoStudio. 2. Контейнери для зберігання відео. VirtualDub - програма для кодування відеоінформації в контейнері AVI. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 2, 4, 5 Додатковий: 8, 10, 11 Інтернет-ресурси: 13, 14</p> <p>Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем.</p> <p>Питання винесені на самостійне опрацювання: 1. Робота з VirtualDub, налаштування</p> | 2 | |
| | | 12 | 5 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|-----------|-----------|
| | <p>кодування аудіо і відео, стандартні фільтри, що підключаються.</p> <p>2. Установка кодеків K-Lite Codec Pack.</p> | | |
| | <p>Лабораторні заняття №6 «Створення нового проекту і робота з ефектами VirtualDub»</p> <p><i>Мета:</i> створити новий проект і навчитися працювати з ефектами в VirtualDub.</p> <p><i>Завдання:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Створити проект «Лабораторна робота №6». 2. Імпортувати в проект відео, яке було створене на лабораторній роботі № 3. Змонтувати відеокліп в програмі VirtualDub. Необхідно використати ефект зміни гучності звуку. Відеоряд і переходи повинні відповідати темпу звуку. 4. На створений кліп накласти ефекти, які були розглянуті на лекції. <p><i>План заняття:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуалізація теоретичного матеріалу • Виконання завдань лабораторної роботи • Презентація виконаної роботи | 4 | 8 |
| Тема 10. Програма-фреймсервер AviSynth | | 24 | 13 |
| <p>Знати скрипти для обробки відео в AviSynth</p> <p>Вміти здійснювати Монтаж фільму в VirtualDub та Avisynth.</p> | <p style="text-align: center;">Лекція №10. Програма-фреймсервер AviSynth</p> <p><i>План лекції:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Скрипти для обробки відео в AviSynth. 2. Робота з AviSynth. 3. Монтаж фільму в VirtualDub та Avisynth. 4. Обробка відео у VirtualDub. 5. Створення власного фільтра для VirtualDub. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 2, 4, 5 Додатковий: 8, 10, 11 Інтернет-ресурси: 13, 14</p> | 2 | |
| | <p>Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем.</p> <p>Питання винесені на самостійне опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установка Avisynth. 2. Використання AviSynth з VirtualDub. 3. Основні команди і фільтри AviSynth.. | 18 | 5 |
| | <p>Лабораторні заняття №7 «Ефект анімації, керування звуком та створення титрів»</p> <p><i>Мета:</i> вивчити методи створення ефектів анімації і кіенгу, а також методи керування</p> | 4 | 8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|-----------|-----------|
| | <p>звукот та створення титрів.</p> <p><i>Завдання:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Додати на відеофайл з Лабораторної роботи №6 ефект анімації. 2. Змінити гучність аудіодоріжки. 3. Використати ефект Ultra Key. 4. Додати на відео титри. <p><i>План заняття:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуалізація теоретичного матеріалу • Виконання завдань лабораторної роботи • Презентація виконаної роботи. | | |
| Тема 11. Основні принципи стиснення відеоінформації | | 23 | 13 |
| <p>Знати Особливості стиснення відеоінформації. Перелік вимог до кодеру/декодеру ; класифікація основних методів стиснення відеоінформації; міжкадрове кодування відео; основні стандарти стиснення відео.</p> <p>Вміти розробляти власний фільтр для VirtualDub; здійснювати кодування відео у форматі XVID; здійснювати стиснення відео у форматі XVID.</p> | <p>Лекція 11. Основні принципи стиснення відеоінформації</p> <p><i>План лекції:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Особливості стиснення відеоінформації. Перелік вимог до кодеру/декодеру. Класифікація основних методів стиснення відеоінформації. Міжкадрове кодування відео. Методи компенсації руху. Контейнери для зберігання відео. Основні стандарти стиснення відео. 2. Розробка власного фільтру для VirtualDub. Формат кодування XVID. Кодування відео у форматі XVID. Стиснення відео у форматі XVID. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 2, 4, 5 Додатковий: 8, 10, 11 Інтернет-ресурси: 13, 14</p> | 2 | |
| | <p>Завдання для самостійної роботи: Вивчення та доповнення матеріалів лекції на основі самостійного опрацювання основних літературних джерел, зазначених у списку та електронних матеріалів, які надаються викладачем.</p> <p>Питання винесені на самостійне опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Стандарти стиснення відеоінформації. 2. Стандарти стиснення відео H.263 і H.264. 3. Принципи стиснення відео, порівняльний аналіз. | 19 | 5 |
| | <p>Лабораторні заняття №8 «Статичне та динамічне відео»</p> <p><i>Мета:</i> дослідження відео у цифрових форматах кодування MPEG-2 та MPEG-4 і отримання практичних навиків аналізу якості відеозображень та їх технічних параметрів.</p> <p><i>Завдання:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вивчити алгоритми кодування відео MPEG 2 та MPEG 4 і підготуватись до | 2 | 8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------|---|------------------------------------|------------------|
| | <p>відповідей на контрольні запитання.</p> <p>2. За допомогою віртуальної реалізації алгоритмів MPEG 2 та MPEG 4 в середовищі інформаційно-комунікаційної системи "ПОЛІДАР" дослідити роботу методу стиснення відеофрагментів у різних форматах.</p> <p>3. За результатами дослідження скласти звіт.</p> <p><i>План заняття:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуалізація теоретичного матеріалу • Виконання завдань лабораторної роботи • Презентація виконаної роботи | | |
| <i>Разом</i> | | 225 годин/ 7,5 кредитів | 100 балів |
| <i>Підсумковий контроль</i> | | Письмовий екзамен | |

Всі лабораторні завдання виконуються на основі інтерактивних методів навчання у комп'ютерному середовищі.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ¹

Основний

1. *Бабак В. П. Обробка сигналів: підруч. для студ. техн. спец. вищ. навч. закл. / В. П. Бабак, В. С. Хандецький, Е. Шрюфер. – 2-е вид. переробл. і допов. – Київ : Либідь, 2010. – 495 с.*
2. *Бондаренко М.Ф. Програмні засоби створення мультимедіа: Навч. посібник / М.Ф.Бондаренко, С.В.Помазанов, І.Ю. Шубін –Харків: СМІТ, 2010. – 155 с.*
3. *Дробик О.В. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах: Навчальний посібник / О.В. Дробик, В.В. Кідалов, В.В. Коваль, Б.Я. Костік, В.С. Лазебний, Г.М. Розорінов, Г.О. Сукач. – К.: Наукова думка, 2016. – 144 с.*
4. *Шубін І.Ю. Розробка інтерактивного медіа: Навч. посібник / І.Ю. Шубін, І.В. Груздо – Харків: ХНУРЕ., 2016. – 170 с.*
5. *Murat Tekalp A. Digital Video Processing, Second Edition / Murat Tekalp A. – Prentice Hall, 2015 – 1344 p.*

Додатковий

6. *Зоренко Я. Дослідження технологій кодування відеоінформації з роздільною здатністю 4K [Електронний ресурс] / Я. Зоренко, Н. Дениско // Квалілогія книги : зб. тез. доп. – 2015. – С. 30–36.*
7. *Кох-Яцків Н.Г. Методи стиснення даних в багатоканальних системах на основі кодів Галуа / Кох Яцків Н.Г., Николайчук Я.М. // Вісник національного університету «Львівська політехніка» Радіоелектроніка та телекомунікації. – 2002. – №443. – С.135 – 138*
8. *Тейлор Э. Креатив в After Effects / Тейлор Э. – Киев.: МК-Пресс, 2008 – 642 с.*
9. *Alan C. Bovik The Essential Guide to Video Processing (Paperback) / – Academic Press. – 2009. – 789 p.*
10. *Cirne W. Labs of the World, Unite /W. Cirne, F. Brasileiro, N. Andrade, L.B. Costa, A. Andrade, R. Novaes, M. Mowbray// Journal of Grid Computing – Volume 4. – 2016.– Number 3. – P. 24-30.*
11. *Foster I. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. / Foster I, Kesselman C, Tuecke S. // International Journal of Supercomputing Applications, 15(3) – 2001. – P. 200 – 222.*
12. *Pastuszak G. Algorithm and architecture design of the motion estimation for the H. 265/HEVC 4K UHD encoder / Pastuszak G., Trochimiuk, M. // Journal of Real Time Image Processing. – 2015. – P. 1-13.*

Інтернет-ресурси

13. *Jordan Catapano A Technique for Self-Reflection: Video Recording – Режим доступу: <http://www.teachhub.com/technique-self-reflection-video-recording> (дата звернення 10.02.2018)*

14. Video-information encoding method and video-information decoding method – Режим доступу: <https://patents.google.com/patent/US20160044313> (дата звернення 11.02.2018)

15. MMS-SP09: Lecture 10: Basic Video Compression Techniques – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=LGWfytnnyWM> (дата звернення 06.10.2019)

16. SMPTE 2017: Next-Generation Video Compression Techniques – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=a-n-x3vZlM0> (дата звернення 06.10.2019)

¹ Курсивом виділені джерела, наявні в бібліотеці КНТЕУ