



# ОБРОБКА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>122 Комп'ютерні науки</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерні науки</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (150 годин): лекції - 36 годин, лаб. роботи - 36 годин, самостійна робота - 78 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен, МКР, РГР, поточний контроль</i>
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>к.т.н. Алхімова Світлана Миколаївна, контактний телефон: +380674045083, e-mail: alkhimova.svitlana@lil.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс Google classroom: <a href="https://classroom.google.com/c/MTQ3MjU2NjkwNjM2">https://classroom.google.com/c/MTQ3MjU2NjkwNjM2</a>

### 2. Програма навчальної дисципліни

#### 3. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Дисципліна «Обробка медичних зображень» належить до циклу професійної підготовки (Вибіркові освітні компоненти з факультетського / кафедральних Каталогів) навчального плану підготовки магістра.

**Предметом навчальної дисципліни** є система знань та умінь із розробки програм для проведення обробки медичних зображень, що необхідні під час виконання обов'язків, виробничих функцій та типових задач діяльності фахівця; практичні навички створення алгоритмів і програм для розробки робочих модулів програмного забезпечення обробки медичних зображень.

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів цілісного уявлення про обробку медичних зображень, підготовки їх до участі в створенні повнофункціональних графічних програмних застосунків обробки медичних зображень для різних галузей медицини, розробки програмно-алгоритмічного та математичного забезпечення різних модулів таких програмних застосунків на основі алгоритмів та методів комп'ютерної графіки та цифрової обробки зображень.

#### Програмні результати навчання.

Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають набути наступні компетентності.

#### Інтегральні компетентності

- ІК** Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері комп'ютерних наук.

## Загальні компетентності

**ЗК 2** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК 5** Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

## Спеціальні (фахові) компетентності

**ФК 10** Здатність оцінювати та забезпечувати якість ІТ-проектів, інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення, застосовувати міжнародні стандарти оцінки якості програмного забезпечення інформаційних та комп'ютерних систем, моделі оцінки зрілості процесів розробки інформаційних та комп'ютерних систем.

**ФК 18** Здатність до удосконалення та розробки алгоритмів комп'ютерної графіки, уміння застосовувати їх під час створення реалістичних зображень об'єктів навколишнього середовища для систем комп'ютерної графіки.

Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати наступні програмні результати навчання

**ПРН 2** Мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур.

**ПРН 6** Розробляти концептуальну модель інформаційної або комп'ютерної системи.

**ПРН 11** Створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування

**ПРН 16** Виконувати дослідження у сфері комп'ютерних наук.

**ПРН 24** Працювати в розподілених інтелектуальних обчислювальних середовищах, використовуючи сервіс-орієнтовані обчислення і архітектури, адаптувати обчислювальні задачі під умови сервіс-орієнтованого підходу для їх ефективного виконання в розподілених середовищах, здійснювати пошук сервісів в репозитаріях, їх оркестрування, хореографію і композицію, формулювати вимоги до роботи хмарної системи та її інтеграції в інформаційні системи

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

**Пререквізити.** Навчальна дисципліна належить до вибіркової частини циклу професійних дисциплін.

**Постреквізити.** Навчальна дисципліна є основою для підготовки магістерських дисертацій за спеціальністю та в подальшій практичній роботі за фахом.

## 5. Зміст навчальної дисципліни

<b>Розділ 1. Обробка даних медичних зображень</b>	
<b>Тема 1.1.</b>	Вступ до роботи з даними та алгоритмів обробки медичних зображень
Робота з даними для обробки медичних зображень, основні етапи обробки медичних зображень, алгоритми для обробки медичних зображень.	
<b>Тема 1.2.</b>	Пікселні операції над медичними зображенням
Пікселні перетворення, їх призначення, метод надання прозорості пікселям зображення, метод кольорового моделювання, метод шахової дошки, логічні операції над зображеннями, арифметичні операції над зображеннями.	
<b>Тема 1.3.</b>	Гістограмні перетворення медичних зображень
Гістограма зображення, контраст зображення та гістограмні перетворення, гістограмні перетворення медичних зображень («вікно/рівень» операції, нормалізація, бінаризація, інверсія та еквалізація зображення).	
<b>Тема 1.4.</b>	Фільтрація медичних зображень

Визначення фільтрації зображення, теорії лінійних систем і лінійна фільтрація зображень, глобальна лінійна фільтрація зображення, локальна лінійна фільтрація зображення, ядро фільтра. Згладжуючі фільтри, фільтри підвищення контрасту, дискретні диференціальні оператори визначення границь на зображенні. Локальна нелінійна фільтрація зображень, нелінійні рангові фільтри, математична морфологія.	
<b>Розділ 2. Визначення та візуалізація об'єктів медичних зображень</b>	
<b>Тема 2.1.</b>	Визначення та візуалізація двовимірних медичних об'єктів
Поняття сегментації медичних зображень, класифікація методів сегментації медичних зображень, візуалізація результатів сегментації зображень, збереження результатів сегментації зображень. Методи сегментації медичних зображень, засновані на формуванні однорідних ділянок: метод порогової фільтрації, метод кластеризації, метод вирощування ділянок. Методи сегментації медичних зображень, засновані на пошуку границь: алгоритм різниці за Гаусом, алгоритм Мар-Хілдрет, детектор границь Кенні, алгоритм найменшого однорідного сегмента, асимільовуваного ядром, модель активних контурів. Альтернативні методи сегментації медичних зображень: метод водорозділів, методи з теорії графів, використання вейвлет-перетворень, використання нейронних мереж.	
<b>Тема 2.2.</b>	Геометричні перетворення медичних зображень
Геометричні перетворення зображень, їх групи дослідження, однорідні координати. Жорсткі матричні подання геометричних перетворень зображень, афінні матричні подання геометричних перетворень зображень, проєктивні матричні подання геометричних перетворень зображень, нелінійні матричні подання геометричних перетворень зображень. Складна двовимірна трансляція, складний двовимірний поворот, довільний двовимірний поворот навколо осі обертання, загальне двовимірне масштабування відносно нерухомої точки. Вторинна дискретизація зображень, інтерполяція зображень.	
<b>Тема 2.3.</b>	Визначення та візуалізація тривимірних медичних об'єктів
Візуальна оцінка об'єму, багатоплощинне перетворення, вигнуте перетворення площини, основні підходи до рендерінгу об'єму в медицині, поверхневий рендерінг об'єму, воксельний рендерінг об'єму, формування зрізів тривимірної моделі в довільній площині.	
<b>Тема 2.4.</b>	Мультимодальна візуалізація
Поняття мультимодальної візуалізації, реєстрація мультимодального зображення, мультимодальний рендерінг, метод сумарного розподілення кольорів, метод подвоєння зображення, метод шахової дошки, метод альфа-композиції.	

## 6. Навчальні матеріали та ресурси

### Базова

1. Обробка медичних зображень. Робота з даними та алгоритми для обробки медичних зображень: метод. вказівки до практ. занять для студ. спец. 122 «Комп'ютерні науки та технології» спец. «Інформаційні технології в біології та медицині» / Уклад.: С. М. Алхімова. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка, 2017. – 64 с.
2. Пічугін, М. Ф. Комп'ютерна графіка : навч. посібник / М. Ф. Пічугін, І. О. Канкін, В. В. Воротніков. – Київ : Центр учбової літератури, 2019. – 346 с.
3. Кобилін О.А., Творошенко І.С. Методи цифрової обробки зображень: навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 124 с.
4. Gonzalez, R. Woods, R. Digital Image Processing, Global Edition / Rafael Gonzalez, Richard Woods. – Harlow, United Kingdom : Pearson Education Limited, 2018. – 1024 p.

5. Burger, W., Burge, M. J. Digital Image Processing : An Algorithmic Introduction / Wilhelm Burger, Mark J. Burge – Cham, Switzerland : Springer International Publishing AG, 2022. – 945 с.

#### Допоміжна

1. Розробка графічних програмних додатків медичного спрямування [Текст]: метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт з дисципліни «Віртуальні інформаційні технології в медицині-1» для студ. спец. «Інформаційні управляючі системи та технології» / Уклад.: В. П. Яценко, С. М. Алхімова. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 48 с.
2. Вовк, С. М. Методи обробки зображень та компютерний зір : навч. посіб. / С.М. Вовк, В.В. Гнатушенко, М.В. Бондаренко. – Д. : ЛІРА, 2016. – 148 с.
3. Лигун, А. О. Комп'ютерна графіка (Обробка та стиск зображень) [Текст] : навч. посіб. / А. О. Лигун, О. О. Шумейко ; ОКВНЗ "Ін-т підприємництва "Стратегія". - Д. : Біла К. О. [Видавець], 2010. – 114 с.
4. Василюк, А. С. Комп'ютерна графіка [Текст] : навч. посібник ; рек. Науково-метод. рада Нац. ун-ту "Львівська політехніка" / А. С. Василюк, Н. І. Мельникова ; МОН України, Національний ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2016. – 306 с.
5. Тотосько О.В. Комп'ютерна графіка : навчальний посібник : в 2-х кн.1. для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : О.В. Тотосько, А.Г. Микитишин, П.Д. Стухляк. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 304 с.
6. Веселовська, Г. В. Комп'ютерна графіка: навч. посіб. для студентів ВНЗ / [Текст] // Г. В. Веселовська, В. Є. Ходаков, В. М. Веселовський; під ред. В. Є. Ходаков. – Херсон : Олді-Плюс, 2017. – 581 с.
7. Маценко, В. Г. Комп'ютерна графіка [Текст] : навч. посібник / В. Г. Маценко ; Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича. – Чернівці : ЧНУ, 2009. – 343 с.
8. Філатова, Г. Є. Проектування цифрових фільтрів [Текст] : навч. посіб. за курсом "Обробка сигналів і зображень" / Г. Є. Філатова ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : ХНАДУ : НТУ "ХПІ", 2017. – 119 с.
9. Наконечний А. Й. Обробка сигналів : навч. посіб. / А. Й. Наконечний, Р. І. Стахів, Р. А. Наконечний ; Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів : Растр-7, 2017. – 217 с.
10. Алхімова, С. М. Мультимодальні перетворення медичних зображень / С.М. Алхімова // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2010 : Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – Одесса : Черноморье, 2010. – Т. 15. – С. 5-10.
11. Сальнікова, О. С. Діагностичні можливості мультимодальних зображень (огляд літератури) [Електронний ресурс] // MedicLab.com.ua Медицинский портал : [сайт] / О.С. Сальнікова, В.І. Рудиця, С.С. Макєєв, К.О. Робак ; Інститут нейрохірургії ім.акад. А.П. Ромоданова АМН України, Київ. – Режим доступу: <https://mediclab.com.ua/index.php?newsid=18658> (01.08.2022) . – Назва з екрану.
12. Бузовский, О. В. Компьютерная обработка изображений / О.В. Бузовский, А.А. Болдак, М.Х. Мохаммед Руми. – К. : Корнійчук, 2001. – 180 с.
13. Бурых М.П., Ворошук Р.С. Воксельное анатомическое моделирование внутренних органов человека. // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2006. – Том 5. – №4. – С.115-118.
14. Бондина, Н. Н., Калмычков, А. С. Сравнительный анализ алгоритмов фильтрации медицинских изображений // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2012. – N. 38. – с. 14-25.
15. Handbook of Medical Image Processing and Analysis / Edited by Isaac Bankman. – [2nd ed.]. – San Diego, United States : Elsevier Science Publishing Co Inc, 2011. – 1000 p.
16. Dougherty, G. Digital Image Processing for Medical Applications / Geoff Dougherty. – Cambridge, United Kingdom : Cambridge University Press, 2009. – 459 p.
17. Jensen, J. Introductory Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective / John Jensen. – Upper Saddle River, United States : Pearson Education (US), 2015. – 656 p.
18. High-Performance Medical Image Processing / Edited by Sanjay Saxena, Sudip Paul. – Oakville, Canada : Apple Academic Press Inc., 2022. – 300 p.
19. Rajinikanth, V., Lin, H., Lin, F., Priya, E. Hybrid Image Processing Methods for Medical Image Examination / Venkatesan Rajinikanth, Hong Lin, Fuhua Lin, E Priya. – [2nd ed.]. – London, United Kingdom : Taylor & Francis Ltd, 2020. – 188 p.

20. Deserno, T. M. Biomedical Image Processing / Thomas Martin Deserno. – Berlin, Germany : Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG, 2013. – 595 p.

### Інформаційні ресурси

1. DICOM: [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.dicomstandard.org/>
2. DICOM Standard Browser by Innolitics: [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://dicom.innolitics.com>
3. DICOMLookup : Quick access to common DICOM information: [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://dicomlookup.com/>
4. SPIE Digital Library: [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.spiedigitallibrary.org/>

## 7. Навчальний контент

### 8. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента) і самостійна робота студента

#### Лекції

##### Лекція 1. Вступ до обробки медичних зображень

*Питання, що розглядаються:*

- 1) робота з даними для обробки медичних зображень;
- 2) основні етапи обробки медичних зображень;
- 3) алгоритми для обробки медичних зображень.

*Література:*

основна – [2 (С. 7-12); 5(С. 73-125)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; визначити особливості роботи з даними для проведення обробки медичних зображень; знати основні етапи обробки медичних зображень та відповідні їм алгоритми.

##### Лекція 2. Пікселні операції над зображеннями

*Питання, що розглядаються:*

- 1) пікселні перетворення, їх призначення;
- 2) метод надання прозорості пікселам зображення;
- 3) метод кольорового моделювання;
- 4) метод шахової дошки;
- 5) логічні операції над зображеннями;
- 6) арифметичні операції над зображеннями.

*Література:*

основна – [1 (С. 7-13); 2, 4];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; знати основні види альфа-змішування; визначити основні призначення для застосування метода шахової дошки; створити приклади схем, що можуть використовуватися при виконанні логічних операцій перетворення зображень.

##### Лекція 3. Гістограмні перетворення.

*Питання, що розглядаються:*

- 1) гістограма зображення;
- 2) контраст зображення та гістограмні перетворення;
- 3) гістограмні перетворення медичних зображень («вікно/рівень» операції, нормалізація, бінаризація, інверсія та еквалізація зображення).

*Література:*

основна – [1 (С. 13-17); 4 (С. 148-175), 5];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; визначити поняття динамічного діапазону зображення; розглянути залежність нахилу кривої функції перетворення та видозміни зображення при проведенні «вікно/рівень» операцій; визначити основні етапи алгоритмів при гістограмних перетвореннях «вікно/рівень» операції, нормалізації, бінаризації, інверсії та еквалізації зображення.

##### Лекція 4. Фільтрація зображень.

*Питання, що розглядаються:*

- 1) визначення фільтрації зображення;
- 2) теорії лінійних систем і лінійна фільтрація зображень;
- 3) глобальна лінійна фільтрація зображення;
- 4) локальна лінійна фільтрація зображення, ядро фільтра.

*Література:*

основна – [1 (С. 18-26); 3, 4(С. 228-322, С. 331-402); 5 (С. 64-80)],  
додаткова – [8, 9, 14].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; вивчити поняття фільтрації та поняття фільтрація як перетворення функції двох змінних; розглянути принцип суперпозиції для лінійних систем; визначити основні положення теорії лінійних систем, що стосуються лінійної фільтрації зображень; встановити, яка система називається просторово-інваріантною, та якими вона володіє особливостями; розглянути фільтрацію як відповідь системи на функцію Дірака (імпульсна характеристика спотворень в системі); розглянути математичний апарат проведення глобальної фільтрації зображень; розглянути операцію дискретної згортки та особливості її проведення в рамках локальної лінійної фільтрації.

### **Лекція 5. Локальні лінійні фільтри медичних зображень.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) згладжуючі фільтри;
- 2) фільтри підвищення контрасту;
- 3) дискретні диференціальні оператори визначення границь на зображенні.

*Література:*

основна – [1 (С. 18-26); 3, 4(С. 228-322, С. 331-402); 5 (С. 64-80)],  
додаткова – [8, 9, 14].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; встановити особливості проведення програмно-алгоритмічної реалізації локальної лінійної фільтрації зображення; вміти розраховувати ядра різних типів лінійних фільтрів; знати особливості впливу кожного з типів лінійних фільтрів на кінцевий результат проведення фільтрації медичних зображень; знати можливості та різні підходи проведення локальної фільтрації на границях зображення.

### **Лекція 6. Нелінійна фільтрація та математична морфологія медичних зображень.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) локальна нелінійна фільтрація зображень;
- 2) нелінійні рангові фільтри;
- 3) математична морфологія.

*Література:*

основна – [1 (С. 18-26); 3, 4(С. 228-322, С. 331-402); 5 (С. 64-80)],  
додаткова – [8, 9, 14].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; визначити основні відмінності нелінійної фільтрації по відношенню до лінійної; встановити особливості проведення програмно-алгоритмічної реалізації нелінійної рангової фільтрації зображення; знати можливості та різні підходи проведення операцій математичної морфології зображення.

### **Лекція 7. Сегментація зображень.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) поняття сегментації медичних зображень;
- 2) класифікація методів сегментації медичних зображень;
- 3) візуалізація результатів сегментації зображень;
- 4) збереження результатів сегментації зображень.

*Література:*

основна – [1 (С. 27-42); 4 (С. 812-904); 5(С. 81-112)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; розглянути основні класифікації методів сегментації та встановити основні принципи, на яких вони проводяться; розглянути основні властивості зображень, що необхідні для визначення границь на зображенні (зв'язність сусідніх пікселів, положення відносно заданої ділянки, товщина відображення) та для визначення ділянок на зображенні (колір, прозорість); вивчити особливості програмної реалізації відображення результатів сегментації шляхом відображення границь знайдених ділянок на даних початкового зображення та шляхом представлення сегментованих ділянок різними кольорами; розглянути спеціалізовані структури для збереження результатів сегментації: лінійні списки, марковані мапи, квадрантні дерева, таблиці властивостей; вивчити особливості програмної реалізації спеціалізованих структур, що застосовуються для збереження результатів сегментації.

### **Лекція 8. Методи сегментації зображень, засновані на формуванні однорідних ділянок.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) основні засади методів, заснованих на формуванні однорідних ділянок;
- 2) метод порогової фільтрації;
- 3) метод кластеризації;
- 4) метод вирощування ділянок;
- 5) властивості, якими мають володіти відсегментовані ділянки зображення.

*Література:*

основна – [1 (С. 27-42); 4(С. 812-904); 5(С. 81-112)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; вивчити особливості програмної реалізації основних структур, що застосовуються для збереження результатів сегментації методами, заснованими на формуванні однорідних ділянок; розробити UML-діаграми проектування або блок-схеми алгоритмів порогової фільтрації (алгоритм Оцу, алгоритм Ніблека, алгоритм трикутника, алгоритм максимальної ентропії Капура), кластеризації (алгоритм сегментації з використанням кластеризації методом k-середніх), вирощування ділянок: нарощування, розбиття, розбиття-злиття (алгоритм нарощування ділянки за значенням рівня сірого, алгоритм нарощування ділянки Адамса); вивчити та розібрати на прикладі відсегментованого зображення властивості, якими мають володіти відсегментовані ділянки зображення.

### **Лекція 9. Методи сегментації зображень, засновані на пошуку границь.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) основні засади методів, заснованих на пошуку границь.
- 2) методи, які не були спеціально розроблені для сегментації, але дозволяють знаходити границі на зображеннях.
- 3) спеціально розроблені методи для пошуку границь на зображеннях: алгоритм різниці за Гаусом, алгоритм Мар-Хілдрет, детектор границь Кенні, алгоритм найменшого однорідного сегмента, асимільовуваного ядром, модель активних контурів.

*Література:*

основна – [1 (С. 27-42); 4 (С. 812-904); 5(С. 81-112)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; вивчити особливості програмної реалізації основних структур, що застосовуються для збереження результатів сегментації методами, заснованими на пошуку границь; проаналізувати методи, які не були спеціально розроблені для сегментації, але дозволяють знаходити границі на зображеннях, та визначити які додаткові кроки можуть бути застосовані з метою отримання пікселів границь під час застосування таких методів; розробити UML-діаграми проектування або блок-схеми алгоритмів різниці за Гаусом, Мар-Хілдрет, детектора границь Кенні, алгоритму найменшого однорідного сегмента, асимільовуваного ядром, моделі активних контурів (алгоритми класичної моделі активних контурів, моделі активних контурів з використанням енергії надування, моделі активних контурів на основі потоку вектора градієнта, моделі активних контурів на основі граничного векторного поля).

### **Лекція 10. Альтернативні методи сегментації медичних зображень.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) метод водорозділів;
- 2) методи з теорії графів;
- 3) використання вейвлет-перетворень;
- 4) використання нейронних мереж.

*Література:*

основна – [1 (С. 27-42); 4(С. 812-904); 5(С. 81-112)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; розробити UML-діаграми проектування або блок-схеми алгоритмів водорозділу (алгоритм занурення та алгоритм санного спуску), з використанням теорії графів (алгоритм розумних ножиць та алгоритм розрізу графа); розглянути основні засади використання вейвлет-перетворень та нейронних мереж у задачі сегментації медичних зображень, визначити основні їх підходи, які наразі використовуються.

### **Лекція 11. Геометричні перетворення зображень.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) геометричні перетворення зображень, їх групи;
- 2) однорідні координати;
- 3) особливості виконання геометричних перетворень на практиці.

*Література:*

основна – [1 (С. 43-48); 2 (С. 15-18; С. 37-40); 4(С. 346-436)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; вивчити поняття руху; знати, що таке паралельне перенесення, поворот, рівномірне та диференціальне масштабування, зсув; знати властивості ізометричних перетворень, перетворень подібності, афінних, лінійних та нелінійних перетворень; вивчити теорію однорідних координат; знати особливості виконання геометричних перетворень на практиці.

### **Лекція 12. Алгоритмізація виконання геометричних перетворень (паралельне перенесення, поворот).**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) паралельне перенесення у двовимірному просторі;
- 2) паралельне перенесення у тривимірному просторі;
- 3) матриці прямого і зворотного перетворення, приклад виконання паралельного перенесення;
- 4) поворот навколо початку координат у двовимірному просторі;
- 5) поворот відносно довільної точки у двовимірному просторі;

- 6) поворот у тривимірному просторі;
- 7) матриці прямого і зворотного перетворення, приклад виконання повороту.

*Література:*

основна – [1 (С. 43-48); 2 (С. 15-18, С. 37-40); 4 (С. 346-436)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; знати вивід формул паралельного перенесення у двовимірному і тривимірному просторах, поворот навколо початку координат і відносно довільної точки у двовимірному просторі, повороту у тривимірному просторі; вивчити матричні форми прямого і зворотного перетворення для паралельного перенесення і повороту у однорідних координатах.

### **Лекція 13. Алгоритмізація виконання геометричних перетворень (масштабування, зсув).**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) проєктивні матричні подання геометричних перетворень зображень;
- 2) нелінійні матричні подання геометричних перетворень зображень.

*Література:*

основна – [1 (С. 43-48); 2 (С. 15-18, С. 37-40); 4 (С. 346-436)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; визначити матричні форми зворотніх перетворень для паралельного зсуву об'єкта при проведенні геометричних перетворень; визначити матричні форми симетричних перетворень; розглянути застосування чисельних методів для проведення нелінійних перетворень (метод Ньютона).

### **Лекція 14. Складні геометричні перетворення.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) складна двовимірна трансляція;
- 2) складний двовимірний поворот;
- 3) довільний двовимірний поворот навколо осі обертання;
- 4) загальне двовимірне масштабування відносно нерухомої точки.

*Література:*

основна – [1 (С. 43-48); 2 (С. 15-18, С. 37-40); 4 (С. 346-436)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; визначити як розраховуються матриці складних двовимірних геометричних перетворень та її зворотних перетворень для проведення складної двовимірної трансляції; складного двовимірного повороту; довільного двовимірного повороту навколо осі обертання; загального двовимірного масштабування відносно нерухомої точки; специфіка програмно-алгоритмічної реалізації складних двовимірних геометричних перетворень.

### **Лекція 15. Вторинна дискретизація та інтерполяція зображень.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) вторинна дискретизація зображень;
- 2) інтерполяція зображень.

*Література:*

основна – [1 (С. 43-48); 3 (С. 98-123, С. 175-185)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; на прикладі виконання повороту детально розглянути необхідність застосування вторинної дискретизації (о перації, що змінюють сітку пікселів зображення); встановити особливості проведення програмно-алгоритмічної реалізації інтерполяції методом найближчого сусіда, лінійної та кубічної інтерполяції; вивчити теорію неадаптивних алгоритмів інтерполяції, а саме інтерполяцію сплайнами, інтерполяцію функцією кардинального синуса (sinc), інтерполяція методом Лагранжа.

### **Лекція 16. Візуалізація об'єму в медицині.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) підходи до візуалізації об'єму;
- 2) мультипланарна реконструкція зображень;
- 3) вигнуте перетворення площини;
- 4) традиційних підходів до візуалізації об'єму в медицині.

*Література:*

основна – [1 (С. 49-54); 2 (С. 37-40); 4 (С. 734-768)];  
додаткова – [3-7, 13].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; знати математичний апарат реалізації мультипланарної реконструкції зображень (навігація крізь об'єм, товщина двовимірного MPR-зрізу); розуміти виконання видового перетворення та перетворення моделі при роботі в тривимірному просторі; вивчити матричні форми тривимірних геометричних перетворень; знати математичний апарат реалізації вигнутого перетворення площини; розуміти призначення та принципову різницю традиційних підходів до візуалізації медичних об'ємних даних (поверхневого та воксельного рендерінгу).



## Лекція 17. Алгоритми поверхневого та воксельного рендерінгу об'єму.

*Питання, що розглядаються:*

- 1) поверхневий рендерінг об'єму;
- 2) воксельний рендерінг об'єму.

*Література:*

основна – [2 (С. 37-40); 4 (С. 734-768)];  
додаткова – [3-7, 13].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; знати та розуміти особливості програмно-алгоритмічної реалізації алгоритму маршируючих кубів; розглянути відмінні від алгоритму маршируючих кубів алгоритми поверхневого рендерінгу (алгоритм Скали, алгоритм Канейро, алгоритм Гаузека); вивчити техніки проекції середньої, максимальної та мінімальної інтенсивностей; знати та розуміти особливості програмно-алгоритмічної реалізації алгоритмів воксельного рендерінгу об'єму: алгоритм відстеження променів, алгоритм сплатінгу, алгоритм зрушення-деформації, алгоритм об'ємної текстурної візуалізації.

## Лекція 18. Мультимодальна візуалізація.

*Питання, що розглядаються:*

- 1) поняття мультимодальної візуалізації;
- 2) реєстрація мультимодального зображення;
- 3) мультимодальний рендерінг.

*Література:*

основна – [1 (С. 55-61); 5(С. 401-442)];  
додаткова – [10; 19].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції; вивчити основні поняття мультимодальної візуалізації медичних зображень; розглянути алгоритми проведення реєстрації мультимодальних зображень на основі визначення різних принципів реєстрації (заснований на орієнтирах, заснований на сегментації, заснований на подібності вокселів); визначити математичний апарат оптимізації критерію подібності для принципу реєстрації, заснованого на подібності вокселів (одиницями вимірювання критерію подібності можуть бути коефіцієнт кореляції, загальна ентропія та інші варіанти взаємної для різних видів зображень інформації); вивчити основні методи об'єднання інформації зображень комплементарної природи; визначити особливості проведення програмно-алгоритмічної реалізації мультимодального рендерінгу методом сумарного розподілення кольорів, методом подвоєння зображення, методом шахової дошки, методом альфа-композиції.

## Лабораторні роботи

**Основна ціль лабораторних робіт** полягає у закріпленні теоретичного матеріалу з математичних і алгоритмічних основ обробки медичних зображень; отриманні практичних знань із проектування та розробки програмних застосунків для обробки медичних зображень; закріпленні знань основ об'єктно-орієнтованого програмування; вивченні бібліотек з відкритим доступом для візуалізації та роботи із файлами медичних зображень в форматі DICOM.

### Лабораторна робота 1. Сучасні бібліотеки для обробки медичних зображень.

*Питання, що розглядаються:*

- 1) розробка графічних застосунків медичного спрямування;
- 2) бібліотеки для обробки медичних зображень.

*Література:*

основна – [2; 4];  
додаткова – [1 (С. 317-326); 2 (С. 15-31, С. 56-71, С. 93-95, С. 104-110); 11 (С. 3-7, С. 205-218)].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття; знати що таке процес обробки медичних зображень; ознайомитися з основними розробка графічних застосунків медичного спрямування, що призначені для обробки медичних зображень; вміти обґрунтовувати переваги та недоліки бібліотек для обробки медичних зображень.

### Лабораторна робота 2. Пікселні перетворення зображень (піксел як структурна одиниця зображення).

*Питання, що розглядаються:*

- 1) головні характеристики структурної одиниці зображення (піксела);
- 2) колірні канали, альфа канал;
- 3) збереження даних із використанням колірних моделей RGB до СМΥК;
- 4) бітові мапи зображення, призначення та правила використання;
- 5) збереження пікселних даних відповідно до стандарту DICOM;
- 6) кодування монохромних та кольорових даних;
- 7) таблиці кольорів;
- 8) архітектура little-endian та big-endian;
- 9) DICOM теги, що зберігають характеристики піксела медичного зображення.

### *Література:*

основна – [1 (С. 7-13); 2, 4];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

### *Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: що таке альфа канал, принцип його використання; яка формула переходу від колірної моделі RGB до СМΥΚ; навіщо в колірній моделі СМΥΚ використовується додатковий четвертий параметр; що таке бітова мапа, навіщо вона потрібна; як зберігати бітові мапи в пам'яті з оптимальним використанням ресурсів пам'яті; як реалізувати запис та зчитування даних значення кожного з кольорних каналів, якщо дані зображення зберігаються в 32-х бітному цілому; як архітектура little-endian та big-endian впливає на розташування в пам'яті байтів каналів ARGB-зображення; як зберігаються кольорові зображення відповідно до стандарту DICOM.

## **Лабораторна робота 3. Пікселні перетворення зображень (алгоритми).**

### *Питання, що розглядаються:*

- 1) метод надання прозорості пікселам зображення;
- 2) метод кольорового моделювання;
- 3) арифметико-логічні перетворення зображень;
- 4) пікселні перетворення медичних зображень.

### *Література:*

основна – [1 (С. 7-13); 2, 4];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

### *Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: метод надання прозорості пікселам зображення як один із методів пікселних перетворень; кольорове моделювання зображень; особливості проведення арифметичних операцій пікселних перетворень зображень; призначення кожної з арифметичних операцій (додавання, віднімання, множення, ділення) при обробці медичних зображень; особливості проведення логічних операцій пікселних перетворень зображень; призначення логічних операцій при обробці медичних зображень.

## **Лабораторна робота 4. Гістограмні перетворення зображень (розрахунок та візуалізації даних гістограми).**

### *Питання, що розглядаються:*

- 1) гістограма розподілу яскравостей зображень;
- 2) нормалізація гістограми;
- 3) поняття контрастності та яскравості зображення;
- 4) програмні засоби розрахунку та візуалізації даних гістограм;
- 5) поняття контрастності та яскравості зображення;
- 6) DICOM теги, що зберігають гістограмні характеристики медичного зображення.

### *Література:*

основна – [1 (С. 13-17); 4 (С. 148-175), 5];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

### *Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб навчитись визначати гістограму розподілу яскравостей зображень; знати визначення, особливості розрахунку та призначення нормалізованої гістограми; визначити, що визначає двовимірна гістограма сірошкального зображення; які DICOM теги відповідають за збереження мінімального та максимального рівнів із діапазону рівнів яскравості медичного зображення; в чому полягають особливості програмно-алгоритмічної реалізації розрахунку гістограми, кумулятивної гістограми.

## **Лабораторна робота 5. Гістограмні перетворення зображень (алгоритми).**

### *Питання, що розглядаються:*

- 1) «вікно\рівень» операція;
- 2) нормалізація гістограми зображення щодо обраного піку;
- 3) інверсія зображення на всьому діапазоні;
- 4) бінаризація зображення;
- 5) еквалізація зображення на всьому діапазоні.

### *Література:*

основна – [1 (С. 13-17); 4 (С. 148-175), 5];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

### *Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: дати визначення основним гістограмним перетворенням: «вікно\рівень» операції, нормалізації гістограми щодо обраного піку яскравості, бінаризації, інверсії та еквалізації гістограми; як зміна «рівня» та «ширини вікна» впливають на значення яскравості та контрастності зображення; чому еквалізація зображення працює краще для даних без фону зображення; визначити особливості програмно-алгоритмічної реалізації основних видів гістограмних перетворень зображень.

## **Лабораторна робота 6. Фільтрація зображень (фільтрація медичних зображень).**

### *Питання, що розглядаються:*

- 1) зображення та шум;
- 2) фільтрація медичних зображень;
- 3) глобальна фільтрація зображення;
- 4) лінійні системи, їх властивості;
- 5) функція Дірака;
- 6) локальна фільтрація зображення;
- 7) операція згортки з ядром фільтра;
- 8) сепарабельність фільтрів;
- 9) лінійна фільтрація, властивості;
- 10) нелінійна фільтрація, властивості;
- 11) проблема проведення операції згортки із ядром фільтра для гранчних пікселів зображення.

*Література:*

основна – [1 (С. 18-26); 3, 4(С. 228-322, С. 331-402); 5 (С. 64-80)],  
 додаткова – [8, 9, 14].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: що таке фільтрація медико зображень і навіщо вона потрібна; причини існування великої кількості фільтрів, що застосовуються для обробки медичних зображень; різниця глобальної та локальної фільтрації; різниця лінійних та нелінійних фільтрів; властивості та переваги проведення нелінійної фільтрації; вміти проводити програмно-алгоритмічну реалізацію операції згортки із ядром фільтра для гранчних пікселів зображення для випадків, розглянутих на занятті.

### **Лабораторна робота 7. Фільтрація зображень (різновиди фільтрів).**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) низькочастотна фільтрація (декілька фільтрів);
- 2) фільтр Гауса (декілька фільтрів);
- 3) високочастотна фільтрація (декілька фільтрів);
- 4) фільтр для підвищення рівня високих частот (два фільтра);
- 5) маски складеного оператора Лапласа (декілька фільтрів);
- 6) фільтри Робертса, Превіта, Собеля;
- 7) ізотропний фільтр;
- 8) градієнтні фільтри напрямів Робінсона (декілька фільтрів);
- 9) градієнтні фільтри пошуку кутів Робінсона (декілька фільтрів);
- 10) градієнтні фільтри напрямів Кірша (декілька фільтрів);
- 11) градієнтні фільтри пошуку кутів Кірша (декілька фільтрів);
- 12) оператор Лапласа (декілька фільтрів з використанням додатної та від'ємної маски);
- 13) медіанна фільтрація;
- 14) фільтри «максимум» та «мінімум».
- 15) морфологічні операції.

*Література:*

основна – [1 (С. 18-26); 3, 4(С. 228-322, С. 331-402); 5 (С. 64-80)],  
 додаткова – [8, 9, 14].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб вміти проводити програмно-алгоритмічну реалізацію локальної лінійної фільтрації зображення; розраховувати ядра різних типів лінійних фільтрів; знати особливості впливу кожного з типів лінійних фільтрів на кінцевий результат проведення фільтрації медичних зображень; вміти відповісти на питання: низькочастотна фільтрація, їх властивості, недоліки; як розрахувати коефіцієнти маски фільтра Гауса; маски високочастотної фільтрації, їх особливості; диференціальні оператори визначення границь для безперервних функцій та для дискретних зображень; апроксимація перших частинних похідних методом скінчених різниць; апроксимація других частинних похідних методом скінчених різниць; вміти проводити програмно-алгоритмічну реалізацію локальної нелінійної фільтрації зображення; знати особливості впливу кожного з типів нелінійних фільтрів на кінцевий результат проведення фільтрації медичних зображень; знати основні морфологічні операції; вміти відповісти на питання: нелінійна фільтрація, її переваги над лінійною; нелінійні фільтри; медіанна фільтрація, її маски; пояснити на прикладі, коли маски медіанної фільтрації усувають не точкові імпульсні перешкоди, а коли ні; перелічити морфологічні оператори, на основі яких фільтрів і як вони побудовані.

### **Лабораторна робота 8. Методи сегментації зображень, засновані на формуванні однорідних ділянок (алгоритми).**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) алгоритм порогової фільтрації Оцу;
- 2) алгоритм порогової фільтрації Ніблека;
- 3) алгоритм трикутника для порогової фільтрації;
- 4) алгоритм максимальної ентропії Капура для порогової фільтрації;
- 5) алгоритм сегментації з використанням кластеризації методом k-середніх;
- 6) алгоритм нарощування ділянки за значенням рівня сірого;
- 7) алгоритм нарощування ділянки Адамса.

### *Література:*

основна – [1 (С. 27-42); 4 (С. 812-904); 5(С. 81-112)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

### *Перелік дидактичних засобів:*

- 1) навчально-методичні матеріали за темою заняття.

### *Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: в чому полягає основна ідея методів сегментації, заснованих на формуванні однорідних ділянок; перелічити основні обмеження методу порогової фільтрації, які з них можна вирішити і як; в чому полягає різниця проведення глобальної та локальної порогової фільтрації; внутрішньокласова дисперсія, її визначення; які існують алгоритми покращення результатів порогової фільтрації алгоритмом Ніблека, пояснити їх суть; використовуючи формулу розрахунку ентропії Шенона, вивести формули для визначення ентропій чорного та білого для порогової фільтрації алгоритмом максимальної ентропії Капура; що може бути використано в якості критерію зупинки роботи алгоритму сегментації з використанням кластеризації методом k-середніх, відповідь пояснити для кожного із критеріїв; які існують алгоритми сегментації з використанням кластеризації, окрім методом k-середніх, навести декілька алгоритмів та їх порівняльну характеристику; визначити, яка з властивостей сегментів, що відповідають однорідним ділянкам, визначає зв'язаність, яка діз'юнктність, яка здійсненність, яка повнота, а яка здатність до поділу (сегментабельність).

## **Лабораторна робота 9. Методи сегментації зображень, засновані на формуванні однорідних ділянок (візуалізація та збереження результатів сегментації).**

### *Питання, що розглядаються:*

- 1) основні властивості зображень, що необхідні для визначення ділянки на ньому;
- 2) колір відсегментованої ділянки;
- 3) прозорість відсегментованої ділянки;
- 4) специфіка збереження результатів сегментації методами, що засновані на формування однорідних ділянок;
- 5) марковані мапи;
- 6) квадрантні дерева;
- 7) таблиці властивостей.

### *Література:*

основна – [1 (С. 27-42); 4 (С. 812-904); 5(С. 81-112)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

### *Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб мати змогу визначити та провести програмно-алгоритмічну реалізацію візуалізації відсегментованої ділянки на зображенні: колір та прозорість; вміти проводити програмно-алгоритмічну реалізацію спеціалізованих структур для збереження результатів сегментації: марковані мапи, квадрантні дерева, таблиці властивостей; навести декілька способів зберігання результатів сегментації методами, що засновані на формуванні однорідних ділянок.

## **Лабораторна робота 10. Методи сегментації зображень, засновані на пошуку границь (алгоритми).**

### *Питання, що розглядаються:*

- 1) алгоритм різниці за Гаусом;
- 2) алгоритм Мар-Хілдрет;
- 3) детектора границь Кенні;
- 4) алгоритм класичної моделі активних контурів;
- 5) алгоритм моделі активних контурів з використанням енергії надування;
- 6) алгоритм моделі активних контурів на основі потоку вектора градієнта;
- 7) алгоритм моделі активних контурів на основі граничного векторного поля;
- 8) алгоритму найменшого однорідного сегмента, асимільованого ядром.

### *Література:*

основна – [1 (С. 27-42); 4 (С. 812-904); 5(С. 81-112)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

### *Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: в чому полягає основна ідея методів сегментації, заснованих на пошуку границь об'єктів на зображенні; як вивести та спростити для програмної реалізації формули DoG- та LoG-операторів; що необхідно виконати, щоб зробити знайдені краї тонкими; що визначає функціонал енергії моделі активного контура; зовнішні і внутрішні сили моделі активного контура, їх властивості; що задають коефіцієнти  $\alpha$ ,  $\beta$  та  $\gamma$  у визначенні енергії внутрішніх і зовнішніх сил моделі активних контурів; навести та пояснити рівняння Ейлера-Лагранжа для моделі активних контурів; навести та пояснити формулу розрахунку значення функції подібності яскравості пікселів маски до яскравості ядра під час використання найменшого однорідного сегмента, асимільованого ядром; навіщо і як проводять визначення карти границь в процесі сегментації з використанням найменшого однорідного сегмента, асимільованого ядром.

## Лабораторна робота 11. Методи сегментації зображень, засновані на пошуку границь (візуалізація та збереження результатів сегментації).

*Питання, що розглядаються:*

- 1) основні властивості зображень, що необхідні для визначення границь на ньому;
- 2) зв'язність сусідніх пікселів границі;
- 3) положення границі відносно заданої ділянки;
- 4) товщина відображення границі;
- 5) специфіка збереження результатів сегментації методами, що засновані на пошуку границь;
- 6) лінійні списки.

*Література:*

основна – [1 (С. 27-42); 4 (С. 812-904); 5(С. 81-112)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб мати змогу визначити та провести програмно-алгоритмічну реалізацію візуалізації границь на зображенні: зв'язність сусідніх пікселів, положення відносно заданої ділянки, товщина відображення; вміти проводити програмно-алгоритмічну реалізацію спеціалізованих структур для збереження результатів сегментації: лінійні списки; навести декілька способів зберігання результатів сегментації методами, що засновані на пошуку границь об'єктів на зображенні.

## Лабораторна робота 12. Двовимірні геометричні перетворення зображень (базисні та складні двовимірні геометричні перетворення).

*Питання, що розглядаються:*

- 1) робота в системі однорідних координат;
- 2) реалізація двовимірних операцій трансляції, повороту, масштабування;
- 3) складна двовимірна трансляція;
- 4) складний двовимірний поворот;
- 5) довільний двовимірний поворот навколо осі обертання;
- 6) загальне двовимірне масштабування відносно нерухомої точки.

*Література:*

основна – [1 (С. 43-48); 2 (С. 15-18; С. 37-40); 4(С. 346-436)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: що таке однорідні координати, навіщо їх використовують; чому однорідні координати вимагають три компоненти для координатного подання точки на площині та чотири компоненти для точки в просторі; чому перетворення з евклідових координат в однорідні є неоднозначним, тоді як перехід з однорідних координат в евклідові є однозначним перетворенням; які геометричні перетворення є базисними; яким чином знаходять зворотне перетворення після проведення нелінійного перетворення; з якою метою використовують нелінійні перетворення під час обробки медичних зображень; які складні геометричні перетворення є комутативними, а які ні; як розраховуються матриці складних двовимірних геометричних перетворень; специфіка програмно-алгоритмічної реалізації складних двовимірних геометричних перетворень.

## Лабораторна робота 13. Двовимірні геометричні перетворення зображень (матричні форми перетворень).

*Питання, що розглядаються:*

- 1) специфіка реалізації матричних форм двовимірних геометричних перетворень;
- 2) матриця двовимірного паралельного перенесення;
- 3) матриця двовимірного повороту відносно початку координат;
- 4) матриця двовимірного повороту відносно заданої точки;
- 5) матриця двовимірного масштабування;
- 6) матриця двовимірного масштабування відносно заданої точки;
- 7) матриця двовимірного віддзеркалення відносно осі  $Ox$ ;
- 8) матриця двовимірного віддзеркалення відносно осі  $Oy$ ;
- 9) матриця двовимірного віддзеркалення відносно лінії, що паралельна осі  $Ox$ ;
- 10) матриця двовимірного віддзеркалення відносно лінії, що паралельна осі  $Oy$ ;
- 11) матриця двовимірного зсуву вздовж осі  $Ox$ ;
- 12) матриця двовимірного зсуву вздовж осі  $Oy$ .

*Література:*

основна – [1 (С. 43-48); 2 (С. 15-18; С. 37-40); 4(С. 346-436)];  
додаткова – [2, 12, 15-18, 20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: чому в комп'ютерній графіці використовують матричні форми геометричних перетворень зображень; що визначає кожен елемент загальної матриці жорсткого перетворення; вивести матричну форму для проведення двовимірного повороту навколо осі обертання.

#### **Лабораторна робота 14. Візуалізація в тривимірному просторі (видові перетворення і перетворення моделі в тривимірному просторі).**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) робота в тривимірному просторі;
- 2) особливості проведення видових перетворень та перетворень моделі;
- 3) методом багатоплощинного перетворення;
- 4) візуалізація та інтерактивна робота з об'єктом багатоплощинного перетворення в 3D просторі.

*Література:*

основна – [1 (С. 49-54); 2 (С. 37-40); 4 (С. 734-768)];

додаткова – [3-7, 13].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: що є основною метою методів візуалізації об'єму в медицині; як виконати видові перетворення та перетворення моделі при роботі в тривимірному просторі; що таке багатоплощинне перетворення, яка його основна ідея; визначити математичний апарат модифікації багатоплощинного перетворення для косих зрізів.

#### **Лабораторна робота 15. Візуалізація в тривимірному просторі (матричні форми перетворень).**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) матриця тривимірного паралельного перенесення;
- 2) матриця тривимірного повороту відносно осі  $Ox$ ;
- 3) матриця тривимірного повороту відносно осі  $Oy$ ;
- 4) матриця тривимірного повороту відносно осі  $Oz$ ;
- 5) матриця тривимірного масштабування;
- 6) матриця тривимірного масштабування відносно заданої точки;
- 7) матриця тривимірного віддзеркалення відносно координатної площини  $uOz$ ;
- 8) матриця тривимірного віддзеркалення відносно координатної площини  $zOx$ ;
- 9) матриця тривимірного віддзеркалення відносно координатної площини  $xOy$ ;
- 10) матриця тривимірного віддзеркалення відносно початку координат;
- 11) матриця тривимірного віддзеркалення відносно площини, що паралельна  $uOz$ ;
- 12) матриця тривимірного віддзеркалення відносно площини, що паралельна  $zOx$ ;
- 13) матриця тривимірного віддзеркалення відносно площини, що паралельна  $xOy$ ;
- 14) матриця тривимірного зсуву на заданий кут в  $xu$ -напрямку;
- 15) матриця тривимірного зсуву на заданий кут в  $xz$ -напрямку;
- 16) матриця тривимірного зсуву на заданий кут в  $uz$ -напрямку.

*Література:*

основна – [1 (С. 49-54); 2 (С. 37-40); 4 (С. 734-768)];

додаткова – [3-7, 13].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та матричні форми тривимірних геометричних перетворень; ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: в чому особливості роботи OpenGL з матричними формами тривимірних геометричних перетворень.

#### **Лабораторна робота 16. Мультимодальна візуалізація зображень комплементарної природи (створення мультимодальних зображень).**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) мультимодальними перетвореннями;
- 2) особливості програмно-алгоритмічної реалізації мультимодальних перетворень;
- 3) основні етапи створення та візуалізації інформації від зображень різних модальностей; візуалізація та інтерактивна робота зі створеним мультимодальним зображенням.

*Література:*

основна – [1 (С. 55-61); 5(С. 401-442)];

додаткова – [10; 19].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: визначити два основні напрями комбінації (об'єднання інформації) зображень різних модальностей; які три проблеми необхідно вирішити для отримання мультимодальних зображень за допомогою суміщення наборів даних від різних (окремо проведених) досліджень; перелічити переваги використання мультимодальних зображень; які критерії використовують для класифікації процесу реєстрації мультимодальних зображень; яка розмірність для реєстрації зображень, що отримані за допомогою: комп'ютерної (рентгенівської) томографії та магнітно-резонансної томографії, магнітно-резонансної томографії та рентгенівської ангіографії, тривимірного зображення за даними комп'ютерної (рентгенівської) томографії та рентгенівської ангіографії.

#### **Лабораторна робота 17. Мультимодальна візуалізація зображень комплементарної природи (алгоритми та мультимодальний рендерінг).**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) метод сумарного розподілення кольорів;
- 2) метод подвоєння зображення;

- 3) метод шахової дошки;
- 4) метод альфа-композиції;
- 5) мультимодальний рендерінг;
- 6) особливості проведення мультимодального рендерінгу зображень комплементарної природи.

*Література:*

основна – [1 (С. 55-61); 5(С. 401-442)];  
додаткова – [10; 19].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за темою заняття, щоб відповісти на питання: основні методи об'єднання інформації зображень комплементарної природи; які колірні простори слід використовувати під час проведення сумарного розподілення кольорів для даних анатомічних та функціональних зображень; основна ідея методу подвоєння зображення; які недоліки використання методу шахової дошки; як зберігається зображення з альфа-каналом відповідно до стандарту DICOM; як вирішується головна проблема мультимодального рендерінгу; основна ідея мультимодального рендерінгу з використанням методу сумарного розподілення кольорів; основна ідея мультимодального рендерінгу з використанням методу шахової дошки; основна ідея мультимодального рендерінгу з використанням методу подвоєння зображення; основна ідея мультимодального рендерінгу з використанням методу альфа-композиції.

### **Лабораторна робота 18. Проведення МКР.**

*Питання, що розглядаються:*

- 1) вступ до роботи з даними та алгоритмів обробки мед. зображень;
- 2) піксельні операції над медичними зображенням;
- 3) гістограмні перетворення медичних зображень;
- 4) фільтрація медичних зображень;
- 5) визначення та візуалізація двовимірних медичних об'єктів;
- 6) геометричні перетворення медичних зображень;
- 7) визначення та візуалізація тривимірних медичних об'єктів;
- 8) мультимодальна візуалізація.

*Література:*

основна – [1-5];  
додаткова – [1-20].

*Завдання на СРС:*

вивчити конспект лекції та ознайомитися з навчально-методичними матеріалами за всіма темами.

### **Розрахунково-графічна робота**

**Основна ціль розрахунково-графічної роботи** полягає у вирішенні практичних завдань, призначених для закріплення знань студентів за програмно-алгоритмічним та математичним апаратом обробки медичних зображень, що застосовується під час розробки програмних застосунків для роботи з медичними зображеннями.

**Приблизна тематика розрахунково-графічної роботи:**

#### **№1 «Геометричні перетворення зображень»**

Завдання полягає в знаходженні складної матриці геометричного перетворення  $M$  для різних видів руху об'єкта. Вихідними параметрами завдання є види руху об'єкта.

#### **№2 «Гістограмні перетворення зображень»**

Завдання полягає в знаходженні нових значень яскравості пікселів зображення після виконання різних видів гістограмних перетворень. Вихідними параметрами завдань є види гістограмних перетворень та таблиці гістограм початкових зображень.

#### **№3 «Фільтрація зображень»**

Завдання полягає в розрахунку відповідей різних фільтрів, маски яких задані у вигляді прямого й діагонального хрестів  $3 \times 3$  та у вигляді квадратів  $3 \times 3$ , а розрахунки необхідно провести для пікселів перешкоди, що присутня на зображенні  $6 \times 6$ . Вихідними параметрами завдань є види фільтрів і таблиці яскравостей пікселів зображення.

## 9. Політика та контроль

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

Форми організації освітнього процесу, види навчальних занять і оцінювання результатів навчання регламентуються Положенням про організацію освітнього процесу в Національному технічному університеті України «Київському політехнічному інституті імені Ігоря Сікорського».

**Правила відвідування занять.** Відвідування є обов'язковим (за винятком випадків, коли існує поважна причина, наприклад, хвороба чи дозвіл працівників деканату). Якщо студент не може бути присутнім на заняттях, він все одно несе відповідальність за виконання завдань, що проводились в комп'ютерному класі.

**Правила поведінки на заняттях.** Під час виконання лабораторних робіт студент може користуватися ноутбуком, мобільним телефоном або іншими пристроями для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті. Проте під час лекційних занять та обговорення завдань лабораторних робіт зазначеними раніше пристроями користуватися неможна. Це відволікає викладача і студентів групи та перешкоджає навчальному процесу. Якщо мається намір використовувати ноутбук або інший пристрій для аудіо- чи відеозапису, необхідно заздалегідь отримати дозвіл викладача. Під час лекційних занять заборонено відволікати викладача від викладання матеріалу, усі питання, уточнення та ін. студенти задають в кінці лекції або відведений для цього час.

#### **Виконання завдань контрольних заходів**

Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Всі лабораторні роботи та розрахунково-графічну роботу студенти мають виконувати самостійно із використанням рекомендованої літератури й отриманих знань та навичок. Цитування в письмових роботах допускається тільки із відповідним посиланням на авторський текст. Недопустимі підказки і списування у ході захисту лабораторних робіт та розрахунково-графічної роботи, на модульній контрольній роботі, на екзамені.

Лабораторні роботи захищаються особисто з попередньою перевіркою теоретичних знань, які необхідні для виконання завдань за темою заняття. Перевірка практичних результатів включає перевірку коду та виконання програмного застосунку.

Модульна контрольна робота проводиться письмово без застосування допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети, література та ін.) за принципом хронометражу часу виконання: доступ до контрольного завдання МКР відкривається викладачем у заздалегідь оголошений момент на визначений період часу. Результати модульної контрольної роботи оголошуються студентам на наступному занятті.

Екзамен проводиться письмово. На екзамені студенту не дозволяється користуватись будь-якими матеріалами.

**Порядок зарахування пропущених занять.** Відпрацювання пропущеного заняття з лекційного курсу здійснюється шляхом підготовки і захисту реферату за відповідною темою. Захист реферату відбувається відповідно до графіку консультацій викладача, з яким можна ознайомитись на кафедрі. Відпрацювання пропущеної лабораторної роботи здійснюється шляхом самостійного виконання завдання і його захисту відповідно до графіку консультацій викладача.

**Політика щодо академічної доброчесності.** Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

**Норми етичної поведінки.** Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.



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

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 балів складає стартова шкала.

Стартовий рейтинг студента (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- виконання та захист лабораторних робіт із 8 тем:
  1. Піксельні перетворення зображень (Тема 1.2. Піксельні операції над медичними зображенням).
  2. Гістограмні перетворення зображень (Тема 1.3. Гістограмні перетворення медичних зображень).
  3. Фільтрація зображень (Тема 1.4. Фільтрація медичних зображень).
  4. Методи сегментації зображень, засновані на формуванні однорідних ділянок (Тема 2.1. Визначення та візуалізація двовимірних медичних об'єктів).
  5. Методи сегментації зображень, засновані на пошуку границь (Тема 2.1. Визначення та візуалізація двовимірних медичних об'єктів).
  6. Двовимірні геометричні перетворення зображень (Тема 2.2. Геометричні перетворення медичних зображень).
  7. Візуалізація в тривимірному просторі (Тема 2.3. Визначення та візуалізація тривимірних медичних об'єктів).
  8. Мультимодальна візуалізація зображень комплементарної природи (Тема 2.4. Мультимодальна візуалізація).
- одну модульну контрольну роботу;
- одну розрахунково-графічну роботу.

Максимальна сума вагових балів за всі контрольні заходи протягом семестру  $R_C$  складає:

$$R_C = 8 \text{ лабораторних робіт} \cdot 5 \text{ балів} + 1 \text{ МКР} \cdot 5 \text{ питань} \cdot 1 \text{ бал} + 1 \text{ РГР} \cdot 5 \text{ балів} = 50 \text{ балів.}$$

### Поточний контроль

#### Лабораторні роботи

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 5 балів  $\times$  8 = 40 балів.

*Критерії оцінювання:*

<b>5.0 балів</b>	–	вірно виконані реалізація алгоритмів, розрахункова частина робота; досконало проведений аналіз отриманих результатів і оформлено відповідний звіт;
<b>4.0...4.9 балів</b>	–	вірно виконані реалізація алгоритмів та розрахункова робота, але з недостатньо проведеним аналізом отриманих результатів та теоретичним обґрунтуванням; звіт про виконання завдання оформлено з недоліками;
<b>3.0...3.9 бали</b>	–	робота виконана з грубими помилками; звіт оформлено з помилками;
<b>0 балів</b>	–	невірна виконана робота, відсутність обов'язкових частин звіту про виконання завдання.

#### Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів за контрольну роботи дорівнює – 1 бал  $\times$  5 питань  $\times$  1 МКР = 5 балів

*Критерії оцінювання:*

<b>1 бал</b>	–	повна вірна відповідь на питання (відповідь містить не менше ніж 90 % необхідної інформації);
<b>0.7...0.9 балів</b>	–	неповна або невірна відповідь на питання (відповідь містить 70% .. 90% необхідної інформації);
<b>0.6 бали</b>	–	неповна або невірна відповідь на питання (відповідь містить не менше ніж 60 % необхідної інформації);
<b>0 балів</b>	–	відсутність відповіді або невірна відповідь на питання (менше 60% необхідної інформації).

#### Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за РГР дорівнює – 5 балів  $\times$  1 = 5 балів.

*Критерії оцінювання:*

<b>5.0 балів</b>	–	повний вірний розв'язок всіх задач;
<b>4.0...4.9 балів</b>	–	неповний або невірний розв'язок однієї задачі;
<b>3.0...3.9 бали</b>	–	неповний розв'язок або помилки у задачах;
<b>0 балів</b>	–	відсутність відповідей або невірний розв'язок всіх задач.

### Календарний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами.

Умовою першої атестації є отримання не менше 12 балів та захист всіх лабораторних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації є отримання не менше 24 балів та захист всіх лабораторних робіт (на час атестації).

### Семестровий контроль

Умовами допуску до екзамену є:

- зарахування всіх лабораторних робіт;
- написана МКР;
- зарахування розрахунково-графічної роботи;
- стартовий рейтинг не менше 30 балів.

Екзаменаційну роботу всі студенти пишуть обов'язково.

Кількість запитань у кожному білеті – 3. Ваговий бал першого запитання – 10, другого – 20, третього – 20. Максимальна кількість балів за всі питання екзаменаційного білету дорівнює:

$$10+20+20 = 50 \text{ балів.}$$

*Критерії оцінювання першого запитання на екзамені:*

<b>9...10 балів</b>	–	змістовна відповідь на теоретичне питання білету;
<b>7...8 балів</b>	–	добра відповідь на питання, але з невеликими зауваженнями;
<b>6 балів</b>	–	задовільна відповідь на питання (є декілька грубих помилок у відповіді);
<b>0 балів</b>	–	більше двох грубих помилок/незнання питання

*Критерії оцінювання другого та третього запитання на екзамені:*

<b>18...20 балів</b>	–	змістовна відповідь на теоретичне питання білету;
<b>15...17 балів</b>	–	добра відповідь на питання, але з невеликими зауваженнями;
<b>12...14 балів</b>	–	задовільна відповідь на питання (є декілька грубих помилок у відповіді);
<b>0 балів</b>	–	більше двох грубих помилок/незнання питання

### Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована РГР або не написана МКР або стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено

## 12. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

**Дистанційне навчання.** В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій).

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри БМК, к.т.н., Алхімовою Світлоною Миколаївною

Ухвалено кафедрою біомедичної кібернетики (протокол №18 від 24.06.2024 року)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №9 від 26.06.2024 року)