Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

# МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБКИ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ, ДАНИХ ТА ЗОБРАЖЕНЬ

обов'язковий освітній компонент
І (бакалаврський) рівень вищої освіти

Освітня програма **Біомедична інженерія**
Спеціальність **163 Біомедична інженерія**
Викладач: **Коваль Л. Г.**, к. т. н., доцент
Мови викладання: **українська**
Семестр – **8**
Кредитів ЄКТС – **6**
Лекції – **42 год.**
Лабораторні роботи – **45 год.**
Курсова робота – **45 год.**
Самостійна робота – **45 год.**
Вид контролю – **екзамен**

**Передумови для вивчення**: дисципліна «Методи та засоби обробки біомедичних сигналів, даних та зображень» базується на знаннях, одержаних здобувачами освіти при вивченні обов'язкових освітніх компонентів «Вища математика» та «Інформатика». Дисципліна безпосередньо передує переддипломній практиці та виконанню бакалаврської дипломної роботи.

**Мета курсу** полягає у навчанні студентів методам і алгоритмам комп'ютерної обробки зображень з метою покращення візуалізації, класифікації, виділення інформації, необхідної для наукової діяльності, основам комп'ютерної графіки, її застосування для наукових потреб. Окрему увагу приділено потребам медичної діагностики на основі обробки інтроскопічних зображень.

**Компетентності**

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК5. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт

ЗК12. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина України.

ЗК13. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК14. Здатність дотримуватись принципів академічної доброчесності під час навчання та в подальшій професійній діяльності.

СК1. Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проектування медичних приладів та систем.

СК3. Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів і систем.

СК4. Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації).

СК8. Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).

СК9. Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами.

СК11. Здатність застосовувати інформаційні технології, комп'ютерну, мікроконтролерну техніку та сенсорні системи для розробки та експлуатації медичної апаратури та медичних інформаційних систем.

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

**Програмні результати навчання**

ПРН 1. Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу

сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

ПРН 2. Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.

ПРН5. Вміти спілкуватися з професіоналами в області охорони здоров'я державною та іноземною (англійською або однією з інших офіційних мов ЄС) мовами та розуміти їхні вимоги до біомедичних продуктів і послуг.

ПРН 6. Вміти спілкуватися з професіоналами в області охорони здоров'я державною та іноземною (англійською або однією з інших офіційних мов ЄС) мовами та розуміти їхні вимоги до біомедичних продуктів і послуг.

ПРН10. Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати медикотехнічні та біоінженерні системи і процеси.

ПРН 12. Надавати рекомендації щодо вибору обладнання для забезпечення проведення діагностики та лікування.

ПРН 13. Вміти аналізувати сигнали, які передаються від органів на прилади, та проводити обробку діагностичної інформації.

ПРН 14. Вміти аналізувати рівень відповідності сучасним світовим стандартам, а також оцінювати рішення і складати завдання на розробку автоматизованих систем управління з урахуванням можливостей сучасних технічних і програмних засобів автоматизації медичного обладнання.

ПРН 15. Вміти складати завдання на розробку автоматизованих систем управління з урахуванням можливостей сучасних технічних і програмних засобів автоматизації медичного обладнання

ПРН 16. Вміти вибирати та рекомендувати відповідне медичне обладнання і біоматеріали для оснащення медичних закладів та забезпечення основних стадій технологічного процесу діагностики, профілактики та лікування.

ПРН 17. Вміти використовувати системи автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем.

ПРН 19. Розробляти програмне забезпечення комп'ютерної та мікроконтролерної техніки для обслуговування медичної апаратури та медичних інформаційних систем.

## Тематика курсу

**Змістовий модуль 1. Детерміновані і випадкові сигнали.**

**Тема 1. Методи аналізу детермінованих сигналів.**

Геометрична модель даних. Відстань і кут між сигналами. Представлення медико-біологічних сигналів (МБС) у вигляді суми ряду елементарних функцій. Гармонійний аналіз періодичних МБС. Властивості коефіцієнтів ряду Фур'є. Спектри деяких періодичних сигналів. Енергетичні характеристики періодичних МБС. Гармонійний аналіз неперіодичних сигналів, спектральна щільність сигналу, пряме і зворотне перетворення Фур'є. Амплітудно-частотна і фазо-частотна характеристики періодичних МБС. Співвідношення між спектром одиночного імпульсу і спектром періодичної послідовності імпульсів. Основні положення теорії спектрів, операції над спектрами. Співвідношення між ефективною шириною спектра і тривалістю сигналу. Визначення спектрів неперіодичних МБС. Теорема відліків (теорема Котельникова), постановка задачі і виведення основних співвідношень. Теорема відліків в частотній області. Подання МБС за допомогою перетворення Лапласа. Кореляційний аналіз детермінованих сигналів. Поняття кореляційної функції сигналу, кореляційна функція періодичних і неперіодичних сигналів. Зв'язок кореляційної функції зі спектральними характеристиками сигналу. Взаємна кореляційна функція МБС.

**Тема 2. Методи аналізу випадкових МБС.**

Фізична природа випадкових МБС. Коваріаційна функція випадкового сигналу. Поняття стаціонарності і ергодичності. Взаємозв'язок основних характеристик випадкових сигналів. Статистичні методи аналізу випадкових даних. Випадковий сигнал з нормальним законом розподілу щільності ймовірності (гауссовский процес). Двовимірна щільність імовірності і енергетичний спектр випадкового процесу. Зв'язок ковариационной функції випадкового сигналу з його енергетичним спектром, Вінера-теорема Хинчина. Взаємна кореляційна функція і взаємна спектральна щільність двох випадкових процесів, основні співвідношення.

**Змістовий модуль 2. Аналогові, дискретні, квантовані і цифрові сигнали.**

**Тема 3. Методи аналогової фільтрації МБС.**

Аналіз проходження сигналів через лінійні частотно-виборчі ланцюги за допомогою перетворення Фур'є і перетворення Лапласа. Поняття вузькосмугового сигналу; огинаючої частоти і фази вузькосмугового сигналу, основні співвідношення, умови однозначності визначення. Перетворення Гільберта, пов'язані функції, їх основні властивості. Аналітичний сигнал, спектральна щільність аналітичного сигналу, векторна діаграма, основні властивості аналітичного сигналу. Проходження вузькосмугового сигналу через

лінійні частотно-виборчі ланцюги; спектральний метод, часовий метод, основні співвідношення, їх висновок.

**Тема 4. Цифрова фільтрація МБС.**

Характеристики дискретних і цифрових сигналів, методи дискретизації, спектр і зображення по Лапласа дискретного сигналу. Дискретизація в тимчасовій і частотній областях. Визначення дискретного перетворення Фур'є (ДПФ), основні властивості ДПФ; зворотне ДПФ (ЗДПФ). Основні співвідношення, що виконуються з ДПФ і ЗДПФ. Швидке перетворення Фур'є (ШПФ). Ефективність БПФ. Алгоритми реалізації. Алгоритми ДПФ з проріджуванням по часу і по частоті. Принципи цифрової фільтрації сигналів. Системна функція і імпульсна характеристика цифрового фільтра. Поняття трансверсальних і рекурсивних ЦФ. Використання перетворення Лапласа для аналізу проходження дискретних сигналів через ЦФ. Системні функції трансверсальних і рекурсивних ЦФ. Основні поняття Z-перетворення сигналів. Пряме і зворотне Z-перетворення. Використання Z-перетворення для визначення передавальних характеристик ЦФ. Зв'язок передавальної функції з імпульсною характеристикою дискретної системи. Основні властивості Z-перетворення. Теореми про згортку і про запізненні. Рекурсивна цифрова фільтрація n-го порядку. Стійкість цифрових фільтрів. Застосування цифрової фільтрації при чисельному рішенні задач апроксимації та згладжування. Диференціювання та інтегрування сигналів як методи цифрової фільтрації. Поліноміальні цифрові фільтри. Основи методу і виведення основних співвідношень. Синтез цифрових фільтрів із заданими параметрами. Метод білінійного Z-перетворення. Частотні характеристики ЦФ. Зв'язок системної функції ЦФ з частотної характеристикою фільтра. Форми реалізації ЦФ: канонічна, каскодна, паралельна. Адаптивні цифрові фільтри. Загальні поняття і визначення. Нерекурсивний оптимальний фільтр Вінера в задачах ефективного зберігання медико-біологічної інформації.

**Тема 5. Методи аналізу медико-біологічної інформації.**

Електрофізіологічні параметри організму і відповідні їм сигнали. Структура електрокардіографічного сигналу. Основні методи аналізу ЕКГ-сигналу у часовій і частотній областях. Автоматизований аналіз ЕКГ. Сучасні проблеми діагностики по ЕКГ-сигналу. Структура електроенцефалографічного сигналу. Основні параметри ЕЕГ. Частотний, кореляційний, спектральний і фазочастотную методи аналізу ЕЕГ-сигналу. Структура реографического сигналу. Основні методи реєстрації реограмм. Частотний, кореляційний, спектральний методи аналізу реографічних сигналів. Завдання автоматизованої обробки і аналізу електрокардіограм, електроенцефалограм, електроміограму, спірограм і інших біоелектричних сигналів.

**Тема 6. Системи обробки зображень і розпізнавання образів в медицині.**

Основні аспекти розпізнавання образів. Ознаки об'єкта. Класифікація об'єктів. Методи розпізнавання образів. Попередня обробка. Основи аналізу біомедичних зображень: типи зображень і способи їх опису; методи попередньої обробки; фільтрація; інтерактивний режим обробки зображень. Двовимірне ДПФ. Обчислення двовимірних згорток і ДПФ. Алгоритм Винограда для БПФ. Особливості обробки рентгенівських зображень. Медіанні фільтри для реставрації зображень і боротьби з імпульсними шумами. Обчислювальні системи аналізу даних; інтерфейси вимірювальних систем і комплексів; принципи побудови систем відображення інформації.

**Лабораторні роботи**

1. Обробка сигналу ВСР варіаційними методами
2. Оцінка спектральних характеристик ВСР (Фур'є аналіз)
3. Оцінка спектральних характеристик ВРР (вейвлет-аналіз)
4. Оцінка старшого показника Ляпунова
5. Розрахунки спектру розмірностей Реньї
6. Застосування методу максимумів модулів коефіцієнтів вейвлет-перетворення
7. Обробка даних з використанням Excel
8. Віртуальні інструменти Labview
9. Обробка сигналів і даних в програмному середовищі Labview
10. Дослідження властивостей згортки цифрових сигналів
11. Спектральний аналіз біомедичних сигналів
12. Проектування цифрового фільтра та дослідження його характеристик
13. Обробка біомедичного зображення засобами MatLab

**Індивідуальні завдання**

Під час вивчення дисципліни студенти готують доповіді, презентації, есеї, виконують індивідуальні домашні завдання. Крім того, за рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником студенти готують доповіді на щорічну науково-технічну конференцію ВНТУ.

Згідно робочого навчального плану за індивідуальними завданнями студента-ми виконується курсова робота, яка присвячена вивченню методів обробки біомедичних зображень. Зміст курсового проєкту полягає в розкритті певної теми, ви-вченні та узагальненні матеріалу літературних джерел, проведення класифікації методів обробки зображень, систем, розробці алгоритмів та функціональних схем, по-будова програмних графічних фільтрів. Ілюстративна частина проєкта включає структурні, функціональні, програмні засоби, приклади оброблених зображень за допомогою створених та

застосованих фільтрів, узагальнюючі таблиці та графіки, що ілюструють роботу розроблених алгоритмів та ПЗ. Теми курсових проєктів затверджуються на засіданні кафедри.

На виконання курсового проєкта відводиться 60 годин, 2 кредити ECTS.

**Форми контролю**

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуально-го чи комбінованого контролю знань студентів під час лекційного та лабораторного заняття, тестування, колоквіумів, іспит, захист курсової роботи.

**Оцінювання результатів навчання**

| Вид роботи | Модуль 1 | Модуль 2 |
|---|---|---|
| 2. Лабораторні роботи (1 лаб. – 3 бали) | 18 / 3 | 21 / 3 |
| 4. Колоквіум | 14 | 12 |
| 5. Самостійна робота | 5 | 5 |
| Всього | 37 | 38 |

**Розподіл балів за курсову роботу**

| Пояснювальна записка (оцінюються результати проектування та їх оформлення) | Ілюстративна частина | Захист роботи | Сума |
|---|---|---|---|
| 50 | 10 | 40 | 100 |

**Шкала відповідності оцінок та балів**

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS |
|---|---|
| 90 – 100 | **A** |
| 82 – 89 | **B** |
| 75 – 81 | **C** |
| 64 – 74 | **D** |
| 60 – 63 | **E** |
| 35 – 59 | **FX** (незадовільно з можливістю повторного складання) |
| 0 – 34 | **F** (незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни) |

**Політика курсу**

Викладач та всі учасники освітнього процесу з дисципліни зобов'язані дотримуватися тих морально-етичних норм, які викладені у Кодексі етики

ВНТУ, Положення про академічну доброчесність у ВНТУ, Положення про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті і розуміють, що за порушення викладених у положеннях принципів учасники освітнього процесу несуть повну особисту відповідальність.

**Базові інформаційні ресурси**


1. Федотов Олександр Олександрович Прикладна обробка біомедичних зображень у середовищі MATLAB: м. Київ, 2019 – 92 с.
2. М. В. Финков Графіки, формули, аналіз даних в Excel: м. Київ, 2019 – 384 с.
3. Н.Г. Іванушкіна, К.О. Іванько, А.О. Попов, Є.С.Карплюк, О.П.Шуляк. Біомедичні електронні системи. Конспект лекцій: навч. посіб, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 113 с.
4. Гарсия Г., Суарес О., Аранда Х., Терсеро Х., Грасиа И., Єнано Н., Обробка зображень за допомогою OPENCV: вид. ДМК Прес, 2016 – 210 с.
5. К. Зеленский, Комп'ютерні методи обробки сигналів і зображень: вид. університет «Україні», 2013 – 372 с.
6. В. Г. Кнігавко, О. В. Зайцева, М. А. Бондаренко та ін. Медична інформатика : навч. посібник– Харків : ХНМУ, 2020. – 64 с.
7. Герасевич В.А., Сучасне програмне забезпечення для статистичної обробки біомедичних досліджень / В.А. Герасевич, А.Р. Аветисов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://miklebig.narod.ru/docum/statprog.htm (дата обращения 01.07.2017). – Назва з екрана.
8. В. Мельник, Л. Соколова, Татьяна Довбонос, Т.И. Илляш, Т. Черенько, Методи обстеження неврологічного хворого: вид. Медицина, 2020 – 144.
9. Т. А. Свидрук, Основи біологічної фізики і медична апаратура: вид. Медицина 2017 – 264 с.
10. Рафаєль Г., Ричард В.,. Рубанов П., Чочиа М., Цифрова обробка зображень: вид. Техносфера, 2012 – 1104 с.
11. Image Processing Toolbox - Обробка сигналів і зображень. – Режим доступу до ресурсу : http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/index.php