

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ**



ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан фізичного факультету
В.Ю. Лазур Лазур В.Ю./
«29» червня 2023 року «

**РОБОЧА ПРОГРАМА (СИЛАБУС)
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«АВТОМАТИЗАЦІЯ БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»**

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	163 Біомедична інженерія
Освітня програма	Біомедична інженерія
статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «**Автоматизація біомедичних досліджень**» для здобувачів вищої освіти ступеня бакалавра галузі знань **16 Хімічна та біоінженерія** спеціальності **163 Біомедична інженерія** освітньої програми **Біомедична інженерія**.

Розробники: Молнар О.О. доцент, доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри фізики напівпровідників


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри
фізики напівпровідників

протокол № 7 від «29» червня 2023 р.

Завідувач кафедри  Височанський Ю.М.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «29» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

Програма навчальної дисципліни “ **Автоматизація біомедичних досліджень** ” складена відповідно до освітньо-професійної підготовки фахівців першого рівня вищої освіти напряму 163-Біомедична інженерія

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 120	4-й
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин: аудиторних – 3.5 самостійної роботи студента – 3.5	8-й
	Лекції:
	30
	Практичні (семінарські):
Вид підсумкового контролю: екзамен, залік (лаб)	Лабораторні:
	30
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:
	60

02. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Автоматизація біомедичних досліджень**» – формування цілісної системи знань та навиків в галузі автоматизації отримання, передачі, обробки та інтерпретації біомедичних даних, формування знань, необхідних для розробки автоматизованих діагностичних біомедичних систем а також підготовка висококваліфікованих спеціалістів, які вміють раціонально вибирати та використовувати сучасне медикодіагностичне обладнання, об'єднувати їх в інтегровані мережі з централізованим комп'ютерним керуванням та подальшою інтерпретацією результатів з використанням елементів штучного інтелекту.

Місце дисципліни в структурі освітньо-наукової програми: курс відноситься до дисциплін вибіркової частини циклу професійної підготовки, за результатами яких здобувачі здають іспит та виконують навчальний процес по спеціальності 163-«Біомедична інженерія».

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Інтегральна: здатність розв'язувати комплексні задачі та проблеми в галузі біомедичної інженерії, здійснювати у цій галузі професійну та дослідницько-інноваційну діяльність, що передбачає глибоке переосмислення наявних і створення нових цілісних знань та професійної практики.

Загальні компетентності:

- ЗК1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- 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.
- ЗК10 Навики здійснення безпечної діяльності.
- ЗК11 Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності:

- ФК1 Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проектування медичних приладів та систем.
- ФК2 Здатність забезпечувати інженерно-технічну експертизу в процесі планування, розробці, оцінці та специфікації медичного обладнання.
- ФК3 Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів і систем.
- ФК4 Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації).
- ФК6 Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг.
- ФК7 Здатність планувати, проектувати, розробляти, встановлювати, експлуатувати, підтримувати, технічно обслуговувати, контролювати і координувати ремонт приладів, обладнання та системи для профілактики, діагностики, лікування і реабілітації, що використовується в лікарнях і науково-дослідних інститутах.
- ФК8 Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).

- ФК9 Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами.
- ФК10 Здатність застосовувати принципи побудови сучасних автоматизованих систем управління виробництвом медичних приладів, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Необхідними передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Автоматизація біомедичних досліджень**» є знання розділів загальної фізики (Електрика і магнетизм), Біофізики, Інженерної і комп'ютерної графіки, Основи метрології і стандартизації, Архітектура комп'ютерів, Алгоритмічні мови і програмування, Основи теорії кіл та сигналів, Елементної бази сучасної електроніки, Аналогова схемотехніка, Цифрова схемотехніка, Мікропроцесорна техніка, Методи медикобіологічних досліджень, Взаємодія фізичних полів з біооб'єктами, Лабораторна аналітична техніка, Діагностична техніка. У програмі використовуються результати найактуальніших досягнень в області схемотехніки, автоматизації, комп'ютерного моделювання та їх практичної реалізації та застосування.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «**Автоматизація біомедичних досліджень**», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Шифр ПРН	Програмні результати навчання
ПРН1	Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, 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.
ПРН2	Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.
ПРН5	Вміти використовувати бази даних, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та комп'ютерного моделювання біотехнічних систем.
ПРН6	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.
ПРН8	Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.
ПРН9	Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та застосування штучних біологічних і біотехнічних об'єктів та матеріалів медичного призначення.
ПРН12	Надавати рекомендації щодо вибору обладнання для забезпечення проведення діагностики та лікування.
ПРН13	Вміти аналізувати сигнали, які передаються від органів на прилади, та проводити обробку діагностичної інформації.

ПРН15	Вміти розробляти, організувати виробництво, випробування, експлуатацію, і ремонт медичної техніки та виробів медико-біологічного призначення.
ПРН17	Вміти використовувати системи автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Автоматизація біомедичних досліджень**»:

Шифр ПРН	Очікувані результати навчання з дисципліни
ПРН1	Вміти застосовувати знання основ математики, фізики, інженерної графіки, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач обробки сигналів в галузі біомедичної інженерії.
ПРН2	Вміти формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.
ПРН5	Вміти використовувати бази даних компонент, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та комп'ютерного моделювання аналогових біотехнічних систем.
ПРН6	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.
ПРН8	Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.
ПРН9	Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та застосування штучних біологічних і біотехнічних об'єктів та матеріалів медичного призначення.
ПРН12	Надавати рекомендації щодо вибору обладнання для забезпечення проведення діагностики та лікування.
ПРН13	Вміти масштабувати, фільтрувати та аналізувати сигнали, які передаються від органів на прилади, та проводити обробку діагностичної інформації.
ПРН15	Вміти розробляти, організувати виробництво, випробування, експлуатацію, і ремонт аналогової медичної техніки та виробів медико-біологічного призначення.
ПРН17	Вміти використовувати системи автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем.

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є: заліки, реферати, виступи на практичних (семінарських) заняттях, домашні завдання, підготовка презентації по вибраній темі.

Контрольні заходи включають такі **форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання**: поточний, модульний та підсумковий контроль.

Поточний контроль – оцінювання рівня знань, умінь і навичок студентів, що здійснюється в ході навчального процесу проведенням усного опитування, контрольної роботи, тестування, домашнього завдання тощо.

Результатом *модульного контролю* є модульна бальна оцінка, за якою підбивається підсумок роботи студентів впродовж модуля у відповідності до кредитно-модульної системи оцінювання знань (КМСОЗ).

Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі заліку або екзамену з конкретної навчальної дисципліни в обсязі навчального матеріалу, що визначений навчальною програмою, та в терміни, встановлені графіком навчального процесу. При семестровому контролі отримані здобувачем згідно КМСОЗ переводяться в оцінки за національною шкалою та за шкалою ЄКТС.

Комплексний показник успішності здобувача третього рівня вищої освіти, його обізнаності в предметі, що вивчається, характеризує якість його знань, систематичність, творчість, активність та самостійність. Максимальна сума балів за всі види робіт (контрольні, самостійне вивчення, практичні (семінарські) заняття) з даного курсу становить 100 балів.

За роботу на протязі семестру в залежності від форми контролю виставляється така максимальна кількість балів:

- Поточний контроль за змістовним модулем та самостійна робота 1-50 балів
- Виконання практичних робіт та їхній захист 1-10 балів
- Контрольна робота за змістовним модулем 1-40 балів

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: самостійна робота, опитування.

Форма модульного контролю: контрольна робота.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік, іспит.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	20	100
20	20	20	20		

T1, T2 ... – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	20	100
20	20	20	20		

T1, T2 ... – теми

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота здійснюється у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів. Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною становить 60 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «**Автоматизація біомедичних досліджень**» здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо студент достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "не зараховано" - якщо студент викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, студент не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

За бажанням студента результуюча підсумкова залікова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Екзамен проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою: „відмінно”, „добре”, „задовільно”, „незадовільно”.

Оцінка „відмінно” виставляється в тому разі, коли студент бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, вміння грамотно обробляти результати експериментальних вимірювань з метою отримання заданої точності отриманих даних, кваліфіковано використовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „добре” виставляється тоді, коли студент виявив повне знання і розуміння програмового матеріалу, добре оволодів математичним апаратом курсу, може використовувати набуті знання в практичній діяльності, дав вичерпні відповіді на всі запитання, але під час відповіді допускав окремі нечіткі формулювання і незначні неточності.

Оцінка „задовільно” виставляється в тому разі, коли студент в основному знає і розуміє фактичний матеріал курсу, дав в основному правильні відповіді на запитання, виявив уміння розібратися в усьому матеріалі курсу, вміння використовувати відповідний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремі положення пройденого курсу, допускає неточності при використанні математичного апарату, недостатньо вміє застосовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” виставляється тоді, коли студент не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів навчальної дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням студента результуюча підсумкова екзаменаційна оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90 та вище	зараховано	A	відмінно
82-89 74-81	зараховано	B	добре
	зараховано	C	добре
64-73 60-64	зараховано	D	задовільно
	зараховано	E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» або «незадовільно» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової та екзаменаційної відомостей.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. **Вступ.** Застосування ЕОМ в сучасній медицині. Загальні принципи побудови сучасних системи збору та обробки біомедичної інформації. Алгоритмізація автоматизованих вимірювань.

Тема 2. **Засоби біомедичної вимірної техніки.** Спеціалізовані та модульні системи збору даних. Апаратна реалізація багатоканальних вимірювальних систем.

Тема 3. **Інтерфейси вимірних систем** RS-232, RS-485, RS-422, IEEE-488, USB, CAN, FC, 1-wire, SPI, I²C, ISA, КАМАК, IEEE1394, IEEE 802.3. Реалізація, переваги, недоліки та особливості використання.

Тема 4. **Бездротові інтерфейси узгодження біомедичного обладнання.** Bluetooth, Wi-Fi (IEEE802.11a/b/g/n/ac/ax), ZigBee, Z-wave, ANT+. Реалізація, переваги, недоліки та особливості використання.

Модуль 2.

Тема 1. **Застосування персональних ЕОМ у біомедичному експерименті.** Методи введення-виведення інформації та керування медичним обладнанням.

Тема 2. **Програмні засоби автоматизації біомедичного експерименту.** Значення розвинуеного інтерфейсу ЕОМ - користувач. Графічне середовище LabVIEW. Програмне забезпечення з відкритим кодом.

Тема 3. **Обробка експериментальних даних** та візуалізація отриманих результатів. Спеціалізовані програми біомедичного застосування (обробка ЕКГ, ЕЕГ, рентгенограм, УЗД даних і т.д.).

Тема 4. **Перспективи розвитку систем автоматизації** біомедичного експерименту. Використання елементів Штучного Інтелекту для обробки даних та постановки діагнозу.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Вступ. Застосування ЕОМ в сучасній медицині.	11	2		2		7
Тема 2. Засоби біомедичної вимірної техніки.	13	2		4		7
Тема 3. Інтерфейси вимірних систем.	16	4		4		8
Тема 4. Бездротові інтерфейси узгодження біомедичного обладнання.	16	4		4		8
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	58	14		14		30
Модуль 2						
Тема 1. Застосування персональних ЕОМ у біомедичному експерименті	13	2		4		7
Тема 2. Програмні засоби автоматизації біомедичного експерименту..	15	4		4		7
Тема 3. Обробка експериментальних даних.	16	4		4		8
Тема 4. Перспективи розвитку систем автоматизації	16	4		4		8
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	62	16		16		30
Разом за семестр	120	30		30		60

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ. Техніка безпеки. Дистанційне керування LCR метром з використанням інтерфейсу RS-232	2
2	Вивчення роботи інтерфейсу USB на основі вимірювання біопотенціалу м'язів з використанням модулю Analog Discovery 2 компанії Digilent.	4

3	Об'єднання комп'ютерів інтерфейсом IEEE 802.3 для передачі даних	4
4	Програмування модуля MAXREFDES100# для передачі даних ЕКГ по інтерфейсу Bluetooth	4
5	Підключення комбінованого сенсору Bosch/Sensortec BME280 з використанням інтерфейсу I ² C до мікроконтролера TI MSP-EXP430FR5969 з виводом результату на ПК.	4
6	Підключення модуля TI MSP-EXP430FR5969 через канал Wi-Fi з використанням CC3100BOOST-module	4
7	Організація багатоканального медичного телеметричного пристрою на основі MAXREFDES100#	4
8	Використання елементів штучного інтелекту для розпізнавання захворювань на зображеннях МРТ	4
Разом		30

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Використання автоматизованих вимірювань в сучасній біомедичній практиці.	7
2	Засоби біомедичної вимірної техніки. Спеціалізовані та модульні системи збору діагностичних даних. Системи моніторингу фізіологічного стану пацієнтів.	7
3	Інтерфейси вимірних систем RS-232, RS-485, RS-422, USB, CAN, 1-wire, SPI, I2C.	8
4	Інтерфейси вимірних систем IEEE-488, ISA, КАМАК, IEEE1394, IEEE 802.3.	7
5	Бездротові інтерфейси Bluetooth, Wi-Fi (IEEE802.11a/b/g/n/ac/ax), ZigBee, Z-wave, ANT+.	8
6	Програмне забезпечення з відкритим кодом для автоматизації біомедичних досліджень.	7
7	Дешифрування даних ЕКГ, ЕЕГ та покращення якості рентгенограм та УЗД зображень.	8
8	Використання елементів Штучного Інтелекту для обробки даних та постановки діагнозу з використанням TensorFlow та NVIDIA AI Platform for Developers	8
Разом		60

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Лекційний курс передбачає використання технічних засобів навчання, мультимедійних проекторів NEC NP50 – 1 шт.

Технічні засоби:

1. Комп'ютерний клас. Комп'ютерів – 5 шт., моніторів – 5 шт.
2. Макет MAXIM MAXREFDES100# – 1 шт.
3. TMDX5535EZDSP - налагоджувальний набір від компанії Texas Instruments – 1 шт.
4. Analog Discovery 2: 100MS/s USB Oscilloscope, Logic Analyzer and Variable Power Supply – 1 шт.

5. Модуль TI MSP-EXP430FR5969 – 5 шт.
6. Мікро-«суперкомп'ютери» NVIDIA Jetson TK1 – 5 шт.

Програмне забезпечення:

1. OpenBCI – Open-source EEG - <https://www.opensourceimaging.org/project/openbci/>
2. Michigan Image Reconstruction Toolbox (MIRT) - <http://web.eecs.umich.edu/~fessler/irt/irt>
3. MRILab – GPU accelerated MRI simulator - <https://leoliuf.github.io/MRiLab/>
4. OpenVnmrJ – Open Source variant of VnmrJ 4.2 - <https://openvnmrj.org/>
5. FreeSurfer - <http://freesurfer.net/>
6. Open-source brain-computer interface (OpenBCI) - <http://www.openbci.com/>
7. Gadgetron A medical image reconstruction framework - <http://gadgetron.github.io/>
8. OpenEEG project – BrainBay - <http://www.shifz.org/brainbay/>
9. NVIDIA AI Platform for Developers - <https://developer.nvidia.com/deep-learning>

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. Г. Абакумов, О. І. Рибін, Й. Сватош. - К. : "Нора-прінт", 2001. - 515 с.
2. Mesut Sahin, Howard Fidel, Raquel Perez-Castillejos. Instrumentation Handbook for Biomedical Engineers. - CRC Press. - 2021. - 217p.
3. Перекрест А.Л. Практикум з вивчення методів цифрової обробки сигналів у прикладних програмних пакетах: навч. посібник / А.Л. Перекрест, О.П. Чорний, Г.О. Гаврилець. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2015. – 145 с.
4. Трикіло А.І. Моделювання біомедичних комп'ютерних систем: Конспект лекцій. - Дніпродзержинський державний технічний університет. - 2013. - 58с.
5. В.С. Воцинський, Інформаційно-вимірювальні комплекси:Лабораторний практикум. - Івано-Франківськ:ІФНТУНГ. - 2010 – 141 с.
6. Webster John G., Eren Halit, Measurement, instrumentation, and sensors handbook. Electromagnetic, optical, radiation, chemical, and biomedical measurement. - CRC Press. - 2014. - 1881p.
7. Khandpur, Raghbir Singh. Compendium of biomedical instrumentation. - Wiley. - 2020. - 2033p.
8. R. Khandpur. Biomedical Instrumentation: Technology and Applications. - McGraw-Hill Professional. - 2004. - 924p.
9. Tatsuo Tagawa, Toshiyo Tamura, P. Ake Oberg. Biomedical Sensors and Instruments, Second Edition. - CRC Press. - 2011. - 426p.
10. Barbara Christe. Introduction to Biomedical Instrumentation: The Technology of Patient Care. - 2009. - 248p.
11. Amy J. Catalano. Measurements in Distance Education: A Compendium of Instruments, Scales, and Measures for Evaluating Online Learning. - Routledge. - 2018. - 174p.
12. John G. Webster, Halit Eren. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook: Electromagnetic, Optical, Radiation, Chemical, and Biomedical Measurement. - CRC Press. - 2014. - 1881p.
13. John G. Webster, Halit Eren. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, Second Edition: Spatial, Mechanical, Thermal, and Radiation Measurement. - CRC Press. - 2014. - 1640p.
14. Xueji Zhang, Huangxian Ju, Joseph Wang. Electrochemical Sensors, Biosensors and Their Biomedical Applications. - Elsevier. - 2008. - 617p.

15. Sverre Grimnes, Orjan G Martinsen. Bioimpedance and Bioelectricity Basics. - Elsevier. - 2015. - 585p.
16. Eugenijus Kaniusas Biomedical Signals and Sensors I: Linking Physiological Phenomena and Biosignals. - Springer. - 2012. - 312p.
17. Eugenijus Kaniusas Biomedical Signals and Sensors II: Linking Acoustic and Optic Biosignals and Biomedical Sensors. - Springer. - 2015. - 233p.
18. Eugenijus Kaniusas Biomedical Signals and Sensors III: Linking Electric Biosignals and Biomedical Sensors. - Springer. - 2019. - 624p.
19. Andrew P. King, Paul Aljabar. MATLAB® Programming for Biomedical Engineers and Scientists. - Academic Press. - 2017. - 304p.
20. John L. Semmlow Circuits, Systems, and Signals for Bioengineers: A MATLAB-based Introduction. - Academic Press. - 2005. - 460p.
21. Saeid Sanei, J.A. Chambers EEG Signal Processing. - John Wiley & Sons Ltd. - 2007. - 313p.
22. Walid Zgallai, Dennis Fitzpatrick Developments in Biomedical Engineering and Bioelectronics Series: Biomedical Signal Processing and Artificial Intelligence in Healthcare. - Academic Press. - 2020. - 257p.
23. Suresh R. Devasahayam Signals and Systems in Biomedical Engineering: Signal Processing and Physiological Systems Modeling. - 2013. - 393p.
24. Metin Akay Time Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing. - IEEE Press. - 1998p. - 826p.
25. Carlo Ciulla Improved Signal and Image Interpolation in Biomedical Applications: The Case of Magnetic Resonance Imaging (MRI). - Medical Information science reference. - 2009. - 641p.
26. А.А. Горват, О.О. Молнар, В.В. Мінькович, Методи обробки експериментальних даних з використанням MS Excel: Навчальний посібник. Ужгород: Видавництво УжНУ, "Говерла", 2019. – 160 с.: іл. https://drive.google.com/file/d/1veed6-umLKRa3JxIWfk-24RliV_46YPg/view?usp=sharing
27. А.А. Горват, О.О. Молнар, В.В. Мінькович, Обробка, візуалізація та аналіз експериментальних даних з використанням пакету Origin: Навчальний посібник. Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла", 2020. – 64 с.: іл. https://drive.google.com/file/d/1SaKL4s5oEvfMs8FYohSIu6_BRspgwGA_/view?usp=sharing
28. Ю.М. Височанський, А.А. Горват, О.О. Грабар, О.О. Молнар, Ш.Б. Молнар, Ю.С. Наконечний, В.І. Феделеш, Твердотільна електроніка: Лабораторний практикум. Навчальний посібник. – Ужгород: ІВА, 2001. – 388с. <https://drive.google.com/file/d/0B58vUyqArFpxUUQxUXVueGctZnc/edit?usp=sharing>
29. А.А. Мячев, В.Н. Степанов, В.К. Щербо "Интерфейсы систем обработки данных", - Москва, "Радио и связь", 1989 г.
30. В.Н. Задков, Ю.В.Пономарев "Компьютер в эксперименте: архитектура и программные средства систем автоматизации", - Москва, "Наука", 1988 г.
31. Кузьмичев Д.А., Радкевич И.А., Смирнов А.Д. Автоматизация экспериментальных исследований. Москва, "Наука", 1983.
32. LabVIEW based Advanced Instrumentation Systems by S. Sumathi, P. Surekha, Springer, 2007, 747 pages.

Допоміжна література

1. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів : навч. посіб. / В.Г. Абакумов, З.Ю. Готра, С.М. Злепко, С.В. Павлов, В.Б. Василенко, О.І. Рибін; МОНМС України, Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця, 2011. - 351 с.

2. Жук М. І., Семенець В.В. Методи і алгоритми обробки та аналізу медико-біологічних сигналів. - Х.: ХНУРЕ, 2006. – 264с
3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Біотехнічні та медичні системи” для студентів спеціальностей: “Фізична та біомедична електроніка”, “Біотехнічні і медичні апарати та системи”/ Упоряд. О.М.Величко. – Харків: ХНУРЕ, 2004. – 59с
4. Olansen, Jon B. Virtual bio-instrumentation: biomedical, clinical, and healthcare applications in LabVIEW / Jon B. Olansen, Eric Rosow. // - Prentice Hall PTR. - 2002. - 606p.
5. FrancoSimini, PedroBertemes-Filho Bioimpedance in Biomedical Applications and Research. - Springer. - 2018. - 288p.
6. David S Holder Electrical Impedance Tomography: Methods, History and Applications. - IOP Publishing Ltd. - 2005. - 464p.
7. Valentina Emilia Balas, Brojo Kishore Mishra, Raghvendra Kumar. Handbook of Deep Learning in Biomedical Engineering: Techniques and Applications. - Elsevier Inc. - 2021. - 307p.
8. Joseph D. Bronzino. The Biomedical Engineering Handbook. Medical Devices and Systems. - CRC Press. - 2006. - 1404p.
9. Nilmini Wickramasinghe. Optimizing Health Monitoring Systems With Wireless Technology. - 2019. - 360p.
10. Arun Kumar Sangaiah, Subhas Mukhopadhyay. Intelligent IOT Systems in Personalized Health Care. - Elsevier. - 2021. - 348p.
11. Edward Sazonov. Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation and Applications. - Academic Press. - 2021. - 631p.
12. Gail Baura. Medical Device Technologies. A Systems Based Overview Using Engineering Standards. - Academic Press. - 2021. - 611p.
13. Sergio Cerutti, Carlo Marchesi, Advanced Methods of Biomedical Signal Processing. - IEEE Press Series in Biomedical Engineering. - 2011. - 585p.
14. Laurence Street. Introduction to Biomedical Engineering Technology. - CRC Press. - 2008. - 376p.
15. Claudio Becchetti, Alessandro Neri. Medical Instrument Design and Development: From Requirements to Market Placements. - John Wiley & Sons Ltd. - 2013. - 599p.
16. Myer Kutz. Biomedical Engineering and Design Handbook. Volume 1: Fundamentals. - McGraw-Hill. - 2009. - 686p.
17. Myer Kutz. BIOMEDICAL ENGINEERING AND DESIGN HANDBOOK. Volume 2: Applications. - McGraw-Hill. - 2009. - 816p.
18. Metin Akay. Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 6-Volume Set. - Wiley. - 2006. - 4152p.
19. Eugenijus Kaniusas. Biomedical Signals and Sensors I Linking Physiological Phenomena and Biosignals. - Springer. - 2012. - 312p.
20. Michel Jaffrin. Measurements of Body Composition by Bioimpedance. - Bookboon. - 2012. - 81p.
21. FrancoSimini· PedroBertemes-Filho, Bioimpedance in Biomedical Applications and Research. - Springer. - 2018. - 288p.
22. Mesut Sahin, Howard Fidel, Raquel Perez-Castillejos, Instrumentation Handbook for Biomedical Engineers. - CRC Press. - 2021. - 217p.
23. Richard C. Dorf, The Biomedical Engineering Handbook. Third Edition. Medical Devices and Systems. - CRC Press. - 2006. - 1404p.
24. Nilmini Wickramasinghe, Optimizing Health Monitoring Systems With Wireless Technology. - IGI Global. - 2021. - 360p.
25. Arun Kumar Sangaiah. Intelligent IoT Systems in Personalized Health care. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2021. - 348p.

26. Edward Sazonov, *Wearable Sensors Fundamentals, Implementation and Applications*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2021. - 631p.
27. Gail Baura. *Medical Device Technologies: A Systems Based Overview Using Engineering Standards*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2021. - 611p.
28. Shabbir Syed-Abdul. *Digital Health: Mobile and Wearable Devices for Participatory Health Applications*. - Elsevier. - 2021. - 219p.
29. Louis J. Catania. *Foundations of Artificial Intelligence in Healthcare and Bioscience*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2021. - 553p.
30. Muhammad Ali Imran. *Engineering and Technology for Healthcare*. - John Wiley & Sons Ltd. - 2021. - 225p.
31. Valentina Emilia Balas. *Handbook of Deep Learning in Biomedical Engineering: Techniques and Applications*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2021. - 308p.
32. Fadi Al-Turjman. *Wireless Medical Sensor Networks for IoT-based eHealth*. - The Institution of Engineering and Technology. - 2020. - 334p.
33. Alexandru Morega. *Computational Modeling in Biomedical Engineering and Medical Physics*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2021. - 315p.
34. Lei Xing. *Artificial Intelligence in Medicine Technical Basis and Clinical Applications*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2021. - 545p.
35. Susanne Manz. *Medical Device Quality Management Systems*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2019. - 296p.
36. Mustafa Kemal Sezg_Int€urk. *Commercial Biosensors and Their Applications: Clinical, Food, and Beyond*. - Elsevier. - 2020. - 365p.
37. Saeid Sanei, Delaram Jarchi, Anthony G. Constantinides. *Body Sensor Networking, Design and Algorithms*. -
38. wiley. - 2020. - 399p.
39. Bernard Fong, A.C.M. Fong, C.K. Li, *Telemedicine Technologies: Information Technologies in Medicine and Digital Health*. - Wiley. - 2020. - 309p.
40. Karm Veer Arya, Robin Singh Bhadoria, *The Biometric Computing Recognition and Registration*. - CRC Press. - 2020. - 305p.
41. Paul H. King, Richard C. Fries, Arthur T. Johnson, *Design of Biomedical Devices and Systems*. - CRC Press. - 2019. - 543p.
42. Hamida Hallil, Hadi Heidari, *Smart Sensors for Environmental and Medical Applications*. - Wiley. - 2020. - 231p.
43. Isar Mostafanezhad, *Medical and Biological Microwave Sensors and Systems*. - Cambridge UniversityPress. - 2018. - 284p.
44. Andrew G. Webb, *Principles of Biomedical Instrumentation*. - Cambridge UniversityPress. - 2018. - 344p.
45. Basant Agarwal, Valentina Emilia Balas, Lakhmi C. Jain, *Deep Learning Techniques for Biomedical and Health Informatics*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2020. - 352p.
46. Sudip Paul, Dinesh Bhatia, *Smart Healthcare for Disease Diagnosis and Prevention*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2020. - 254p.
47. Nilanjan Dey, Amira S. Ashour, Simon James Fong, *Sensors for Health Monitoring*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2019. - 306p.
48. Pantea Keikhosrokiani, *Perspectives in the Development of Mobile Medical Information Systems Life Cycle, Management, Methodological Approach and Application*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2020. - 269p.
49. Miltiadis D. Lytras, *Innovation in Health Informatics. A Smart Healthcare Primer*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2020. - 422p.
50. Nilanjan Dey, Amira S. Ashour, Simon James Fong, *Wearable and Implantable Medical Devices. Applications and Challenges*. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2020. - 267p.

51. David Dagan Feng, Biomedical Information Technology. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2020. - 795p.
52. Shashi Gogia, Fundamentals of Telemedicine and Telehealth. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2020. - 384p.
53. Ali A. Ensafi, Electrochemical Biosensors. - Elsevier. - 2019. - 375p.
54. Kunal Pal, Bioelectronics and Medical Devices. - Elsevier. - 2019. - 970p.
55. HEMANTH D. JUDE, Telemedicine Technologies Big Data, Deep Learning, Robotics, Mobile and Remote Applications for Global Healthcare. - Academic Press is an imprint of Elsevier. - 2019. - 246p.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. 3D Slicer - <https://www.slicer.org/>
2. PyPPM – A proton precession magnetometer - <http://geekysuavo.github.io/ppm/>
3. Open EIT – Electrical Impedance Tomography - <http://www.mindseyebiomedical.com/>
4. Open fMRI – Sharing brain MRI data - <http://www.openfmri.org/>

Результати перегляду

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри ___ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри ___ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри ___ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри ___ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)