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

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ

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

Освітня програма **Біомедична інженерія**
Спеціальність **163 Біомедична інженерія**
Викладач: **Павлов С. В.**, професор, д.т.н
Мови викладання: **українська**
Семестр – **3**
Кредитів ЄКТС– **3** кредити
Лекції – 36 год.
Практичні заняття – 18 год.
Самостійна робота – 36 год.
Вид контролю – диф. залік

Передумови для вивчення: дисципліна базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Анатомія та фізіологія людини». Ця дисципліна є передумовою і передує вивченню дисциплін «Біофізика».

Мета курсу вивчення студентами принципів, засобів та способів створення, аналізу, дослідження та застосування математичних моделей для вирішення прикладних задач біології та медицини.

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.
ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
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.
СК5. Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.
СК6. Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг.
Інтегральна компетнтність. 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.
ПРН 5. Вміти використовувати бази даних, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та комп’ютерного моделювання біотехнічних систем.
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.
ПРН 10. Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати медико-технічні та біоінженерні системи і процеси.
ПРН 19. Розробляти програмне забезпечення комп’ютерної та мікроконтролерної техніки для обслуговування медичної апаратури та медичних інформаційних систем.

Тематика курсу

Змістовий модуль 1. Принципи моделювання біологічних систем.

Тема 1. Основні поняття моделювання.

Поняття системи. Біологічні, медичні, ергатичні, біотехнічні системи. Поняття моделі. Принципи моделювання. Види моделей. Етапи моделювання. Фізичне моделювання. Імітаційне моделювання. Біологічне моделювання. Математичне моделювання. Класифікація математичних моделей. Засоби математичного моделювання. Ієрархія моделей. Моделювання статичних режимів. Моделювання динамічних систем. Моделювання стохастичних систем. Зворотний зв'язок. Диференційні рівняння як засіб моделювання. Способи рішень диференційних рівнянь. Дослідження математичних моделей. Математична біологія.

Тема 2. Аналіз моделей біологічних систем.

Стаціонарні стани моделей і систем. Стійкість рівноважного стану. Методи оцінки стійкості. Фазовий простір та фазова траєкторія. Метод ізоклін. Особливі точки та їх типи. Метод лінеаризації систем. Методологія аналізу властивостей біологічних систем. Методи теорії керування. Використання математичних методів аналізу. Моделювання ергатичних систем. Вирішення прикладних задач біології та медицини. Визначення взаємозв'язку. Діагностика. Контроль. Прогнозування. Керування.

Тема 3. Моделювання динаміки популяцій.

Історія популяційних досліджень. Форма і структура популяцій. Лінійне моделювання: модель Мальтуса. Ємність екологічної ніші. Нелінійне моделювання: модель Ферхюлста. Її інтерпретація та узагальнення. Оптимальний обсяг вилову риби. Дискретні моделі популяційної динаміки. Двохкомпонентна модель: рівняння Лотки-Вольтерри, їх дослідження та інтерпретація. Модель екологічної піраміди. Багатопараметричні моделі. Моделювання зв'язків у біоценозі. Моделювання демографічної динаміки у країні та у світі в цілому. Тригерні системи в біології.

Тема 4. Інформаційні процеси в біології та медицині.

Медична та біологічна інформатика. Біологічна та медична кібернетика. Аксіоматика інформаційних технологій. Сучасний стан розвитку інформаційних технологій в біології та медицині. Інформаційно-структурне моделювання. Інфотомування. Методи оцінювання в біології та медицині. Інформаційні технології синтезу моделей. Біологічні та медичні бази даних і знань. Штучний нейрон. Штучні нейронні мережі, їх класифікація. Принципи їх організації та функціонування. Застосування штучних нейронних мереж.

Змістовий модуль 2. Комп'ютерне моделювання лінійних і нелінійних систем в медицині.

Тема 5. Моделювання стохастичних процесів.

Випадкові процеси та способи їх опису. Стохастичні диференційні рівняння. Стохастичне числення. Існування та єдність розв'язку стохастичних диференційних рівнянь. Марківські процеси. Марківська властивість. Ланцюги Маркова та їх властивості. Рівняння Фоккера-Планка, його інтерпретація та застосування. Розподілвипадкової величини в біології та медицині. Нормальний розподіл. Розподіли Максвела і Больцмана. Математична статистика в біології та медицині. Оцінювання вибірки та генеральної сукупності. Обробка та аналіз первинних експериментальних даних. Перевірка гіпотез. Кореляція. Рівняння регресії. Метод найменших квадратів.

Тема 6. Фармакокінетика.

Математичне моделювання біохімічних процесів. Кінетика ферментативних процесів. Множинність стаціонарних станів. Коливальні процеси. Фармакокінетика і її етапи. Характеристика фармакокінетичних параметрів. Однокамерна та двокамерна фармакокінетичні моделі. Кількісні закони всмоктування та елімінації ліків. Рівноважна концентрація лікарського засобу. Моделювання реакції організму на повторну дію хімічних речовин. Самоорганізація в розподілених біологічнихсистемах.

Тема 7. Моделювання обмінних процесів в організмі людини.

Фізіологічні передумови моделювання. Алгоритми керування. Алгоритми зі зворотним зв'язком. Оптимальне програмне керування. Узагальнений критерій якості. Адаптивне керування. Моделі на основі клітинних автоматів. Підтримка гомеостазу на основі нечастих вимірювань. Моделювання метаболічних процесів. Моделювання імунних процесів. Моделювання кровообігу. Моделі внутрішніх органів людини. Моделювання розповсюдження захворювань в певних географічних межах.

Тема 8. Моделювання стану людини та соціальної взаємодії.

Специфіка моделювання складних систем. Структура моделі особистості. Моделі динаміки якостей особистості. Психофізіологічне моделювання особистості. Класичні моделі особистості. Психоаналіз. Модель Айзенка. Модель Кеттела. Модель Олдхема-Морріс. Вітчизнані моделі особистості. Прикладне застосування моделей особистості. Здоров'я як інтегральний критерій та його інформаційний простір. Індекс здоров'я. Модель фізичного статусу здоров'я. Модель психічного статусу здоров'я. Модель соціального статусу здоров'я. Піраміда Маслоу. Моделювання соціальних систем. Основи теорії ігор.

Практичні заняття

1. Способи побудови і розв'язання диференційних рівнянь.
2. Аналіз особливих точок. Використання методу ізоклін.
3. Застосування моделей Мальтуса, Ферхюлста, Лотки-Вольтерри.
4. Проектування штучної нейронної мережі.
5. Обробка результатів медико-біологічного експерименту.
6. Розрахунок параметрів фармакокінетичної моделі.
7. Аналіз моделі вуглеводного обміну в організмі людини.
8. Математична основа тестових методик. Побудова моделі особистості.

Індивідуальні завдання

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

Форми контролю:

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час виконання і захисту практичних робіт та індивідуальних завдань; підсумковий контроль – тестування, колоквіум, опитування, диференційний залік.

Оцінювання результатів навчання

Вид робіт	Модуль 1	Модуль 2
1. Виконання практичних робіт / 1 робота	16 / 4	16 / 4
2. Колоквіуми / 1 колоквіум	14 / 14	15 / 15
3. Виконання завдань з СРС	5	5
4. Активна робота на лекційних, практичних заняттях	2	2
Всього	37	38

Шкала підсумкового оцінювання оцінювання в балах та ЄКТС

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. Allman, E. S., Allman, E. S., & Rhodes, J. A. (2004). Mathematical models inbiology: an introduction. – Cambridge University Press.
2. Farkas, M. (2001). Dynamical models in biology. – Academic press.
3. Murray J.D. (2002). Mathematical Biology. – New York : Springer.
4. Metz, J. A., & Diekmann, O. (Eds.). (2014). The dynamics of physiologicallystructured populations. – Springer.
5. Müller, B., Reinhardt, J., & Strickland, M. T. (2012). Neural networks: an introduction. – Springer Science & Business Media.
6. Keener, J. P., & Sneyd, J. (1998). Mathematical physiology (Vol. 1). – NewYork : Springer.
7. Strogatz, S. H. (2015). Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering. – CRC Press.
8. Інформаційні технології в біології та медицині : навчальний посібник /В. І. Гриценко, А. Б. Котова, М. І. Вовк [та ін.]. – К. : Наукова думка, 2007. – 383 с.
9. Беспалова С. В. Математичні моделі біологічних процесів : навчальний посібник / С. В. Беспалова, О. А. Гусєв. – Донецьк : ДонНУ, 2012. – 152 с.
10. Ляшенко І. М. Моделювання біологічних та екологічних процесів : навчальний посібник / І. М. Ляшенко, А. П. Мукоєд. – К. : Київський ун-т, 2002. – 340 с.
11. Шмараков І. О. Біоінформатика : навчально-методичний посібник /І. О. Шмараков, М. М. Марченко. – Чернівці : Рута, 2008. – 76 с.
12. Mathematical modelling in medicine / eds.: Ottesen, J. T., Danielsen, M. – Amsterdam : IOS Press, 2000. – 244 p.
13. Mazumdar, J. (1999). An introduction to mathematical physiology and biology. Cambridge University Press.
14. Iannelli, M., Martcheva, M., & Milner, F. A. (2005). Gender-structured population modeling: Mathematical methods. Numerics, and Simulations. – Philadelphia : SIAM.
15. Лобанов, А. И. Математическое моделирование нелинейных процессов : учебник для академического бакалавриата / А. И. Лобанов, И. Б. Петров. — Москва :Издательство Юрайт, 2018. — 255 с.

16. Математичне моделювання живих систем: навчальний посібник / під. заг. ред. О. Е. Соловйової. - Київ: Вид-во Київ, 2013. - 328 с.

17. Доценко В. І. Медична інформатика : навчальний посібник / В. І. Доценко, О. В. Сілкова. – Полтава : УМСА, 2005. – 164 с.

18. Методичні рекомендації зі спецкурсу «Методи біофізичних досліджень» / уклад. С. В. Храпатий. – К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2013. – 112 с.

19. Урванцева Г. А. Методи аналізу живих систем [Електронний ресурс]/Г. А. Урванцева, Є. Л. Грачова. – Київ: КДУ, 2013. – Режим доступу: https://books.google.com.ua/books?id=uOikCwAAQBAJ.