

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Кафедра фізіології людини і тварин

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної і навчальної роботи та інструкції
проф. Гаврилюк С. В.

Протокол № 2

від 16.10. 2019 р.

ПРОГРАМА
нормативної навчальної дисципліни
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ
підготовки магістра
галузі знань 09 «Біологія»
спеціальності 091 «Біологія»
освітньо-професійні програми:
«Біологія», «Лабораторна діагностика», «Мікробіологія»

Луцьк – 2019

Програма навчальної дисципліни «МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ» підготовки магістра, галузі знань 09 «Біологія», спеціальності 091 «Біологія» - 10 с.

Розробник: Кузнєцов І.П., кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин.



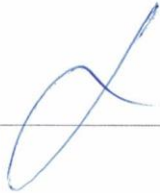
Рецензент: Степанюк Я.В., к.б.н., доцент кафедри зоології



Програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри фізіології людини і тварин.

протокол № 1 від 5 вересня 2019 р.

Завідувач кафедри: _____ (проф. Моренко А.Г.)



Програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною комісією біологічного факультету.

протокол № 1 від 11 вересня 2019 р.

Голова науково-методичної

комісії факультету



(доц. Дмитроца О. Р.)

Програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною радою Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Для студентів денної форми навчання галузі знань 09 «Біологія», спеціальності 091 «Біологія»

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни
Денна форма навчання	0401 «Природничі науки», 8.04010201 «Біологія» «Магістр»	Нормативна
Кількість годин/кредитів 150/5		Рік навчання 2-й
		Семестр 3-ий
ІНДЗ: <u>немає</u>		Лекції 28 год.
		Лабораторні 20 год.
		Самостійна робота 92 год.
		Консультації 10 год.
	Форма контролю: залік	

Для студентів заочної форми навчання галузі знань 09 «Біологія», спеціальності 091 «Біологія»

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни
Денна форма навчання	0401 «Природничі науки», 8.04010201 «Біологія» «Магістр»	Нормативна
Кількість годин/кредитів 150/5		Рік навчання 2-й
		Семестр 3-ий
ІНДЗ: <u>немає</u>		Лекції 14 год.
		Лабораторні 10 год.
		Самостійна робота 108 год.
		Консультації 18 год.
	Форма контролю: залік	

2. АНОТАЦІЯ КУРСУ

Мета курсу: Сформувати у студентів уявлення про моделювання функцій біологічних систем в нормі та патології за допомогою сучасних математичних методів.

Завдання курсу: запропонувати систему сучасних уявлень, принципів, підходів у математиці та її розділів – математичної статистики, теорії машинного навчання, теорії марківських процесів та ін., які допоможуть

студентам систематизувати знання з проблем організації та функціонування живих систем.

3. КОМПЕТЕНЦІЇ

Студент повинен вміти володіти сучасними уявленнями про основні математичні підходи та методи моделювання біологічних явищ і систем в нормі та патології. Використовувати методи математичного моделювання до аналізу об'єктів, предметів та явищ, що досліджуються. **Повинен знати** основні загальні принципи моделювання, сучасні програмні засоби для математичного моделювання. Розуміти, як проводиться системний аналіз, вміти виділяти основні компоненти системи, зв'язки між ними. Ознайомитись з прикладними аспектами математичного моделювання.

4. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Структура навчальної дисципліни

Для студентів денної форми навчання галузі знань 09 «Біологія», спеціальності 091 «Біологія»

Назви змістових модулів і тем	Усього	Кількість годин, відведених на			
		Лекції	Лаб.	Самост.	Консульт.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Основні поняття та концепції математичного моделювання у біології					
Тема 1. Вступ до математичного моделювання. Історія математичного моделювання в біології, зв'язок математичного моделювання із іншими науками.	22	4	2	16	
Тема 2. Теорія систем. Поняття системи. Класифікація систем. Системний аналіз.	16	2	2	10	2
Тема 3. Основні принципи математичного моделювання, поняття математичної моделі.	18	4	2	12	
Разом за змістовим модулем 1	56	10	6	38	2
Змістовий модуль 2. Динамічні та емпіричні моделі біологічних явищ.					
Тема 4. Динамічні моделі. Диференційне числення. Звичайні диференційні рівняння.	16	4	2	8	2
Тема 5. Емпіричні моделі. Математична статистика.	12	2	2	8	
Разом за змістовим модулем 2	28	6	4	16	2
Змістовий модуль 3. Використання методів машинного навчання у моделюванні біологічних процесів.					
Тема 6. Машинне навчання I. Нейронні мережі, дискримінантний аналіз, баєсові моделі.	14	4	2	8	
Тема 7. Машинне навчання II. Деревя	14	2	2	8	2

прийнятті рішень, машини опорних векторів, метод k-найближчих сусідів. Кластерний аналіз – метод k-середніх.					
Разом за змістовим модулем 3	28	6	4	16	2
Змістовий модуль 4. Агент-орієнтовні моделі. Моделювання станів біологічних систем.					
Тема 8. Клітинні автомати. Агент-орієнтовні моделі.	18	2	2	12	2
Тема 9. Випадкові блукання. Моделі біологічних явищ на основі випадкових блукань.	8	2	2	4	
Тема 10. Марківські ланцюги, їх використання у математичному моделюванні біологічних явищ.	12	2	2	6	2
Разом за змістовим модулем 4	38	6	6	22	4
Усього годин	150	28	20	92	10

Для студентів заочної форми навчання галузі знань 09 «Біологія», спеціальності 091 «Біологія»

Назви змістових модулів і тем	Усього	Кількість годин, відведених на			
		Лекції	Лаб.	Самост.	Консульт.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Основні поняття та концепції математичного моделювання у біології					
Тема 1. Вступ до математичного моделювання. Історія математичного моделювання в біології, зв'язок математичного моделювання із іншими науками.	22	2		20	
Тема 2. Теорія систем. Поняття системи. Класифікація систем. Системний аналіз.	12			10	2
Тема 3. Основні принципи математичного моделювання, поняття математичної моделі.	14	2	2	8	2
Разом за змістовим модулем 1	48	4	2	38	4
Змістовий модуль 2. Динамічні та емпіричні моделі біологічних явищ.					
Тема 4. Динамічні моделі. Диференційне числення. Звичайні диференційні рівняння.	16	2		10	4
Тема 5. Емпіричні моделі. Математична статистика.	16	2	2	10	2
Разом за змістовим модулем 2	32	4	2	20	6
Змістовий модуль 3. Використання методів машинного навчання у моделюванні біологічних процесів.					
Тема 6. Машинне навчання I. Нейронні мережі, дискримінантний аналіз, баєсові моделі.	17	1	2	12	2
Тема 7. Машинне навчання II. Древа прийнятті рішень, машини опорних векторів, метод k-найближчих сусідів. Кластерний аналіз – метод k-середніх.	15	1	2	10	2
Разом за змістовим модулем 3	32	2	4	22	4
Змістовий модуль 4. Агент-орієнтовні моделі. Моделювання станів біологічних систем.					
Тема 8. Клітинні автомати. Агент-орієнтовні моделі.	16	2	2	10	2
Тема 9. Випадкові блукання. Моделі біологічних явищ на основі випадкових блукань.	6			6	

Тема 10. Марківські ланцюги, їх використання у математичному моделюванні біологічних явищ.	16	2		12	2
Разом за змістовим модулем 4	38	4	2	28	4
Усього годин	150	14	10	108	18

5. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Типи моделей біологічних явищ.
2. Приклади моделювання біологічних функцій за допомогою диференціальних рівнянь.
3. Базові принципи розв'язання диференціальних рівнянь, що описують біологічні явища.
4. Приклади системного аналізу біологічних функцій.
5. Емпіричні (статистичні) моделі біологічних функцій.
6. Застосування марківських ланцюгів до вивчення біологічних процесів.
7. Застосування нейронних мереж та глибокого навчання до вивчення біологічних функцій.
8. Приклади використання клітинних автоматів у біологічних дослідженнях та медицині.
9. Використання методу випадкових блукань для моделювання біологічних процесів.
10. Математичне моделювання еволюційних процесів.

6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Вивчення окремих питань, які не розглядаються в курсі лекцій за даними темами :

Теорія ігор, її застосування у моделюванні біологічних явищ (16 годин).

1. Математична логіка як теоретична основа електронно-обчислювальної техніки (8 годин).
2. Цифрова обробка сигналів, її застосування у біологічних та медичних дослідженнях (8 годин).
3. Теорія масового обслуговування, математичні моделі біологічних явищ на основі теорії масового обслуговування (8 годин).
4. Моделювання структурними рівняннями в біології (8 годин).
5. Теорія категорій та її застосування у моделюванні біологічних процесів (6 годин).
6. Теорія категорій та її застосування для моделювання еволюційних процесів (4 години).
7. Теорія графів, її застосування у моделюванні властивостей біологічних систем (6 годин).
8. Асоціативне навчання. Використання асоціативного навчання для моделювання поведінкових процесів у біологічних організмах (4 години).
9. Онлайн-системи машинного навчання (8 годин).

10. Використання математичних моделей біологічних явищ у техніці (8 годин).

7. РОЗПОДІЛ БАЛІВ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Дисципліна складається з чотирьох змістових модулів та її вивчення не передбачає виконання ІНДЗ. У цьому випадку підсумкова оцінка за 100-бальною шкалою складається із сумарної кількості балів за:

1. поточне оцінювання з відповідних тем (максимум 40 балів);
2. модульні контрольні роботи (максимум 60 балів).

Для студентів денної форми навчання галузі знань 09 «Біологія», спеціальності 091 «Біологія»

Модуль 1 Поточний контроль знань														Сума	
Усні відповіді	Контрольні роботи				Лабораторні роботи										100
20	60				20										
	T1	T2	T3	T4	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7	Л8	Л9	Л10	
	15	15	15	15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Для студентів заочної форми навчання галузі знань 09 «Біологія», спеціальності 091 «Біологія»

Модуль 1										Сума
Поточний контроль знань										100
Усні відповіді	Контрольні роботи				Лабораторні роботи					
20	60				20					
	T1	T2	T3	T4	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	
	15	15	15	15	4	4	4	4	4	

Шкала оцінювання

Оцінка в балах за всі види навчальної діяльності	Оцінка
	для екзамєну
90 – 100	Відмінно
82 – 89	Дуже добре
75 - 81	Добре
67 -74	Задовільно
60 - 66	Достатньо
1 – 59	Незадовільно

11.РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Биологическая кибернетика / [под ред. А.Б. Когана]. – М.: Высшая школа, 1986. – С. 4–67.
2. Коган А.Б. Биологическая кибернетика / А.Б. Коган. – М.: Высшая школа, 1977. – 508 с.

3. Минцер О.П. Биологическая и медицинская кибернетика (Справочник) / О.П. Минцер и др. – К.: Наукова думка, 1986.–С. 15–21.
4. Пятницын Б.Н. Некоторые проблемы моделирования в теории и эксперименте биологии // Биология и современное научное познание / Б.Н. Пятницын, И.Н. Пятницына. – М.: Наука, 1980. – С. 55–75.
5. Гродзинский Д.М. О возможных подходах в математическом моделировании физиологических и биохимических процессов // Математические методы в биологии / Д.М. Гродзинский. – К.: Наукова думка, 1983. – С. 36–46.
6. Исаева В.В. Синергетика для биологов: вводный курс / В.В. Исаева. – М., Наука, 2005. – 158 с.
7. Хакен Г. Синергетика / Герман Хакен. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
8. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Бенуа Мандельброт. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 655 с.
9. Арнольд В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. – М.: Наука, 2000. – 128 с.
10. Тоффоли Т. Машины клеточных автоматов / Т. Тоффоли, Н. Марголус. – М.: Мир, 1991. – 280 с.
11. Каретин Ю.А. Синергетика. Курс лекций для биологов / Ю.А. Каретин. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2003. – 155 с.
12. Хакен Г. Тайны восприятия / Герман Хакен. – Москва: Институт компьютерных исследований, 2002. – 272 с.
13. Фомин С.В. Математические проблемы в биологии / С.В. Фомин, М.Б. Беркинблит. – М.:Наука, 1973. – С. 7–21.
14. Хакен Г. Информация и самоорганизация / Герман Хакен. – М.: Мир. 1991. – 240 с.
15. Николис Д. Динамика иерархических систем / Д. Николис. – М.: Мир. 1989. – 488 с.
16. Гроссман С. Математика для биологов / С. Гроссман, Д. Тернер. – М.: Высш. школа, 1983. — 383 с.
17. Бейли Н. Математика в биологии и медицине / Н. Бейли. – М.: Мир, 1970. – 327 с.
18. Мельников В.Г. Медицинская кибернетика / В.Г. Мельников. – Харьков: Вища школа, 1978. – 65 с.
19. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели / И.В. Заенцев. – Воронеж: ВГУ, 1999. – 78 с.
20. Ф. Уоссермен. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика / Уоссермен Ф. – М.: МГУ, 1992. – 187 с.

Додаткова література

1. Нормальная физиология / [под ред. А.В.Коробкова]. – М.: Высш. шк., 1980. –560 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных. Книга 2. Физиология висцеральных систем / [под ред. А.С. Ноздрачева]. – М. Высш. шк., 1991.

3. Судаков К.В. Функциональные системы организма / Константин Викторович Судаков. – М.: Медицина, 1987. –432 с.
4. Чувин Б.Т. Физиологическая регуляция функций организма человека / Б.Т. Чувин. – М.: ВЛАДОС, 2003.–176 с.
5. Физиология человека / [под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса]. – М.: Мир, 2005. – Т. 1. – 323 с.; Т.2. – 314 с.; Т.3. – 228 с.
6. Гіттік Л.С. Вступ до загальної фізіології людини і тварин / Леонід Самійлович Гіттік. – [навч. посібник]. – Луцьк: Вежа, 2000. –100 с.
7. Хакен Г. Принципы работы головного мозга / Герман Хакен. – М.: ПЕР СЭ, 2001 – 351 с.

9. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Іспит проводиться в усній формі. Запропоновані теоретичні питання охоплюють усі теми теми курсу

1. Предмет математичного моделювання.
2. Основні поняття математичного моделювання в біології.
3. Історія розвитку математичного моделювання.
4. Сучасний стан методів математичного моделювання в біології.
5. Програмні засоби математичного моделювання в біології.
6. Визначення поняття системи.
7. Властивості систем.
8. Типи систем.
9. Біологічні системи.
10. Системний аналіз 1. Виділення компонентів системи.
11. Системний аналіз 2. Зв'язки між компонентами системи.
12. Системний аналіз 3. Зв'язки системи із зовнішнім середовищем.
13. Визначення мети математичного моделювання.
14. Основні вимоги до математичного моделювання.
15. Особливості моделювання біологічних явищ.
16. Поняття математичної моделі.
17. Прямі та зворотні класи завдань, пов'язані із моделями.
18. Класифікація математичних моделей.
19. Етапи створення математичної моделі.
20. Приклади моделей біологічних явищ.
21. Історія виникнення диференційного числення.
22. Звичайні диференційні рівняння.
23. Визначення динаміки системи. Рівноважні стани.
24. Моделювання біохімічних процесів за допомогою диференційних рівнянь.
25. Моделювання популяційних процесів за допомогою диференційних рівнянь.
26. Типові динамічні моделі в біології. Модель Лоткі-Вольтерра.
27. Поняття емпіричної моделі.

28. Типи статистичних розподілів. Біологічні процеси, які характеризуються різними розподілами ймовірностей.
29. Центральна гранична теорема, закон великих чисел.
30. Поняття регресії.
31. Лінійна регресія. Моделювання біологічних явищ за допомогою лінійної регресії.
32. Нелінійна регресія. Моделювання біологічних явищ за допомогою нелінійної регресії.
33. Програмні засоби для створення емпіричних моделей.
34. Поняття машинного навчання.
35. Програмне забезпечення з машинного навчання.
36. Лінійний дискримінантний аналіз – концепція, застосування.
37. Штучні нейронні сітки, будова, класифікація. Нейронний газ.
38. Концепція глибоких нейронних сіток.
39. Теорема Байєса.
40. Прості байєсові моделі.
41. Складні байєсові моделі.
42. Регресійний аналіз біологічних даних на основі нейронних сіток, лінійного дискримінантного аналізу, баєсових моделей.
43. Класифікація біологічних даних на основі нейронних сіток, лінійного дискримінантного аналізу, баєсових моделей.
44. Дерева прийняття рішень – концепція, застосування.
45. Типи дерев прийняття рішень. Випадковий ліс.
46. Застосування дерев прийняття рішень для завдань класифікації та регресійного аналізу біологічних даних.
47. Концепція машин опорних векторів, застосування для завдань регресійного аналізу та класифікації біологічних даних.
48. Метод k-найближчих сусідів, застосування для завдань класифікації біологічних даних.
49. Метод k-середніх, застосування для завдань класифікації біологічних даних.
50. Історія розвитку теорії клітинних автоматів.
51. Типи клітинних автоматів. Основні властивості.
52. Поняття про агент-орієнтовні моделі.
53. Програмне забезпечення для створення моделей на основі клітинних автоматів.
54. Моделювання морфогенезу та популяційних процесів за допомогою клітинних автоматів.
55. Концепція випадкових блукань.
56. Типи випадкових блукань, основні властивості.
57. Випадкові блукання із запам'ятовуванням попереднього стану (еволюційні), основні властивості.
58. Випадкові блукання без запам'ятовування попереднього стану, основні властивості.

- 59. Використання випадкових блукань для моделювання біологічних явищ.
- 60. Візуалізація даних, отриманих на основі випадкових блукань.
- 61. Марківські ланцюги, основні поняття.
- 62. Приховані марківські моделі.
- 63. Марківські моделі та теорія інформації.
- 64. Застосування марківських моделей у біоінформатиці.
- 65. Застосування марківських моделей у інших галузях біології.
- 66. Програмне забезпечення для розробки марківських моделей.