

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет біології та лісового господарства
Кафедра фізіології людини і тварин

СИЛАБУС
Нормативного освітнього компонента

БІОМЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА

Підготовки бакалавра на базі диплома молодшого спеціаліста
Спеціальності 091 Біологія
освітньо-професійної програми (спеціалізації)
«Лабораторна діагностика»

Луцьк – 2022

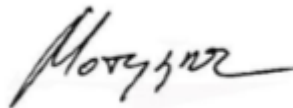
Силабус навчальної дисципліни «Біомедична інформатика» підготовки бакалавра на основі диплома молодшого спеціаліста, галузі знань 09 Біологія, спеціальності 091 «Біологія», за освітньою програмою «Лабораторна діагностика».

Розробник:

Кузнєцов Ілля Павлович, кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Погоджено

Гарант освітньо-професійної програми



Мотузюк О. П.

Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри фізіології людини і тварин

протокол № 1 від 31.08. 2022 р.

Завідувач кафедри:



Качинська Т. В.

© Кузнєцов І. П. 2022 р.

I. ОПИС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА

Для студентів денної форми навчання галузі знань 09 «Біологія», напрям підготовки 091 «Біологія» на базі загальної середньої освіти або молодшого спеціаліста

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни
Денна форма навчання на базі диплома м.с.	09 «Природничі науки», 091 «Біологія» «Бакалавр»	Нормативна
Кількість годин/кредитів 90/3		Рік навчання 1-й
		Семестр 1-ий
ІНДЗ: <u>немає</u>		Лекції 30 год.
		Практичні 24 год.
		Самостійна робота 30 год.
		Консультації 6 год.
	Форма контролю: Екзамен	
Мова навчання: українська		

II. Інформація про викладача

ІІІ: Кузнєцов Ілля Павлович,

Науковий ступінь: кандидат біологічних наук

Вчене звання: доцент

Посада: доцент кафедри фізіології людини і тварин

Контактна інформація викладача:

Номер мобільного зв'язку: 0956314835

e-mail: Kuznetsov.Ilya@eenu.edu.ua

Дні занять розміщено на сайті навчального відділу СНУ: <http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n=700>

III. Опис освітнього компонента:

1. Анотація курсу. Вивчення дисципліни дозволяє формувати у студентів сучасні уявлення про обчислювальну структуру обробки біологічної та медичної інформації, уявлення про принципи обчислювальної науки та математичного моделювання, які використовуються для створення таких структур.

2. Пререквізити: Основи вищої математики, математичні методи в біології, інформаційні технології в біології, фізика, фізіологія людини і тварин, молекулярна біологія.

3. Мета і завдання освітнього компонента: запропонувати систему сучасних понять, методів принципів, закономірностей обчислювальної науки та її галузей – біологічної, фізіологічної, медичної інформатики та нейрокібернетики, які допоможуть студентам систематизувати знання з проблем організації та функціонування систем біологічних та медичних даних, інформаційних процесів та управління ними.

4. Результати навчання (компетентності)

До кінця навчання студенти будуть володіти наступними компетентностями:

Загальні компетентності

ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 5. Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово

Фахові компетентності

ФК 01. Здатність застосовувати знання та вміння з математики, фізики, хімії та інших суміжних наук для вирішення конкретних біологічних завдань.

ФК 05. Здатність до критичного осмислення новітніх розробок у галузі біології і професійній діяльності.

ФК 09. Здатність аналізувати результати взаємодії біологічних систем різних рівнів організації, їхньої ролі у біосфері та можливості використання у різних галузях господарства, біотехнологіях, медицині та охороні навколишнього середовища.

ФК 11. Здатність здійснювати безпечну професійну практичну діяльність згідно з протоколами, рекомендаціями щодо безпеки та діючим законодавством.

ФК 13. Здатність застосовувати сучасні методи роботи в біологічних лабораторіях з відповідною апаратурою, вимірювальними приладами, лабораторним посудом, інструментарієм тощо для одержання необхідних аналізів.

Програмні результати навчання:

ПРН 02. Застосовувати сучасні інформаційні технології, програмні засоби та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення професійної діяльності.

ПРН 5. Демонструвати навички оцінювання непередбачуваних біологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення

ПРН 14. Аналізувати взаємодії живих організмів різних рівнів філогенетичної спорідненості між собою, особливості впливу різних чинників на живі організми та оцінювати їхню роль у біосферних процесах трансформації речовин і енергії.

ПРН 20. Аргументувати вибір методів, алгоритмів планування та проведення польових, лабораторних, клініко-лабораторних досліджень, у т.ч. математичних методів та програмного забезпечення для проведення досліджень, обробки та представлення результатів.

5. Структура освітнього компонента

Назви змістових модулів і тем	Усього	Кількість годин, відведених на				Форма контр./ Бали
		Лекції	Практ.	Самост. робота	Конс.	
1	2	3	4	5	6	
Змістовий модуль 1. Вступ до обчислювальної науки. Історія, основні поняття та галузі обчислювальної науки.						
Тема 1. Вступ до обчислювальної науки. Сучасні мови програмування та засоби обробки біомедичної інформації.	6	2	2	2		УО, ДС ВПЗ/2
Тема 2. Поняття інформації. Основи теорії інформації.	6	2	2		2	УО, ДС ВПЗ /4
Тема 3. Основи теорія передачі сигналів. Поняття коду, типи кодів. Коди в біологічних системах.	6	2	2	2		УО, ДС ВПЗ /2
Тема 4. Теорія систем. Поняття системи. Класифікації систем.	2	2				
Тема 5. Теорія алгоритмів. Теорема Геделя. Теорія автоматів. Клітинні автомати.	4	2	2			УО, ДС ВПЗ /4
Тема 6. Теорія дослідження операцій. Теорія розпізнання образів. Теорія управління. Теорія оптимального керування.	2			2		
Разом за змістовим модулем 1	26	10	8	6	2	12
Змістовий модуль 2. Бази даних, їх використання у біології та медицині.						
Тема 7. Формати зберігання даних.	8	2	4		2	УО, ДС ВПЗ /4
Тема 8. Реляційні бази даних.	6	2	2	2		УО, ДС ВПЗ /6
Тема 9. Документні та графові бази даних.	6	2		4		
Разом за змістовим модулем 2	20	6	6	6	2	10
Змістовий модуль 3. Нейрокібернетика. Нейроінформатика. Формальний нейрон, штучні нейронні мережі.						
Тема 10. Штучний (формальний) нейрон. Штучні нейронні мережі.	8	2	2	2	2	УО, ДС ВПЗ /4
Тема 11. Перцептрон. Типи перцептронів. Застосування перцептронів у вирішенні практичних завдань. Глибокі мережі.	6	2	2	2		УО, ДС ВПЗ /4
Тема 12. Нейрокібернетика. Нейроінформатика. Інтерфейс	6	2	2	2		УО, ДС ВПЗ /2

«мозок-комп'ютер».						
Разом за змістовим модулем 3	20	6	6	6	2	10
Змістовий модуль 4. Явища самоорганізації в складних системах, відстеження та управління в системах, що самоорганізуються.						
Тема 13. Синергетика. Основні поняття синергетики, історія виникнення. Поняття динамічного хаосу. Поняття атрактора.	6	2	2	2		УО, ДС ВПЗ /4
Тема 14. Основні характеристики атракторів. Кореляційна розмірність, експонента Ляпунова, теорема Такенса.	8	2	2	4		УО, ДС ВПЗ /4
Тема 15. Парадигми синергетики, сучасний стан теорії хаосу.	4	2		2		
Тема 16. Теорія катастроф.	2			2		
Тема 17. Фрактали. Фрактальна розмірність. Фрактальна структура живих систем.	4	2		2		
Разом за змістовим модулем 4	24	8	4	12	0	8
Види підсумкових робіт						Бали
Модульна контрольна робота за змістовим модулем 1 (тести)						15
Модульна контрольна робота за змістовим модулем 2 (тести)						15
Модульна контрольна робота за змістовим модулем 3 (тести)						15
Модульна контрольна робота за змістовим модулем 4 (тести)						15
Усього	90	30	24	30	6	100

ВПЗ – Виконання практичного завдання, УО – усне опитування, ДС - дискусія

6. Завдання для самостійного опрацювання

Самостійна робота передбачає таку роботу, яка виконується без безпосередньої участі викладача, але за його завданням, при цьому студенти свідомо прагнуть досягти поставленої мети, вживаючи свої зусилля і виражаючи в тій чи іншій формі результат розумових дій. У самостійній роботі із курсу «Біомедична інформатика» застосовуються різні види діяльності, за допомогою яких студенти самостійно здобувають знання, вміння і навички.

Самостійна робота студентів із курсу «Біомедична інформатика» включає вивчення основних питань обробки інформації, організації баз даних та хмарних сховищ дани, хмарних сервісів, організацію медичних інформаційних, аналітичних, діагностичних систем, основи архітектури програмного забезпечення.

Теми для самостійного опрацювання:

1. Інформаційні процеси між різними рівнями організації життя.
2. Біокібернетика в інженерії.
3. Біокібернетика в медицині.
4. Нерівномірні коди в природі.
5. Рівномірні коди в природі.
6. Закон необхідності різноманітності.
7. Гомеостаз з точку зору теорії інформації.
8. Інформаційні зв'язки усередині організму.
9. Застосування теорії автоматів у практичній діяльності.
10. Біологічний прототип штучного нейрона.

11. Моделювання формальних логічних функцій в штучних нейронних мережах.
12. Відмінності між біологічним і штучним нейроном.
13. Принципові обмеження перцептронів у виконанні логічних операцій.
14. Перервана рівновага, закон степеневого розподілу ймовірностей.
15. Теорія біфуркацій.
16. Галузі біоніки.
17. Інтерфейс мозок-комп'ютер.
18. БОС у медицині та психології.
19. Нейрокібернетика. Використання досягнень нейрокібернетики у медицині.

IV. Політика оцінювання

Політика викладача щодо студента полягає в послідовному та цілеспрямованому здійсненні навчального процесу на засадах прозорості, доступності, наукової обґрунтованості, методичної доцільності та відповідальності учасників освітнього процесу. Вивчення дисципліни передбачає постійну роботу студентів на кожному занятті. Середовище під час проведення лекційних та практичних робіт є творчим, дружнім, відкритим для конструктивної критики та дискусії.

При вивченні дисципліни студент мусить дотримуватися таких правил:

1. Не спізнюватися на заняття; перед початком заняття вимкнути звук засобів зв'язку (мобільний телефон, смарт-годинник тощо).
2. Не пропускати заняття без поважної причини, у разі відсутності прошу попередити та опрацювати матеріал самостійно.
3. Здійснювати попередню підготовку до лекційних та практичних занять згідно з переліком рекомендованої літератури.
4. Згідно з календарним графіком навчального процесу здавати всі види контролю.
5. Брати активну участь в навчальному процесі.
6. Бути терпимими, відвертими і доброзичливими до однокурсників та викладачів, а також відкритими до конструктивної критики.
7. У процесі навчання дотримуватись принципів академічної доброчесності.

Поточний контроль здійснюється на кожному практичному занятті відповідно до його конкретних цілей. На всіх практичних заняттях застосовуються види стандартизованого контролю теоретичної підготовки та контроль засвоєння практичних навичок: виконання практичних завдань, включаючи компетентнісно-орієнтовані, вирішення задач, тестовий контроль, усне опитування, письмова відповідь на запитання викладача. Студенти отримують оцінку за кожне практичне заняття, яка є комплексною та включає контроль як теоретичної, так практичної підготовки студента. Самостійна робота студентів, яка передбачена в темі поряд з аудиторною роботою, оцінюється під час поточного контролю теми на відповідному занятті. На кожному практичному занятті студент за виконання навчальних завдань може заробити бали (від 1 до 4 на денній формі навчання), максимально за усі практичні заняття студент може отримати 40 балів. Оцінка, яка виставляється за практичне заняття, складається з таких елементів: знання теоретичного матеріалу з теми; вміння студента демонструвати практичні навички з дисципліни; своєчасне виконання практичних завдань з теми.

Самостійна робота включає в себе теоретичне вивчення питань, що стосується тем лекційних занять, які не ввійшли в теоретичний курс, або ж були розглянуті коротко. Завдання для самостійного опрацювання входять в структуру практичних занять та оцінюються в процесі лабораторних занять при виконанні навчальних завдань.

Формою проміжного контролю знань студентів за модуль є *модульні контрольні роботи* (МКР). МКР пишеться по завершенню вивчення всіх тем з модуля, на останньому

занятті модуля. Формою проведення МКР є тестування. За один МКР студент може отримати максимально 15 балів на денній формі навчання.

Підсумкова модульна оцінка визначається в балах як сума поточної та контрольної модульних оцінок. Якщо сума підсумкових модульних оцінок становить не менше 60 балів, то за згодою студента, вона може бути зарахована як підсумкова оцінка з навчальної дисципліни.

Студенти повинні здійснювати попередню підготовку до практичних занять згідно з переліком рекомендованих джерел. До початку курсу необхідно встановити на мобільні пристрої або ноутбуки застосунки Microsoft Office 365 (Teams, Forms, One Note) для проходження тестування та роботи з доступними матеріалами курсу. Вхід для активації облікового запису відбувається через корпоративну пошту з доменом – @vnu.edu.ua. Корпоративна пошта з паролем видається методистом деканату.

У випадку якщо здобувач освіти отримав знання у неформальній та інформальній освіті зарахування результатів навчання здійснюється згідно «ПОЛОЖЕННЯ про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки [1_Визнання_резул_татів_ВНУ_ім._Л.У._2_ред.pdf \(vnu.edu.ua\)](#) зокрема, якщо їх тематика відповідає змісту навчальної дисципліни (окремій темі або змістовому модулю).

В неформальній освіті:

- закінчення професійних курсів, семінарів або тренінгів, тематика яких відповідає змісту навчальної дисципліни (окремій темі або змістовому модулю), дозволяє набрати студенту 10 балів;

- підготовка конкурсної наукової роботи з біології - 10 балів;

- призове місце на Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт: на I-у етапі - 10 балів, на II етапів - 20 балів.

Рекомендовані платформи для проходження навчання у неформальній освіті:

Центр Громадського здоров'я МОЗ України <https://portal.phc.org.ua/en/>

Prometheus + <https://prometheus.org.ua/>

Всеосвіта <https://vseosvita.ua/webinar>

UNICEF Ukraine <https://www.unicef.org/ukraine/>

Платформа онлайн-навчання Coursera (за наявності українського перекладу курсу) <https://coursera.org>

Консультації, індивідуальні завдання з навчальної дисципліни бакалаври можуть отримати щопонеділка з 15.00 до 17.00 год.

Політика академічної доброчесності. Студенту необхідно дотримуватися морально-етичних правил: не пропускати аудиторних занять (у разі пропуску – причину підтвердити документально) не привласнювати чужу інтелектуальну працю; у разі цитування наукових праць, методичних розробок, результатів досліджень, таблиць, та ін., необхідно вказувати посилання на першоджерело. У творчих, дослідницьких, методичних роботах, при виконанні самостійної роботи, слід аргументовано доводити і висловлювати власну думку, спираючись на знання та уміння, здобуті у процесі навчання у ЗВО.

Політика щодо дедлайнів та перескладання. Студент має дотримуватися термінів здачі завдань. Структура програми освітнього компонента розрахована таким чином, що студент має можливість здати завдання протягом 2 тижнів після зазначеної в розкладі дати проведення практичного заняття. У разі, якщо студент пропустив заняття з поважної причини, перездача проводиться індивідуально за наявності офіційного дозволу деканату.

V. Підсумковий контроль

Форма підсумкового контролю успішності навчання – екзамен. Оцінка за екзамен виставляється як сума всіх семестрових оцінювань. Для отримання позитивної оцінки є

обов'язковим написання модульних контрольних робіт та відпрацювання всіх практичних робіт. Якщо студент не погоджується із оцінкою, то сума балів за модульні контрольні роботи може бути замінена на бал, отриманий на екзамені (60 балів). Загальна оцінка знань здійснюється під час екзамену усно, шляхом відповідей на три поставлені у білетах питання з переліку тем даного курсу. Всі питання стосуються різних тем курсу. Кожне питання оцінюється у 20 балів.

VI. ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка	Оцінка за шкалою ECTS	
		оцінка	пояснення
90–100	Відмінно	A	відмінне виконання
82–89	Дуже добре	B	вище середнього рівня
75–81	Добре	C	загалом хороша робота
67–74	Задовільно	D	непогано
60–66	Достатньо	E	виконання відповідає мінімальним критеріям
1–59	Незадовільно	Fx	Необхідне перескладання

ПИТАННЯ ДО ЕКЗАМЕНУ

1. Предмет кібернетики. Основні поняття кібернетики.
2. Мова програмування Python, основні відомості.
3. Мова програмування R, основні відомості.
4. Поняття системи.
5. Поняття інформації. Визначення інформації.
6. Кількість інформації. Вимірювання об'ємів інформації.
7. Реляційні бази даних.
8. Формат даних CSV.
9. Документні бази даних.
10. Інформаційні процеси між різними рівнями організації життя.
11. Графові та ієрархічні бази даних.
12. Основні теорії кібернетики.
13. Галузі біокібернетики.
14. Біокібернетика в інженерії.
15. Біокібернетика в медицині.
16. Поняття інформації. Побутове розуміння інформації.
17. Інформація в теорії інформації К. Шенона.
18. Статистичний підхід у визначенні інформації
19. Ентропія інформації.
20. Негентропійна властивість інформації.
21. Теорія керування.

22. Поняття коду.
23. Поняття сигналу.
24. Кодування і декодування сигналів. Кодові дерева.
25. Префіксна властивість коду. Типи кодів.
26. Нерівномірні коди в природі.
27. Рівномірні коди в природі.
28. Визначення системи. Загальна структура систем.
29. Властивості систем.
30. Типи систем.
31. Закон необхідності різноманітності.
32. Системи у теорії керування.
33. Процес керування. Види керування.
34. Методи керування. Підходи до теорії керування.
35. Основні кібернетичні властивості живих систем.
36. Перший закон термодинаміки, його застосування до живих систем.
37. Другий закон термодинаміки, його застосування до живих систем.
38. Теорема Пригожина.
39. Керування як інформаційний процес.
40. Гомеостаз з точки зору теорії інформації.
41. Інформаційні зв'язки усередині організму.
42. Гормональна регуляція функцій організму з точки зору кібернетики.
43. Нервова регуляція функцій організму з точки зору кібернетики.
44. Поняття про зворотний зв'язок. Зворотний зв'язок в живих організмах.
45. Загальні положення теорії автоматів.
46. Клітинні автомати. Гра «Життя», як приклад клітинного автомату.
47. Застосування теорії автоматів у практичній діяльності.
48. Теорія алгоритмів, основні поняття теорії алгоритмів.
49. Виникнення теорії алгоритмів. Область завдань, які розв'язуються за допомогою теорії алгоритмів.
50. Сучасний стан теорії алгоритмів.
51. Теорія дослідження операцій, основні поняття.
52. Загальні положення теорії оптимального керування. Її застосування в практичній діяльності.
53. Визначення математичного моделювання.
54. Основні вимоги до математичного моделювання.
55. Поняття частоти дискретизації
56. Поняття математичної моделі. Визначення математичної моделі.
57. Прямі та зворотні класи завдань, пов'язані із моделями.
58. Основні властивості математичних моделей.
59. Універсальність математичних моделей.
60. Змістовна класифікація моделей.
61. Формальні та структурні моделі.
62. Типи моделей: гіпотези, феноменологічні моделі, наближення, спрощення.
63. Типи моделей: евристична модель, аналогія, уявний експеримент, демонстрація можливості.
64. Формальна класифікація моделей.
65. Приклади математичних моделей в біології.
66. Поняття штучного нейрону.
67. Основні властивості штучного нейрона.
68. Біологічний прототип штучного нейрона.
69. Поняття передатної функції.
70. Історія виникнення математичної моделі нейрона.

71. Класифікація штучних нейронів.
72. Основні типи передатних функцій. Лінійна передатна функція.
73. Крокова передатна функція. Сигмоїдальна передатна функція.
74. Моделювання формальних логічних функцій в штучних нейронних мережах.
75. Відмінності між біологічним і штучним нейроном.
76. Сучасний стан розвитку проблеми штучного інтелекту.
77. Штучний інтелект у прикладних завданнях.
78. Поняття глибоких нейронних мереж.
79. Основні принципи глибокого навчання.
80. Історія виникнення і розвитку перцептронів.
81. Можливість до навчання у перцептронах.
82. Принципові обмеження перцептронів у виконанні деяких логічних операцій.
83. Типи завдань, що вирішуються за допомогою застосування перцептронів.
84. Метод корекції помилки, як основний метод навчання перцептрону.
85. Хаос. Поняття детерміністичного хаосу.
86. Синергетика як наука про самоорганізацію.
87. Основні поняття синергетики.
88. Область досліджень синергетики.
89. Напрямки синергетики. Синергетичний підхід у сучасному пізнанні.
90. Основні принципи самоорганізації.
91. Поняття аттрактора. Фазовий простір аттрактора.
92. Досліди Лоренца. Дивні аттрактори.
93. Основні характеристики аттрактора. Інваріантність аттрактора.
94. Фрактали.
95. Фізична сутність явища самоорганізації.
96. Самоорганізація як антиентропійний процес.
97. Синергетичний підхід Пригожина до явищ самоорганізації.
98. Флікер-шум.
99. Перервана рівновага, закон степеневого розподілу ймовірностей.
100. Теорія катастроф та теорія біфуркацій. Константа Фейгенбаума.
101. Завдання синергетики та нелінійної динаміки.
102. Виникнення динамічного хаосу. Закони, що керують хаосом.
103. Модель більярда, як найпростіша модель хаотичних процесів в статистичній механіці.
104. Керування хаотичними процесами і зменшення хаосу на прикладі біологічних систем. Контролювання хаосу із зворотним зв'язком.
105. Динамічні системи і проблема обробки інформації. Часові ряди. Моделювання фінансових часових рядів.
106. Фрактальні нескінченності. Фрактальна розмірність.
107. Ймовірнісні графові моделі. Використання в медицині
108. Теорія біфуркацій.
109. Визначення біоніки.
110. Галузі біоніки.
111. Історія розвитку біоніки.
112. Моделювання властивостей та функцій живих організмів.
113. Архітектурно – будівельна біоніка.
114. Нейробіоніка.
114. Інтерфейс мозок-комп'ютер.
115. БОС у медицині та психології.
116. Нейрокібернетика. Використання досягнень нейрокібернетики у медицині.
117. Застосування принципів організації тваринних організмів у інженерії.
118. Застосування властивостей організації рослинних організмів у інженерії.

119. Періодичні процеси у живих організмах з точки зору біокібернетики.
120. Теорема Геделя. Вплив теореми Геделя на філософію і науку у 20 сторіччі.
121. Характеристики атракторів: кореляційна розмірність, експонента Ляпунова.

VI. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ

1. Бондаренко Т.І. Основи медичної інформатики. Практикум: навчальний посібник / Т.І. Бондаренко. — К. : ВСВ «Медицина», 2018. — 128 с.
2. Булах І.Є. Медична інформатика в модулях. К.: Медицина, 2009 р. — 208 с.
3. Бурачок Р., Климаш М., Коваль Б. Телекомунікаційні системи передавання інформації. - Л.: Львівська політехніка, 2015 - 476 с.
4. Васильєв О. Програмування мовою Python. - К.: Богдан, 2019 - 504 с.
5. Гайдаржи В., Ізварін І. Бази даних в інформаційних системах. - К.: "Університет "Україна"", 2018 - 418 с.
6. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Хоменко Т.А. Основи біоінформатики. – Київ, НТУУ КПІ. – 2010. – 156 с. Режим відкритого доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/774/1/10-11-146.pdf>
7. Кононюк А.Ю. Нейроні мережі і генетичні алгоритми – К.:«Корнійчук», 2008. – 446с.
8. Микола Матвієнко. Теорія алгоритмів. - К.: Ліра-К, 2014 - 340 с.
9. Перевозчикова О. Інформаційні системи і структури даних. - К.: Києво-Могилянська академія, 2007 - 288 с.
10. Подлевський Б., Рикалюк Р. Теорія інформації в задачах. - К.: Центр навчальної літератури, 2017 - 271 с.
11. Кузнецов І.П., Коцан І.Я. Біокібернетика. Практикум. // Луцьк: Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2011. – 32 с.
12. Кузнецов І.П. Качинська Т.В. Психофізіологія людини. Лабораторний практикум. // Луцьк: Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2011. – 28 с.

Додаткова література

1. Гіттік Л.С. Вступ до загальної фізіології людини і тварин / Леонід Самійлович Гіттік. – [навч. посібник]. – Луцьк: Вежа, 2000. –100 с. Хакен Г. Принципы работы головного мозга / Герман Хакен. – М.: ПЕР СЭ, 2001 – 351 с.
2. Wertelecki W. Chernobyl, radiation, neural tube defects, and microcephaly // Wertelecki W, Yevtushok L, Kuznietsov I, Komov O, Lapchenko S, Akhmedzanova D, Ostapchuk L. Eur J Med Genet. 2018 Sep;61(9):556-563. doi: 10.1016/j.ejmg.2018.06.005

Інтернет-джерела

Онлайн-школи та курси програмування на Python та R (англійською, частково присутній український переклад).

1. <https://www.coursera.org>
2. <https://www.freecodecamp.org/>
3. <https://www.kaggle.com/learn>