

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра ботаніки**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан біологічного факультету
[Signature] /Гасинець Я.С./
« 29 » *[Signature]* 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 3 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В БІОЛОГІЇ

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	09 Біологія
Спеціальність	091 Біологія та біохімія
Освітня програма	Біологія
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Ужгород 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Системний аналіз в біології» для здобувачів вищої освіти галузі знань 09 Біологія спеціальності 091 Біологія та біохімія предметної освітньої програми «Біологія».

Розробники: Колесник О.Б., доцент, к.б.н.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри
Ботаніки

протокол № 11 від «24» червня 2023_р.

Завідувач кафедри  Фельбаба-Клушина Л.М.

Схвалено науково-методичною комісією біологічного факультету

протокол № 6 від «28» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Гамор А.Ф.

© Колесник О.Б., 2023 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2023 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 90	1	1
Кількість модулів –2	Семестр:	
Тижневих годин: 2,0 для денної форми навчання: аудиторних – 36 самостійної роботи студента – 54	1	2
	Лекції:	
	20	6
	Практичні (семінарські):	
	-	-
Вид підсумкового контролю: Залік	Лабораторні:	
	16	4
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	54	80

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета вивчення навчальної дисципліни «Системний аналіз в біології» впливає із цілей освітньої-професійної програми підготовки випускників вищого навчального закладу та визначаються змістом тих системних знань і умінь, котрими повинен оволодіти вчений-біолог, направлена на забезпечення підготовки у галузі аналізу складних систем як основи для вивчення професійно орієнтованих дисциплін та надання теоретичних знань та практичних навичок. Програма спрямована на засвоєння основних принципів та методів системного підходу в біології, особливості моделювання складних об'єктів природи. Дисципліна носить не лише теоретичне, а, насамперед, практичне спрямування на отримання навичок сучасних методів моделювання біологічних систем.

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

Загальні компетентності

ЗК–02. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК–06. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Спеціальні (фахові) компетентності

СК–02. Здатність формулювати задачі моделювання, створювати моделі об'єктів і процесів на прикладі різних рівнів організації живого із використанням математичних методів й інформаційних технологій.

СК–03. Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.

СК–06. Здатність прогнозувати напрямки розвитку сучасної біології на основі загального аналізу розвитку науки і технологій.

СК–09. Здатність застосовувати законодавство про авторське право для потреб практичної діяльності.

СК–10. Здатність використовувати результати наукового пошуку в практичній діяльності.

Методи навчання: лекції, лабораторні заняття, пояснення, евристична бесіда, участь у дискусіях, інтерактивні форми організації заняття, самостійна робота студентів, демонстрації.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумови вивчення навчальної дисципліни «Системний аналіз в біології» освітньою програмою (ОП) «Біологія» не передбачені.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

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

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.	ПРН-02
Розв'язувати складні задачі в галузі біології, генерувати та оцінювати ідеї.	ПРН-04
Застосовувати під час проведення досліджень знання особливостей розвитку сучасної біологічної науки, основні методологічні принципи наукового	ПРН-08

дослідження, методологічний і методичний інструментарій проведення наукових досліджень за спеціалізацією.	
Проводити статистичну обробку, аналіз та узагальнення отриманих експериментальних даних із використанням програмних засобів та сучасних інформаційних технологій.	ПРН-11
Використовувати інноваційні підходи для розв'язання складних задач біології за невизначених умов і вимог.	ПРН-12

За результатами вивчення ОК «Системний аналіз в біології», здобувач повинен:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Для пошуку необхідної інформації вміти використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних та ресурси мережі Інтернет.	ПРН-02
Застосовуючи сучасні підходи системного аналізу розв'язувати складні задачі в галузі біології та біохімії, генерувати та оцінювати ідеї.	ПРН-04
Вміти застосовувати під час проведення досліджень знання особливостей розвитку сучасної біологічної науки, основні методологічні принципи наукового дослідження, методологічний і методичний інструментарій проведення наукових досліджень за спеціалізацією.	ПРН-08
З використанням програмних засобів та сучасних інформаційних технологій вміти проводити статистичну обробку, аналіз та узагальнення отриманих експериментальних даних.	ПРН-11
Для розв'язання складних задач біології за невизначених умов і вимог використовувати інноваційні підходи з використанням сучасних методів системного аналізу..	ПРН-12

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: накопичувальна бально-рейтингова система, що передбачає оцінювання студентів за усі види аудиторної та позааудиторної навчальної діяльності, спрямовані на опанування навчального навантаження з освітньої програми: поточні контроль та оцінювання, поетапний, модульний, підсумковий контроль; залік, презентації, проміжне та підсумкове оцінювання знань відбувається на засадах студентоорієнтованого особистісного підходу з використанням сучасних методик та практик.

Контрольне оцінювання (частково) за якоюю однією вибраною темою можливе у вигляді проходження курсу на освітній платформі «Prometeus» або аналогічній, що відповідає вибраній темі. За наявності сертифіката про проходження даного курсу здобувач отримує від 6 до 10 балів (залежно від прогресу засвоєння курсу)

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: усне та письмове опитування, тестування знань студентів, виконання реферативних індивідуальних завдань.

Форма модульного контролю: письмова модульна контрольна робота.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік

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

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	50	100
10	10	10	10	10		

T1, T2 ... – теми

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

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T6	T7	T8	T9	T10	50	100
10	10	10	10	10		

T6, T7 ... – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні заняття	4	25
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	5	25
Модульна контрольна робота	1	50
Разом		100
	Модуль 2	
Лабораторні заняття	4	25
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	5	25
Модульна контрольна робота	1	50
Разом		100
Разом за рік		\bar{X} (M1 i M2)

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Виконання модульних контрольних робіт передбачає: розв'язування тематичних ситуаційних завдань. Модульна контрольна робота складена у 2 рівноважних варіантах, кожний з яких містить по 5 завдань. За кожне вірно розв'язане завдання здобувач отримує 10 балів. Всього 50 балів за всю контрольну.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Оцінка відмінно (А) виставляється, коли студент дає абсолютно правильні відповіді на теоретичні питання з викладенням оригінальних висновків, отриманих на основі програмного, додаткового матеріалу та нормативних документів. При виконанні практичного завдання студент застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка добре (В) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання на основі програмного та додаткового матеріалу. При виконанні практичних завдань студент застосовує узагальнені знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка добре (С) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання, а програмний матеріал викладено у відповідності до вимог. Практичні завдання виконані в цілому правильно, але мають місце окремі неточності.

Оцінка задовільно (D) виставляється, коли студент розкрив теоретичні питання, проте при викладенні програмного матеріалу допущені окремі помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається помилок, за рахунок недостатнього розуміння програмного матеріалу.

Оцінка задовільно (E) виставляється, коли студент неповністю розкрив теоретичні питання, відповідь містить суттєві помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається значних помилок, а виконання завдань викликає значні труднощі у студента.

Оцінка незадовільно (FX) виставляється студенту, який не розкрив теоретичні питання і не може виконати практичні завдання. Як правило такий студент виявляє здатність до викладення думки лише на елементарному рівні.

Оцінка незадовільно (F) виставляється студенту, який не виконав навчальну програму або якийсь елемент її складової, має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання. Такий студент не може викласти свою думку навіть на елементарному рівні.

За результатами контролю знань студентів, дозволяється виставлення залікової оцінки (без підсумкового заліку) – «зараховано». Студент має право підвищити оцінку, складаючи залік.

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 - 100	A	відмінно	зараховано
82 - 89	B	добре	
74 - 81	C		
64 - 73	D	задовільно	
60 - 63	E		
35 - 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0 - 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1. БАЗОВІ ПОНЯТТЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ З НЕВЕЛИКОЮ КІЛЬКІСТЮ ЗМІННИХ.

Тема 1. Історія. Основні визначення системного аналізу.

Системний аналіз як наукова дисципліна. Історія становлення і виникнення системного підходу в біології. Загальне поняття про системний аналіз в біології. Основні етапи системного аналізу: вибір проблеми, постановка задачі та обмеження її складності, встановлення ієрархії мети і задач, вибір шляхів вирішення задач, моделювання, оцінка можливих стратегій, впровадження результатів.

Тема 2. Поняття про біологічні системи.

Біологічні системи та їх класифікація. Системний підхід в живій природі. Характеристика біосистем, їх ознаки. Організація біосистем. Функціонування системи. Основні етапи життєвого шляху системи. Розвиток системи.

Тема 3. Моделювання - основний метод вивчення біологічних систем

Визначення поняття "модель" в біології та біохімії. Класифікація моделей. Поняття про реальні моделі. Ідеальні моделі. Вербальні моделі. Концептуальні моделі та їх застосування в біології. Визначення математичних моделей. Імітаційні моделі та їх застосування в біології.

Тема 4. Поняття про динамічні моделі.

Основні етапи побудови динамічних моделей в біології та біохімії. Правила побудови динамічних моделей. Умовні позначення, що застосовуються при побудові динамічних моделей. Приклади використання динамічних моделей в біології. Переваги та недоліки динамічних моделей. Використання прикладних програм на ПК для побудови динамічних моделей.

Тема 5. Оптимізаційні моделі.

Визначення поняття "оптимізаційна модель". Переваги та недоліки оптимізаційних моделей та межі їх застосування в біології та біохімії.

Моделі лінійного програмування. Визначення та приклади застосування. Поняття про теоретико-ігрові моделі. Моделі гри двох осіб з нульовою сумою. Застосування теоретико-ігрових моделей в біології та біохімії. Використання прикладних пакетів програм для побудови оптимізаційних моделей.

МОДУЛЬ 2. СТОХАСТИЧНІ ТА БАГАТОВИМІРНІ МОДЕЛІ В СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ.

Тема 6. Визначення стохастичних моделей та їх характеристика.

Дисперсійні моделі та їх застосування. Регресійні моделі та їх застосування в біометрії. Визначення та властивості марковських моделей першого порядку. Класифікація станів марковських моделей. Переваги та недоліки марковських моделей першого порядку. Приклади

застосування марковських моделей. Прикладні програми, що дають можливість побудувати стохастичні моделі.

Тема 7. Моделі теорії катастроф.

Визначення поняття “катастрофа”. Визначення понять: “бімодальність”, “розривність”, “гістерезис” та “дивергенція”. Моделі теорії катастроф, їх принципи та побудова. Процеси і явища в біології та біохімії, які підпадають під моделі теорії катастроф. Переваги та недоліки моделей теорії катастроф. Модель катастрофи типу “складка” та їх застосування в біології і біохімії. Модель катастрофи типу “збірка” та їх застосування в біології та біохімії. Побудова моделей теорії катастроф за допомогою ПК.

Тема 8. Поняття про багатовимірні моделі.

Характеристика, властивості та класифікація багатовимірних моделей. Характеристика описових моделей: модель аналізу головних компонент, кластерний аналіз, модель взаємного осереднення. Основні типи прогностичних моделей: дискримінантний аналіз, канонічні величини, канонічні кореляції. Приклади застосування багатовимірних моделей в біології та біохімії з використанням ПК.

Тема 9. Поняття про "нейронні мережі" та застосування їх для моделювання в біології і біохімії.

Визначення поняття "нейронні мережі". Формальний нейрон. Архітектура нейронних мереж. "Навчання" нейронної мережі. Переваги і недоліки нейронних мереж при використанні їх у вирішенні біологічних задач. Приклади застосування нейронних мереж. Програмне і апаратне забезпечення нейронних мереж.

Тема 10. Методи управління складними системами. Пам'ять системи.

Самоподібні структури в біології. Поняття "фрактал". Застосування фрактальної геометрії в системному аналізі. Нові методи управління складними системами. Пам'ять системи. Теорія універсального (глобального) еволюціонізму і її застосування в системному аналізі. Теорія хаосу та її застосування в системному аналізі.

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. БАЗОВІ ПОНЯТТЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ З НЕВЕЛИКОЮ КІЛЬКІСТЮ ЗМІННИХ.						
Тема 1. Історія. Основні визначення системного аналізу.	7	2				5
Тема 2. Поняття про біологічні системи.	9	2		2		5
Тема 3. Моделювання - основний метод вивчення біологічних систем.	9	2		2		5
Тема 4. Поняття про динамічні моделі.	9	2		2		5
Тема 5. Оптимізаційні моделі.	9	2		2		5
Модульна контрольна робота						
Разом за модуль 1	43	10		8		25
Модуль 2. СТОХАСТИЧНІ ТА БАГАТОВИМІРНІ МОДЕЛІ В СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ.						
Тема 6. Визначення стохастичних моделей та їх характеристика.	9	2		2		5
Тема 7. Моделі теорії катастроф.	9	2		2		5
Тема 8. Поняття про багатовимірні моделі.	9	2		2		5
Тема 9. Поняття про "нейронні мережі" та застосування їх для моделювання в біології і біохімії.	9	2		2		5
Тема 10. Методи управління складними системами. Пам'ять системи.	11	2				9
Модульна контрольна робота						
Разом за модуль	47	10		8		29
Разом за семестр	90	20		16		54

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: заочна					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
1-й семестр						
Модуль 1. БАЗОВІ ПОНЯТТЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ З НЕВЕЛИКОЮ КІЛЬКІСТЮ ЗМІННИХ.						
Тема 1. Історія. Основні визначення системного аналізу.	9	1				8
Тема 2. Поняття про біологічні системи.	8					8
Тема 3. Моделювання - основний метод вивчення біологічних систем.	10	1		1		8
Тема 4. Поняття про динамічні моделі.	9	1				8
Тема 5. Оптимізаційні моделі.	9			1		8
Модульна контрольна робота						
Разом за модуль 1	45	3		2		40
Модуль 2. СТОХАСТИЧНІ ТА БАГАТОВИМІРНІ МОДЕЛІ В СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ.						
Тема 6. Визначення стохастичних моделей та їх характеристика.	10	1		1		8
Тема 7. Моделі теорії катастроф.	9			1		8
Тема 8. Поняття про багатовимірні моделі.	9	1				8
Тема 9. Поняття про "нейронні мережі" та застосування їх для моделювання в біології і біохімії.	8					8
Тема 10. Методи управління складними системами. Пам'ять системи.	9	1				8
Модульна контрольна робота						
Разом за модуль	45	3		2		40
Разом за семестр	90	6		4		80

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Біологічні системи.	2	
2	Моделювання як основний метод вивчення біологічних систем.	2	1
3	Динамічні моделі.	2	
4	Оптимізаційні моделі.	2	1
5	Стохастичні моделі.	2	1
6	Моделі теорії катастроф.	2	1
7	Багатовимірні моделі.	2	
8	"Нейронні мережі" для моделювання в біології і біохімії.	2	
Разом		16	4

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Системний аналіз як наукова дисципліна. Історія становлення і виникнення системного підходу в біології. Загальне поняття про системний аналіз в біології.	5	8
2	Системний підхід в живій природі. Характеристика біосистем, їх ознаки. Організація біосистем.	5	8
3	Визначення поняття "модель" в біології та біохімії. Класифікація моделей. Поняття про реальні моделі. Ідеальні моделі.	5	8
4	Основні етапи побудови динамічних моделей в біології та біохімії. Правила побудови динамічних моделей.	5	8
5	Визначення поняття "оптимізаційна модель". Переваги та недоліки оптимізаційних моделей та межі їх застосування в біології та біохімії.	5	8
6	Визначення стохастичних моделей та їх характеристика.	5	8
7	Визначення поняття "катастрофа". Моделі теорії катастроф, їх принципи та побудова.	5	8
8	Характеристика, властивості та класифікація багатовимірних моделей. Характеристика описових моделей. Основні типи прогностичних моделей.	5	8
9	Формальний нейрон. Архітектура нейронних мереж. "Навчання" нейронної мережі.	5	8
10	Теорія універсального (глобального) еволюціонізму і її застосування в системному аналізі. Теорія хаосу та її застосування в системному аналізі.	9	8
Разом		54	80

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

Апаратне забезпечення:

Мультимедійне обладнання (проектор з екраном).

Мобільні пристрої з підключенням до Internet (ноутбуки).

Комп'ютери, збірні системні блоки з монітором підключенням до мережі Internet.

Програмне забезпечення для організації дистанційного навчання і комп'ютерного тестування:

Windows (різних версій, залежно від наявних ліцензій).

Пакети прикладних програм: Microsoft Office (MS Word, Excel, Access) (різних версій, залежно від наявних ліцензій)

Adobe Reader; Internet Explorer; Google Chrome; Office 365 (безкоштовні програми).

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. An Introduction to Systems Biology: Design Principles of Biological Circuits. Uri Alon, 2006, Chapman & Hall/CRC Mathematical & Computational Biology, 320p.
2. Systems Biology and Bioinformatics. A Computational Approach. Kayvan Najarian, Siamak Najarian, Shahriar Gharibzadeh, Christopher N. Eichelberger 1st Edition, 2017.- 192p.
3. Systems Biology: A Textbook, 2nd Edition Edda Klipp, Wolfram Liebermeister, Christoph Wierling, Axel Kowald, 2016.- 504 p.
4. Systems Biology. E.Klipp, W.Liebermeister, C.Wierling, A.Kowald, H.Lehrach, and R.Herwig. 2009. Systems Biology. A Textbook. Wiley-VCH, Weinheim, 592p.

Допоміжна література

1. Allman E.S., Rhodes J.A. Mathematical models in biology an introduction / Cambridge University Press, 2004. - 385 p.
2. Keener J., Sneyd J. 1998 Mathematical Physiology. New York: Springer. - 766 p. 6. Kitano H., Computational Systems Biology. Nature. 420, 206-210, 2002.
3. Murray J.D. 2001 Mathematical Biology. I. An Introduction. / J.D. Murray. - 3-d edition. Springer. - P. 551
4. Аршинова О. І. Системний аналіз: [навч. посібник] / О. І. Аршинова, А. В. Шевченко. – К.: НАУ, 2008. – 128 с.
5. Бурячок В. Л. Системний аналіз та прийняття рішень в інформаційній безпеці: [Підручник] / [В.Л. Бурячок та ін.]. – К.:ДУТ, 2015. – 345 с.
6. Горбань О. М. Основи теорії систем і системного аналізу / О. М. Горбань, В. Є. Бахрушин. – Запоріжжя: ГУ “ЗІДМУ”, 2004. – 204 с.
7. Горошко М.П., Миклуш С.І., Хомюк П.Г. Біометрія. - Львів: Камула, 2004.- 233 с.
8. Згуровський М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.
9. Катренко А. В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації [посібник] / А. В. Катренко.– Львів: Новий світ, 2003. – 424 с.
10. Катренко А. В. Системний аналіз: [підручник] / А. В. Катренко.– Львів: Новий світ-2000, 2011.– 396 с.
11. Костоглод К. Д. Оптимізаційні методи та моделі / К. Д. Костоглод, А. В. Калініченко, Н. М. Протас, Ю. В. Вакуленко. – Полтава: РВВ ПДАА, 2015. – 160 с.

12. Кузьменко В. І. Вступ до системного аналізу: [навч. посібник]/ В. І. Кузьменко, Б. С. Бусигін. – Дніпропетровськ: НГУ, 2003. – 143 с.
13. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. - К.: Фітосоціоцентр, 1998.- 132 с.
14. Ніконов О. Я. Основи системного аналізу: [навч. посібник] / [О. Я. Ніконов та ін.]. - Харків: ХНАДУ, 2013. - 160 с.
15. Петрик М., Баб'юк М. Основи математичного моделювання та застосування математичних методів у наукових дослідженнях. - Тернопіль: Підручники і посібники, 1998.
16. Прогнозування і розробка програм: Метод. посібник / За ред. В. Ф. Беседіна. — К.: Наук. світ, 2000. — 468 с.
17. Роїк О. М. Системний аналіз: [навч. посібник] / О. М. Роїк, А. А. Шиян, Л. О. Нікіфорова. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 83 с.
18. Старіш О. Г. Системологія / О. Г. Старіш. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 232 с.
19. Чорней Н. Б. Теорія систем і системний аналіз: [навч. посібник]. / Н. Б. Чорней, Р. К. Чорней. – К.: МАУП, 2005. – 256 с.
20. Шарапов О. Д. Системний аналіз: [Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц.] / О. Д. Шарапов, В. Д. Дербенцев, Д. Є. Семьонов.– К.: КНЕУ, 2003. – 154 с.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1	http://stitch.embl.de/	Chemical-Protein Interaction Networks
2	www.genome.jp/kegg	KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes
3	www.ebi.ac.uk/biomodels	BioModels
4	https://www.cellml.org/	The CellML project
5	http://egglog6.embl.de/	A database of orthology relationships, functional annotation, and gene evolutionary histories.
6	https://string-db.org/	Protein-Protein Interaction Networks Functional Enrichment Analysis
7/	https://www.statistica.com/en/	Fast, Efficient and User-friendly Data Analysis – with TIBCO® Data Science / Statistica™
8	https://www.tibco.com/products/data-science	TIBCO® Data Science