

**Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича**  
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів  
Кафедра біохімії та біотехнології

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Директор навчально-наукового  
інституту біології, хімії та біоресурсів  
професор Руслан БЕСПАЛЬКО



**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ**  
**У БІОЛОГІЇ**

обов'язкова

<b>Освітньо-професійна програма</b>	<u>Біохімія та лабораторна діагностика</u>
<b>Спеціальність</b>	<u>091 Біологія та біохімія</u>
<b>Галузь знань</b>	<u>09 Біологія</u>
<b>Рівень вищої освіти</b>	<u>другий магістерський</u>
<b>Назва інституту</b>	<u>ІНІ біології, хімії та біоресурсів</u>
<b>Мова навчання</b>	<u>українська</u>

**Чернівці 2024 рік**

Робоча програма навчальної дисципліни «**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ У БІОЛОГІЇ**» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Біохімія та лабораторна діагностика» спеціальності 091 Біологія та біохімія, галузь знань 09 Біологія, затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 4 від «24» квітня 2023 року).

Розробники:

Олексій Худий, професор кафедри біохімії та біотехнології, доктор біол. наук, доцент  
Лідія Худа, доцент кафедри біохімії та біотехнології, канд. біол. наук

Викладач:

Лідія Худа, доцент кафедри біохімії та біотехнології, канд. біол. наук

Погоджено із гарантом ОП і затверджено на засіданні кафедри **біохімії та біотехнології**

Протокол від “ 09 ” \_\_\_\_\_ 08 \_\_\_\_\_ 2024 року № 1

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)



Копильчук Г.П.

(прізвище та ініціали)

Схвалено методичною радою навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів

Протокол від “ 09 ” \_\_\_\_\_ 08 \_\_\_\_\_ 2024 року № 1

Голова методичної ради ННІБХБ \_\_\_\_\_

(підпис)



(Москалик Г.Г.)

(прізвище та ініціали)

### Анотація

Сучасна практика лабораторної діагностики передбачає широке застосування обчислювальної техніки та різноманітного програмного забезпечення, у тому числі інтегрованого з вимірювальними приладами. Навчальна дисципліна «Комп'ютерне моделювання та обробка експериментальних даних у біології» спрямована на поглиблення знань у сфері застосування інформаційних технологій у процесі проведення біологічних та біомедичних досліджень, розвиток у здобувачів вищої освіти навичок із використання сучасних цифрових технологій для створення прогностичних моделей розвитку біологічних процесів, а також знайомить із сучасними статистичними підходами для інтерпретації результатів біомедичних досліджень.

**Метою** дисципліни є набуття студентами знань про принципи побудови математичних моделей біологічних процесів з використання різних комп'ютерних програм, сучасні підходи у проведенні статистичного аналізу результатів медико-біологічних досліджень, а також про принципи узагальнення та оформлення результатів таких досліджень.

**Пререквізити.** «Комп'ютерне моделювання та обробка експериментальних даних у біології» спирається на знання, отримані здобувачами вищої освіти при прослуховуванні навчальних дисциплін першого (бакалаврського) рівня вищої освіти «Основи вищої математики», «Біометрія з основами інформатики», «Біоінформатика», «Біофізика».

#### Результати навчання

При засвоєнні дисципліни у студентів формуються наступні загальні та фахові компетентності та програмні результати навчання:

Шифр	Загальні та фахові компетентності
ЗК02.	Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології ЗК08. Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях
СК02.	Здатність формулювати задачі моделювання, створювати моделі об'єктів і процесів на прикладі різних рівнів організації живого із використанням математичних методів й інформаційних технологій.
СК03.	Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.
СК14.	Уміння виконувати наукові дослідження з застосуванням сучасних методологічних основ реалізації експерименту, інструментального обладнання, уміння документального оформлення результатів досліджень.

Шифр	Програмні результати навчання
ПРН2.	Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.
ПРН6.	Аналізувати біологічні явища та процеси на молекулярному, клітинному, організменному, популяційно-видовому та біосферному рівнях з точки зору фундаментальних загальнонаукових знань, а також за використання спеціальних сучасних методів досліджень.
ПРН8.	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.

ПРН9.	Планувати наукові дослідження, обирати ефективні методи дослідження та їх матеріальне забезпечення.
ПРН11.	Проводити статистичну обробку, аналіз та узагальнення отриманих експериментальних даних із використанням програмних засобів та сучасних інформаційних технологій.
ПРН12.	Використовувати інноваційні підходи для розв'язання складних задач біології за невизначених умов і вимог.
ПРН15.	Уміти самостійно планувати і виконувати інноваційне завдання та формулювати висновки за його результатами.
ПРН16.	Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.
ПРН17.	Встановлювати інтеграційні взаємозв'язки між метаболічними процесами різних клітинних компартментів на основі скринінгу метаболічних перетворень у них з метою прогнозування напрямку метаболічних змін у тканинах і органах.
ПРН18.	Застосувати набуті теоретично-практичні навички для вирішення поставлених конкретних науково-практичних завдань, вміти інтерпретувати отримані результати, сформулювати висновки та захистити основні положення власного наукового дослідження.

За результатами вивчення дисципліни “Комп'ютерне моделювання та обробка експериментальних даних у біології” студент повинен

**знати:** .....

- основні принципи побудови комп'ютерних моделей, типи моделей, які застосовуються з прогностичною метою для аналізу біологічних процесів
- різні методи статистичної обробки даних експериментальних досліджень у сфері біохімії;

**вміти:** .....

- відбирати та аналізувати релевантні дані, у тому числі за допомогою сучасних методів аналізу даних і спеціалізованого програмного забезпечення.
- формулювати задачі моделювання, створювати моделі об'єктів і процесів на прикладі різних рівнів організації живого із використанням математичних методів й інформаційних технологій;
- статистично обробляти експериментальні данні

### Опис навчальної дисципліни Загальна інформація про розподіл годин

Назва навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання та обробка експериментальних даних у біології»												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	1	9	4	120	3	-	30	-	-	90	-	екзамен
Заочна	1	9	4	120	3	-	10	-	-	110	-	екзамен

## Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	пр	лаб	інд	с.р.		л	пр	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Теми занять</b>	<b>Змістовий модуль 1. Основи моделювання в біології</b>												
1. Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей. Застосування математичних моделей в біології.	<b>10</b>		2				8	<b>10</b>					10
2. Біологічні моделі на основі послідовностей чисел, заданих рекурентно. Модель Мальтуса. Приклади застосування в біології	<b>10</b>		2				8	<b>10</b>					10
3. Біологічні моделі, що описуються кривою Ферхюльста. Приклади застосування моделі Лотки-Вольтера	<b>10</b>		4				6	<b>10</b>	2				8
4. Моделювання біохімічних процесів. Кінетичні моделі біохімічних реакцій. COPASI - універсальний програмний пакет для моделювання та симуляції біохімічних мереж.	<b>10</b>		2				8	<b>10</b>	2				8
5. Стехіометричні математичні моделі. FBA (Flux Balance Analysis) - аналіз	<b>10</b>		2				8	<b>10</b>					10

метаболических потоків.												
6. Модель розвитку епідеміологічної ситуації на прикладі епідемії грипу	10		2			8	10		2			8
Разом за ЗМ1	60		14			46	60		6			54
<b>Теми занять</b>	<b>Змістовий модуль 2. Використання програмного забезпечення Statistica MS Excell для статистичної обробки даних експериментальних досліджень</b>											
7. Принципи групування первинних експериментальних даних.	10		2			8	10					10
8. Вибір критеріїв достовірності різниці в біологічних дослідженнях.	10		2			8	10		2			8
9. Застосування однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA для статистичної інтерпретації результатів біологічних досліджень	15		4			11	15		2			13
10. Багатовимірний дисперсійний аналіз MANOVA	15		4			11	15					15
11. Застосування регресійного аналізу результатів біологічних досліджень	10		4			6	10					10
Разом за ЗМ 2	60		16			44			4			56
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>		<b>30</b>			<b>90</b>	<b>120</b>		<b>10</b>			<b>110</b>

### Тематика лабораторних занять

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені

### Тематика семінарських занять

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

### Тематика практичних занять

№	Тематика занять	К-ть год.
---	-----------------	-----------

п/п		(денна/заочна форма)
1.	Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей. Застосування математичних моделей в біології та біохімії.	2/0 год
2.	Біологічні моделі на основі послідовностей чисел, заданих рекурентно. Модель Мальтуса. Приклади застосування	2/0 год
3.	Біологічні моделі, що описуються кривою Ферхюльста. Приклади застосування моделі Лотки-Вольтера	4/2 год
4.	Моделювання біохімічних процесів. Кінетичні моделі біохімічних реакцій. COPASI - універсальний програмний пакет для моделювання та симуляції біохімічних мереж.	2/2 год
5.	Стехіометричні математичні моделі. FBA (Flux Balance Analysis) - аналіз метаболічних потоків.	2/0 год
6.	Модель розвитку епідеміологічної ситуації на прикладі епідемії грипу	2/2 год
7.	Принципи групування первинних експериментальних даних.	2/0 год
8.	Вибір критеріїв достовірності різниці в біологічних дослідженнях.	2/2 год
9	Застосування однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA для статистичної інтерпретації результатів біологічних досліджень	4/2 год
10	Багатовимірний дисперсійний аналіз MANOVA	4/0 год
11	Застосування регресійного аналізу результатів біологічних досліджень	4/0 год

### **Індивідуальні завдання, передбачені робочим навчальним планом**

Індивідуальні завдання навчальним планом не передбачені

### **Самостійна робота студента**

№ п/п	Тематика самостійної роботи	К-ть год (денна/заочна форма)
1	Імітаційні моделі в біології та особливості їх застосування. Приклади математичних моделей.	8/12
2	Моделювання біоритмів людини. Побудова моделі.	8/8
3	Фармакокінетичні моделі..	8/8
4	Брюселятор	4/4
5	Фазові переходи у моделюванні біологічних процесів	6/6
6	Самоорганізація та хаотичні системи в біології. Біохаоси	6//8
7	Приклади стохастичних моделей біологічних процесів. Агналіз метаболічних потоків	6/8
8	Критерії нормальності розподілу експериментальних даних. Принципи групування даних	8/10
9	Дисперсія, стандартне відхилення, мода, медіана, квартилі, асиметрія, ексцес.	4/4
10	Властивості вибіркового коефіцієнта лінійної кореляції. Вибіркове кореляційне відношення.	4/4
11	Однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA для статистичної інтерпретації результатів біохімічних досліджень. Виконання	11/13

	практичних завдань за наперед заданими параметрами та первинними даними.	
12	Багатовимірний дисперсійний аналіз MANOVA для статистичної інтерпретації результатів біохімічних досліджень. Виконання практичних завдань за наперед заданими параметрами та первинними даними.	11/15
13	Лінії регресії. Рангова кореляція. Коефіцієнти Спірмена і Кендалла. Застосування регресійного аналізу результатів біологічних досліджень	6/10

### Методи навчання

У процесі вивчення навчальної дисципліни використовуються такі освітні технології: інформаційно-комунікаційні, традиційні та інтерактивні форми і методи навчання, серед яких: пояснення, інструктаж, демонстрація, виконання практичних робіт, робота у групах.

### Система контролю та оцінювання

Оцінювання програмних результатів навчання здобувачів освіти здійснюється за шкалою європейської кредитно-трансферної системи (ECTS). Критерієм успішного оцінювання є досягнення здобувачем вищої освіти мінімальних порогових рівнів (балів) за кожним запланованим результатом навчання.

Оцінка знань студентів здійснюється за 100-бальною системою, яка переводиться у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу ЄКТС (A, B, C, D, E, FX, F).

Формами поточного контролю є усна відповідь студента, практичне завдання, виконане з використанням відповідного програмного забезпечення комп'ютерне тестування.

Формою підсумкового контролю є екзамен у вигляді підсумкового комп'ютерного тестування та виконаних практичних завдань

Контроль знань студентів протягом семестру здійснюється за 250-бальною шкалою, яка переводиться у 100-бальну систему через коефіцієнт 2,5. За поточну роботу протягом семестру студент отримує максимально 150 балів (60%), підсумкове оцінювання – 100 балів (40%).

Поточний контроль включає оцінки за роботу на практичних заняттях, самостійну роботу, модульні контрольні роботи.

Кількість балів за вказані види роботи, а також при оцінюванні самостійної роботи визначається своєчасністю виконання навчальних завдань; повнотою та якістю їх виконання; самостійністю і оригінальністю виконання.

#### Критерії оцінювання виконання практичних завдань:

5 балів – завдання виконане правильно, наведено детальне пояснення, дана вичерпна відповідь;

4 - балів - завдання виконане правильно, дано повні відповіді на всі поставлені питання, але пояснення неповне, присутні окремі незначні помилки

3 - бали – завдання виконане неповністю, не на всі поставлені питання дано правильні відповіді, пояснення ходу вирішення фрагментарне, присутні суттєві помилки;

2 бали – завдання виконане частково, пояснення ходу вирішення фрагментарне, присутні суттєві помилки;

1 бал – завдання практично не виконане, відсутні пояснення;

0 балів – завдання не виконане взагалі.

#### Критерії оцінювання усної відповіді при експрес-опитуванні:

За усну відповідь на занятті студент може максимально отримати 2 бали.

Відповідь чітка, аргументована, з додатковою інформацією. Студент відмінно орієнтується у питанні, висловлює власне бачення проблеми – 2 б.

Відповідь правильна, стосується основних відомих наукових фактів, однак лише репродуктивного характеру – 1,5 б.

Відповідь загалом правильна, трапляються незначні помилки –1 б.

Відповідь неповна, трапляються значні помилки – 0,5 б.

Відповідь відсутня – 0 б.

#### Критерії оцінювання тестування:

На поточному комп'ютерному тестуванні використовуються різнорівневі тестові завдання (з однією правильною відповіддю, з кількома правильними відповідями. завдання на відповідність, тощо). Максимальна кількість балів за кожне завдання (0,5) студент отримує в разі, якщо всі вказані відповіді правильні.

#### Критерії оцінювання самостійної роботи

За результатами виконання самостійної роботи в межах кожної теми 1-го модуля здійснюється усне опитування або тестування відповідно до вищезазначених критеріїв оцінювання. В темах 9 та 120 при оцінюванні самостійної роботи передбачено виконання практичних завдань за наперед заданими параметрами та первинними даними. ( по 5 балів).

#### Критерії оцінювання модульних контрольних робіт:

На модульній контрольній роботі студент вирішує 3 практичних завдання (максимум – 10 балів кожне).

При підсумковому оцінюванні студент вирішує 40 різнорівневих тестових завдань ( по 2 бали за кожне правильно виконане завдання) та 2 практичних завдання (по 10 балів)

### **Шкала оцінювання: національна та ECTS**

Для переведення накопичених студентом балів у національну шкалу та шкалу ECTS використовують запроваджену в Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича систему:

100-бальна шкала	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
			Оцінка	Пояснення за розширеною шкалою
90-100	Зараховано	Відмінно	A	відмінно
80-89		Добре	B	дуже добре
70-79			C	добре
60-69		Задовільно	D	задовільно
50-59			E	достатньо
35-49	Незараховано	Незадовільно	FX	(незадовільно) з можливістю повторного складання
1-34			F	(незадовільно) з обов'язковим самостійним повторним опрацюванням освітнього компонента до перескладання

### Перелік запитань для самооцінювання та контролю навчальних досягнень

1. Які Види моделей в біології Вам відомі? Опишіть основні вимоги до моделей.
2. В чому полягає різниця між математичним та фізичним моделюванням?
3. В чому переваги та недоліки аналітичних та експериментальних методів дослідження?
4. Як класифікуються моделі за детермінованістю та стохастичністю?
5. Опишіть принципи застосування математичних моделей в біології та біохімії.
6. Як формується рекурентна послідовність? Які біологічні моделі на основі послідовностей чисел, заданих рекурентно, Вам відомі?
7. Опишіть принципи моделі експоненційного росту Мальтуса та приклади її застосування
8. Які фактори можуть обмежувати застосування моделі Мальтуса у біологічних дослідженнях?
9. Опишіть приклади застосування моделей, що описуються кривою Ферхюльста.
10. Опишіть рівняння, що описує моделі необмеженого росту клітинних популяцій.
11. Опишіть основні принципи моделей обмеженого росту та їх застосування в біології.
12. Модель обмеженого росту з вилученням. .
13. Охарактеризуйте основні засади моделі Лотки-Вольтера. Приклади застосування моделі Лотки-Вольтера
14. Імітаційні моделі в біології та особливості їх застосування
15. Які константи використовуються в чисельній моделі біоритмів людини?
16. Опишіть основні принципи побудови фармакокінетичних моделей.
17. Які вимоги ставляться до моделювання біохімічних процесів в клітині?
18. Брюселятор та його застосування
19. Як враховуються фазові переходи у моделюванні біологічних процесів?
20. Моделі самоорганізації та хаотичних системи в біології. Біохаоси
21. Основні засади створення кінетичних моделей біохімічних реакцій. Кінетичні параметри ензиматичних реакцій.

22. Які можливості надає програмний пакет COPASI?
23. Як у COPASI здійснюється симуляція біохімічних процесів?
24. Які параметри враховуються при моделюванні біохімічних мереж?
25. В чому суть стехіометричних математичних моделей?
26. Наведіть приклади стохастичних моделей біологічних процесів
27. Опишіть основні принципи потокового аналізу FBA (Flux Balance Analysis ) для аналізу метаболічних потоків.
  28. Як визначається оптимальний розподіл потоків у метаболічній мережі?
  29. Які основні моделі використовуються для прогнозування розвитку епідемій?
  30. Охарактеризуйте можливості математичної моделі розвитку епідеміологічної ситуації на прикладі епідемії грипу
  31. Які принципи групування первинних експериментальних даних Вам відомі?
  32. Генеральна сукупність та вибірка, зв'язок між ними. Основні показники, їх характеристики.
  33. Як отримати репрезентативну вибірку, наведіть приклади.
  34. 6. Класифікація похибок, шляхи їх усунення та зменшення.
  35. Стандартна похибка середнього у порівнянні із стандартним відхиленням при визначенні довірчого. Приклади застосування.
  36. Метод найменших квадратів, приклади застосування
  37. Опишіть основні правила формулювання статистичних гіпотез. Наведіть приклад.
  38. Критерії достовірності різниці в біологічних дослідженнях.
  39. Що таке мода, медіана, асиметрія, ексцес?
  40. Поясніть принципи обрахунку стандартного відхилення.
  41. Закономірності нормального розподілу випадкових величин (закон Гаусса, параметри).
  42. Метод найменших квадратів для знаходження екстремуму функції
  43. Опишіть алгоритм дії при встановленні відмінності між середніми значеннями двох вибірок.
  44. Назвіть параметричні критерії, приклади
  45. Які непараметричні критерії Вам відомі?
  46. Перерахуйте обмеження щодо використання t-критерію Стьюдента
  47. Опишіть можливості застосування критерію Фішера.
  48. Можливості застосування критерію Пірсона.
  49. Які критерії використовуються для оцінки достовірності у вибірках, розподіл яких відхиляється від нормального?
  50. Критерій Вілкоксона та його застосування.
  51. В чому полягає принцип полягає принцип однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA для статистичної інтерпретації результатів біологічних досліджень?
  52. Коли застосовується багатовимірний дисперсійний аналіз MANOVA
  53. Які припущення робляться при використанні дисперсійного аналізу?
  54. Опишіть властивості вибіркового коефіцієнта лінійної кореляції Вибіркове кореляційне відношення
  55. Що таке регресійний аналіз і для чого він використовується в біології?
  56. Рангова кореляція. Коефіцієнти Спірмена і Кендалла.

### **Зарахування результатів неформальної освіти**

Зарахування результатів неформальної освіти проводиться згідно «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти у системі формальної освіти)» <https://www.chnu.edu.ua/media/3aykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>

### **Політика щодо академічної доброчесності**

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:

- «Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» [https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivets\\_kohnatsionalnoho-universytetu.pdf](https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivets_kohnatsionalnoho-universytetu.pdf) ;
- «Положенням про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича» [https://www.chnu.edu.ua/media/n5nbzwb/polozhennia-chnu-pro-plahi\\_at-2023plusdotatky-31102023.pdf](https://www.chnu.edu.ua/media/n5nbzwb/polozhennia-chnu-pro-plahi_at-2023plusdotatky-31102023.pdf) .

### **Рекомендована література**

#### **Основна**

1. Прилуцький Ю.І., Костерін С.О. Комп'ютерне моделювання в біології: підручник. Київ: Наукова думка, 2024. 196 с.
2. Прилуцький Ю.І., Ільченко О.В., Цимбалюк О.В., Костерін С.О. Статистичні методи в біології: підручник. Київ: Наукова думка, 2017. 206 с.
3. Комп'ютерна статистика: підручник / Р. Є. Майборода. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2019. – 589 с.
4. Практикум із системної біології. Математичне моделювання метаболічних процесів. Для магістрів спеціальності «Біологія» // укл. О. І. Доценко. – Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2018. – 58 с.
5. Комп'ютерне моделювання в біології / Упорядники О.В. Оглобля, М.С. Мірошниченко, С.О. Костерін. – К.: Видавничий центр «Азбука», 2012. – 120 с.
6. Горват А.А., Молнар О.О., Мінькович В.В. Методи обробки експериментальних даних з використанням MS Excel: Навчальний посібник. Ужгород: Видавництво УжНУ «Товерла», 2019. – 160 с.: іл.

#### **Допоміжна**

1. Костерін С.О., Карахім С.О. Біохімічна кінетика. Київ: Наукова думка, 2021. 310 с.
2. Оцінка медичних технологій: від теорії до практики математичного моделювання : навч. посіб. / С. О. Соловйов, Н. А. Білоусова, В. В. Трохимчук. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – 140 с.
3. Швець Е.Я., Кісарін О.О. Комп'ютерне моделювання фізіологічних систем людини. – Запоріжжя, 2009. – 175 с.
4. Малюк В. Г., Борзенков Б. І. Моделювання в біології та медицині. – Харків: Наук.-метод. центр вищ. освіти, 2005. – 212 с.
5. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в біотехнології. / Укладач О.І. Литвин - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. - 64 с
6. Конспект лекцій з дисципліни «Математичне моделювання в біології та медицині» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 163 – Біомедична інженерія / Уклад. Д. Х. Штофель. – Вінниця : ВНТУ, 2020. 55 с.
7. Марценюк В.П., Цяпа Н.В., Кучвара О.М, Андрущак І.С. Компартментні моделі розвитку епідемії грипу з урахуванням доепідемічної вакцинації та

- протівірусного лікування. Медична інформатика та інженерія, № 3, 2010. С. 54-57.
8. Computational Modeling of Biochemical Networks Using COPASI / P. Mendes, S. Hoops, S. Sahle, R. Gauges, J. Dada, U. Kummer. // Methods in Molecular Biology, Systems Biology. — 2009 - Vol. 500. — 2. — P. 17—59.
  9. Stanford N. J. Kinetic modelling of metabolic pathways. / N. J. Stanford, K. Smallbone. // The Bioinformatics Knowledgeblog. <http://bioinformatics.knowledgeblog.org/2011/06/21/kinetic-modelling-of-metabolic-pathways/>
  10. Kauffman K. J. Advances in flux balance analysis / K. J. Kauffman, P. Prakash, J. S. Edwards // Curr. Opin. Biotechnol. — 2003. — 14. — P. 491—496.
  11. Use of CellNetAnalyzer in biotechnology and metabolic engineering / A. von Kamp, S. Thiele, O. Hädicke, S. Klamt // Journal of Biotechnology. — 2017. — V. 261, 10. — P. 221—228.

### Інформаційні ресурси

1. <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=1106>
2. <https://copasi.org/> - COPASI: Biochemical System Simulator
3. ExPasy Swiss Bioinformatics Resource Portal (<http://us.expasy.org/>)
5. European Bioinformatics Institute (<http://www.ebi.ac.uk/>)
6. CATH (<http://www.biochem.ucl.ac.uk/bsm/cath/>)
7. PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi>)
8. Metabolic Pathways of Biochemistry at George Washington University (<http://www.gwu.edu/~mpb/>)
9. Chemistry Biology Information Center at ETH Zurich ([http://www.infochembio.ethz.ch/links/en/biochem\\_metabolismus.html](http://www.infochembio.ethz.ch/links/en/biochem_metabolismus.html))
10. Main Metabolic Pathways on the Internet (<http://home.wxs.nl/~pvsanten/mmp/main.htm>)
11. Enzyme Structures Database (<http://www.ebi.ac.uk/thornton-srv/databases/enzymes/>)

Додатково  
Розподіл балів, які отримують студенти  
Коефіцієнт перерахунку 2,5

Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2					Підсумковий тест	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	100	250
5	5	10	7	8	5	5	5	15	15	10		
МК 1 30 балів Разом 70 б.						МК 2 30 балів Разом 80 б.						