

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Волинський національний університет імені Лесі Українки**  
**Факультет інформаційних технологій і математики**  
**Кафедра комп'ютерних наук та кібербезпеки**

**СИЛАБУС**  
**нормативного освітнього компонента**  
**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В**  
**НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ**  
**підготовки третього (доктора філософії) рівня вищої**  
**освіти спеціальності 113 Прикладна математика**  
**освітньо-наукової програми**  
**Прикладна математика**

Луцьк – 2023

**Силабус освітнього компонента** “Методи та засоби математичного моделювання в наукових дослідженнях” підготовки докторантів, галузі знань 11 – Математика та статистика, спеціальності 113 – Прикладна математика, за освітньо-науковою програмою “Прикладна математика”

Розробник:

Мамчич Тетяна Іванівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри комп’ютерних наук та кібербезпеки

**Погоджено**

Гарант освітньо-наукової програми:



Пастернак Я.М.

**Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри комп’ютерних наук та кібербезпеки**

протокол № 1 від 30.08. 2023 р.

Завідувач кафедри:



Гришанович Т. О.

## ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь, ОКР	Характеристика навчальної дисципліни
		Нормативна
Денна форма навчання	Галузь знань 11 – Математика та статистика, спеціальності 113 – Прикладна математика, за освітньо-науковою програмою “Прикладна математика” рівень “доктор філософії”.	Рік підготовки 2
Кількість годин /кредитів 150/5		Семестр 3
		Лекції 44 год.
		Лабораторні 22 год.
		Самостійна робота 74 год.
		Консультації 10 год.
ІНДЗ: нема		Форма контролю: екзамен

### II Інформація про викладача

**ППП:** Мамчич Тетяна Іванівна;

**Науковий ступінь:** кандидат фізико математичних наук;

**Вчене звання:** доцент;

**Посада:** доцент кафедри комп’ютерних наук та кібербезпеки;

**Контактна інформація:** [Mamchych.Tetyana@vnu.edu.ua](mailto:Mamchych.Tetyana@vnu.edu.ua)

**Дні занять:** <https://ps.vnu.edu.ua/cgi-bin/timetable.cgi?n=700>

### III. Опис освітнього компонента

**Анотація курсу.** Силабус освітнього компонента складено відповідно до освітньо-наукової програми підготовки третього (доктора філософії) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика освітньо-наукової програми “Прикладна математика”.

Освітній компонент “Методи та засоби математичного моделювання в наукових дослідженнях” передбачає вивчення здобувачами освіти основних методів формалізації проблеми та побудови математичної моделі на основі емпіричних даних. До курсу залучено методи статистичного моделювання, ознайомлення з методами прогнозування рядів динаміки, використання моделей дискретної математики для порядкових та мережевих даних, методи аналізу текстових даних, методи машинного навчання для класифікації даних. Навчальний курс реалізується із залученням відповідних комп’ютерних технологій.

**Предметом** вивчення освітнього компонента є методи, моделі та технології математичного моделювання.

**Мета навчальної освітнього компонента:** формування у слухачів знань, вмінь та навичок формалізації наукової чи практичної проблеми, побудови математичної моделі на основі емпіричних даних, розробки алгоритму для вирішення проблеми, аргументації для підтримки прийняття рішення застосування відповідних інформаційних технологій для обробки даних.

### ***Загальні компетентності***

- ЗК01.** Здатність до критичного аналізу, оцінювання, створення та синтезу нових комплексних науково обгрунтованих ідей.
- ЗК02.** Здатність застосовувати сучасні методи наукових досліджень як в обраній галузі, так і в суміжних дисциплінах.
- ЗК03.** Здатність спілкуватися українською та іноземною (англійською) мовами як усно, так і письмово; уміння представляти отримані результати перед науковою спільнотою обраної предметної галузі та громадськістю.
- ЗК04.** Здатність до самоорганізації, саморозвитку та самовдосконалення.
- ЗК05.** Здатність бути критичним і самокритичним.
- ЗК06.** Відповідальність перед суспільством щодо прийнятих рішень та щодо підготовки і навчання здобувачів вищої освіти.
- ЗК07.** Здатність генерувати нові наукові ідеї та ініціювати дослідно-інноваційні проєкти.
- ЗК08.** Здатність до лідерства та управління командою у сфері наукових досліджень.
- ЗК09.** Здатність до пошуку та обробки наукової інформації.

### ***Спеціальні (фахові, предметні) компетентності***

- СК01.** Знання і розуміння сучасних наукових теорій, методів та моделей, уміння застосувати їх до синтезу нових ідей, моделювання та аналізу складних систем, процесів та явищ.
- СК02.** Уміння застосовувати аналітичні методи аналізу та математичного моделювання складних систем, процесів та явищ.
- СК03.** Уміння створювати нові та адаптувати існуючі обчислювальні методи до вирішення науково-проблемних завдань прикладної математики та суміжних галузей.
- СК04.** Здатність інтегрувати наукові знання із різних розділів математики та інших дисциплін, застосовувати системний підхід при здійсненні наукових досліджень та розв'язуванні відповідних науково-прикладних задач.
- СК05.** Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення
- СК07.** Уміння використовувати сучасний комп'ютерний інструментарій для створення програмних рішень, що реалізують створені математичні моделі, методи та обчислювальні алгоритми.
- СК09.** Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач прикладної математики, обробки результатів числових експериментів.
- СК10.** Уміння аргументувати та відстоювати нові результати власних наукових досліджень, спираючись на апробовані наукові знання у галузі прикладної математики.

### ***Програмні результати навчання***

- РН01.** Знання сучасних методів наукових досліджень у галузі математичного моделювання складних процесів, систем та явищ, а також обчислювальних методів їхньої реалізації.
- РН02.** Уміння формулювати завдання та методи власного наукового дослідження, обгрунтовувати його актуальність, мету і значення для розвитку предметної галузі та суміжних дисциплін.
- РН03.** Уміння планувати і виконувати наукові та прикладні дослідження в обраній предметній галузі, робити науково обгрунтовані висновки за їхніми результатами та відстоювати останні.
- РН05.** Уміння здійснювати інноваційні наукові дослідження у предметній галузі, створювати чи синтезувати нові науково обгрунтовані знання.
- РН07.** Уміння шукати, аналізувати та обробляти наукову інформацію з різних джерел
- РН09.** Вмотивованість до навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.
- РН10.** Уміння математичного формулювання задач, що моделюють складні процеси, системи чи явища.
- РН11.** Уміння створювати математичні моделі складних систем, процесів та явищ.
- РН12.** Уміння створювати обчислювальні методи та алгоритми кількісного аналізу складних процесів та систем.

**PH13.** Уміння застосовувати комплексні підходи, що інтегрують у собі наукові методи обраної та суміжних галузей знань.

**PH14.** Уміння створювати ефективні програмні комплекси, зокрема із використанням розподілених обчислень, адаптивних та експертних схем на основі систем штучного інтелекту чи машинного навчання, що дають можливість здійснювати обчислювальні експерименти для вирішення сформульованих задач чи проблем.

**PH15.** Уміння аналізувати, обробляти та представляти отримані наукові результати, прогнозувати їх застосування, науковий, соціальний, економічний ефекти.

### Структура освітнього компонента

**Змістовий модуль 1.** Статистичні методи моделювання. Комп'ютерні технології.

**Змістовий модуль 2.** Моделі дискретної математики, моделювання порядкових та мережових даних.

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Лабор.	Сам. роб.	Конс.	*Форма контролю/ Бали
<b>Змістовий модуль 1. Статистичні методи моделювання. Комп'ютерні технології.</b>						
Тема 1. Формалізація проблеми, поняття математичної моделі, цілі та засоби побудови моделі.		4	2	4		Захист лаб. роботи/2 б.
Тема 2. Програмне забезпечення для обробки даних.		4	6	6	1	Захист лаб. роботи/4 б.
Тема 3. Описові статистики. Візуалізація даних.		4	4	6	1	Захист лаб. роботи/4 б.
Тема 4. Теорія оцінювання. Статистичне виведення.		4	2	6	1	Захист лаб. роботи/2 б.
Тема 5. Кореляційний аналіз. Регресійний аналіз.		4	2	6	1	Захист лаб. роботи/4 б.
Тема 6. Багатовимірні методи для класифікації даних: кластерний, факторний, дискримінантний аналіз, множинна регресія.		6	4	6	1	Захист лаб. роботи/4 б.
Модульна контрольна робота 1						30 б
Разом за модулем 1	74	26	10	34	5	50
<b>Змістовий модуль 2. Моделі дискретної математики, моделі порядкових та дискретних даних.</b>						
Тема 7. Аналіз та прогнозування рядів динаміки. Основні алгоритми у моделях прогнозування часових рядів.		2	2	6	1	Захист лаб. роботи/3 б.
Тема 8. Статистичний аналіз текстів (Text Mining)		4	2	6	1	Захист лаб. роботи/3 б.

Тема 9. Основи машинного навчання, нейронні мережі		2	2	8	1	Захист лаб. роботи/4 б.	
Тема 10. Основи стохастичних методів аналізу (симуляції, стохаст. програмування).		4	2	8		Захист лаб. роботи/4 б.	
Тема 11. Метричний підхід до моделювання в соціальних науках.		2	2	6	1	Захист лаб. роботи/2 б.	
Тема 12. Алгоритми роботи з порядковими та мережевими даними.		4	2	6	1	Захист лаб. роботи/4 б.	
Модульна контрольна робота 2						30 б	
Разом за модулем 2		64	18	10	40	5	50 б.
Види підсумкових робіт	<b>Поточне оцінювання (70 балів)</b>						
	<b>Модуль 1 (15 балів)</b> <b>Модуль 2 (15 балів)</b> <b>Екзамен (30 балів)</b>						
<b>Всього годин/ Балів</b> <b>150/ 100</b>		<b>150</b>	44	22	74	<b>10</b>	100 б.

#### Завдання для самостійного опрацювання

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних робіт.	20
2	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до контрольних робіт.	20
3	Систематизація здобутих знань перед екзаменом	10
	Разом	50

#### IV. Політика оцінювання

**Політика щодо академічної доброчесності.** Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно, а результати раніше зданих робіт анулюються і виконуються повторно у порядку визначеному викладачем. При цьому викладач залишає за собою право змінити завдання.

**Комунікаційна політика.** Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту. Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту, можливе інше (додаткове) джерело комунікації, визначене викладачем для більш оперативного зв'язку зі здобувачами освіти.

**Політика щодо перескладання.** Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

**Політика щодо оскарження оцінювання. Політика щодо оскарження оцінки.** Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку згідно «Положення про порядок і

процедури вирішення конфліктних ситуацій у Волинському національному університеті імені Лесі Українки»

**Політика щодо відвідування занять.** Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати відповідними документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту. За об'єктивних причин навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу та деканом факультету.

**Визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній освіті.** Під час вивчення освітнього компонента можливе визнання результатів навчання отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті. Порядок визнання результатів навчання для здобувачів вищої освіти, набутих у: формальній освіті (академічна мобільність здобувачів освіти на території України чи поза її межами, для здобувачів освіти, які переводяться, поновлюються з інших ЗВО (вітчизняних чи іноземних); неформальній та/або інформальній освіті здійснюється згідно «ПОЛОЖЕННЯ про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки».

При оцінюванні може бути врахований курс “Аналіз даних та статистичне виведення з програмою R” (30 балів), ”Візуалізація даних”(10 балів) на платформі відкритих курсів Prometheus.

### **Підсумковий контроль**

Форма контролю – семестровий екзамен. Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою. Оцінка включає в себе поточний контроль (нараховується за якісне виконання лабораторних робіт) та підсумковий модульний контроль (нараховується за виконання модульних контрольних робіт та модульних тестових робіт). Максимальна кількість балів, яку може отримати здобувач освіти під час поточного оцінювання за семестр – 40 балів. Підсумковий модульний контроль за семестр включає в себе оцінки за всі модульні контрольні роботи, тестові завдання і складає 60 балів.

Якщо за результатами семестру накопичено не менше 75 балів і здобувач освіти погоджується із цим результатом, то оцінка за семестр може виставлятися без складання іспиту. В іншому випадку здобувач освіти складає іспит; максимальна кількість балів, яку можна отримати на іспиті – 60 балів при цьому бали за підсумковий модульний контроль анулюються.

Екзамен проходить в письмовій формі. Оцінка за семестр у випадку складання іспиту є сумою балів поточного контролю та балів, отриманих під час іспиту.

### **Питання, які виносяться на екзамен**

1. Поняття математичної моделі, цілі та засоби побудови моделі.
2. Типи показників для статистичного аналізу. Приклади.
3. Статистичний розподіл даних, способи задання розподілу.
4. Візуалізація статистичного розподілу. Гістограма, кумулята, графік, полігон частот, різні види діаграм.
5. Числові характеристики рівня та розкиду статистичних показників: середнє, мода, медіана, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, стандартна похибка, квантилі, квартилі, децилі, децильний коефіцієнт, коефіцієнт варіації, розмах варіації.
6. Точкові та інтервальні оцінки. Зв'язок точності та надійності довірчих інтервалів. Карти контролю якості.
7. Основні поняття статистичного виведення: перевірка статистичних гіпотез, помилки I і II роду, рівень значущості, потужність критерію.
8. Призначення критеріїв Пірсона  $\chi^2$ , Стьюдента, Фішера, Шапіро, Колмогорова-Смірнова, ANOVA, MANOVA.
9. Кореляційний аналіз. Коефіцієнти зв'язку для двох показників,

9. Парна та множинна регресія. Метод найменших квадратів.
10. Аналіз та прогнозування динамічних рядів, у тому числі із “сезонними змінами”.
11. Методи ARMA, ARIMA аналізу часових рядів.
12. Кластерний аналіз.
13. Факторний аналіз.
14. Дискримінантний аналіз.
15. Поняття про машинне навчання: розпізнавання образів, регресія та класифікація, алгоритми опорних векторів (SVM). Нейронні мережі (NN). Статистичні процедури Bootstrap.
16. Поняття про стохастичні обчислювальні алгоритми: симуляції, метод Монте-Карло, методи випадкового спуску, бджолиного рою для оптимізації, мурашиний алгоритм (Ant Colony Optimization), бджолиний алгоритм (Artificial Bee Colony Algorithm), генетичні алгоритми.
17. Аналіз текстових даних (Text Mining), контент-аналіз заданого корпусу даних. Сучасні можливості програми R для пошуку та аналізу текстових даних.
18. Деякі методи аналізу порядкових даних: коефіцієнт кореляції Спірмена, знаходження колективних рішень (social choice), метрика Кемені-Снелла.
19. Моделі графів для мережевих даних. Збалансованість у моделях знакових графів. Міра статусу Харарі в моделях орієнтованих графів для ієрархічних структур.
20. Моделі ланцюгів Маркова для інформаційних мереж, еволюція ергодичних ланцюгів.
21. Обчислювальні можливості програми R: обчислення в інтерактивному режимі, вектори та матриці, дата фрейми, створення та виконання скриптів, введення та виведення даних, імпорт та експорт.
22. Використання пакетів у програмі R. Статистичні функції для описової статистики, візуалізації даних (plot, hist), перевірки гіпотез, багатовимірних методів, Text Mining (tm), SVM, NN, часові ряди (ts). Можливості пакета “ggplot2”. Статистичні дані на картографічному матеріалі.
23. Програмне забезпечення для аналізу даних (ознайомчий рівень): SPSS, Statgraphics, Systat, Matlab, бібліотека статистичних пакетів Python. Можливості MS Excel (Open Calc).

Екзамен проходить письмово у вигляді складання звіту з відповідями на теоретичні питання та з результатами виконання практичних завдань за допомогою відповідних комп'ютерних програм (копіювання у звіт виконаних команд).

На обчислення, підготовку відповідей та оформлення звіту відводиться 100 хвилин.

Екзаменаційний білет містить 5 теоретичних питань (це можуть також бути завдання на обчислення без комп'ютерних програм, або завдання тестового типу) та 5 практичних завдань на обчислення за допомогою програми R. Для обчислень кожному здобувачу освіти пропонується індивідуальний набір даних.

#### ***Приклад екзаменаційного білета:***

Всі питання по 6 балів.

Теоретичні питання (короткі письмові відповіді):

1. Характеристики розсіяння даних числового показника.
2. Лінія регресії для прогнозування та класифікації даних.
3. Метод SVM: призначення та алгоритм.
4. Факторний аналіз: призначення та умови застосовності.
5. Обчислити результат колективного вибору для набору індивідуальних профілів (порядкових даних).

Практичні завдання (виконуються з програмою R):

6. Для заданого набору даних обчислити середнє, стандартне відхилення, дисперсію, децильний коефіцієнт, нижній та верхній квартилі.
7. Для заданого набору даних побудувати гістограму частот, додати графік щільності.

8. Для заданого набору текстових даних знайти матрицю частот для вказаних лексем (термінів),
9. Обчислити коефіцієнт кореляції для двох заданих документів відносно вживання заданого набору термінів (дані із завд. 8).
10. Для заданого набору даних виконати факторний аналіз. Дати інтерпретацію отриманих результатів.

**Шкала оцінювання (національна та ECTS)**  
**Шкала оцінювання знань здобувачів освіти з освітніх компонентів, де формою контролю є іспит**

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

**Рекомендована література та інтернет-ресурси**

1. Sheldon Lee (2021) *Mathematical Modeling and Simulation with MATLAB*. Viterbo University Megan Buzby, University of Alaska Southeast.  
URL: <http://hdl.handle.net/11122/12246>
2. Майборода Р. Комп'ютерна статистика. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2019. 496 с.  
URL: <https://drive.google.com/file/d/1O6rJ5TOJ5v15gVP5vzLsHzBPCj-BtYqL/view>
3. Інтелектуальний аналіз даних. Частина 1 / М.В. Талах, В.В. Дворжак – Чернівці: Технодрук, 2022. – 367 с. (641.0Kb). URL: <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/6751>
4. Майборода Р.С. "Методичні рекомендації по курсу "Дескриптивна статистика" для студентів III курсу"., 34 р. – 2020. URL: <https://probability.knu.ua/userfiles/mre/descrtasks.pdf>
5. Bast H., Korzen C., Meyer U., Penschuck M. *Algorithms for Big Data*, Springer, 2023.  
URL: <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/61296>
6. TextMining with R. *SlideShare*. URL: <http://www.slideshare.net/whitish/textmining-with-r> (date of access: 05.09.2022).
7. Моклячук М.П. Лекції з теорії ймовірностей та математичної статистики. КНУ ім. Тараса Шевченка. 2020. 177 с.  
<https://mechmat.knu.ua/wp-content/uploads/2020/05/teor-imovi-mmp.pdf>
8. R: The R Project for Statistical Computing. *R: The R Project for Statistical Computing*. URL: <https://www.r-project.org> (date of access: 05.09.2022).
9. Package "timeSeries". URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/timeSeries/timeSeries.pdf>