МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РОБОТОТЕХНІКИ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету
_____ Анатолій ТКАЧУК
«26» серпня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор
_____ Надія КОВАЛЬЧУК
«26» серпня 2026 р.

СИЛАБУС

з освітнього компонента «Технології числового моделювання»
ступінь вищої освіти – магістр
галузь знань – Е Природничі науки, математика та статистика
спеціальність – Е7 Математика
освітня програма – Інтелектуальний аналіз даних

Кафедра штучного інтелекту та математичного моделювання

Силабус склав(ла) доцент кафедри штучного інтелекту та математичного моделювання, к.т.н., доцент Олександр БОНДАРСЬКИЙ

Силабус затверджений на засіданні кафедри штучного інтелекту та математичного моделювання, протокол № 1 від «26» серпня 2026 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор Олена МІКУЛІЧ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення освітньої програми «Інтелектуальний аналіз даних», протокол № 1 від «26» серпня 2026 р.

Гарант ОП «Інтелектуальний аналіз даних» к.ф.-м.н., доцент Галина ГУБАЛЬ

Схвалено науково-методичною радою університету, протокол № 1 від «26» серпня 2026 р.

Затверджений силабус онлайн:
https://e.lntu.edu.ua/syllabus/3239

Луцьк – 2026

СИЛАБУС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА «Технології числового моделювання»

Освітня програма	Інтелектуальний аналіз даних
Галузь знань / Спеціальність	Е Природничі науки, математика та статистика / Е7 Математика
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Статус дисципліни	нормативна
Мова викладання	українська
Обсяг	6 кредитів ECTS / 180 годин, семестр 1
Форма контролю	екзамен
Викладач(і)	к.т.н., доцент Олександр БОНДАРСЬКИЙ

1. Мета і завдання дисципліни

Мета: полягає у вивченні всіх важливих аспектів моделювання, включаючи формальні моделі систем масового обслуговування, системної динаміки та мереж Петрі, технологію і програмне забезпечення моделювання, перевірку достовірності та правильності моделей, методів моделювання випадкових чисел, величин і процесів, планування експериментів й аналіз результатів моделювання з наступним прийняттям рішень.

Завдання: отримати базові інженерні знання, необхідні для розуміння прин- ципів функціонування визначених класів систем;
оволодіти методами системного аналізу і керування проектами, необхідними для коректної постановки задачі моделювання і організації робіт з реалізації й використання моделей;

Пререквізити: Ділова іноземна мова, Методологія наукових досліджень

2. Компетентності

ЗК01 — Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02 — Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

СК02 — Здатність застосовувати методи математичної статистики та інтелектуального аналізу для дослідження характеристик складних систем, проведення числових експериментів та верифікації отриманих результатів.

СК04 — Здатність до математичного та комп’ютерного моделювання даних, статистичного аналізу та їх обробки, проведення обчислювальних експериментів.

СК07 — Здатність використовувати сучасні математичні програмні пакети, програмні бібліотеки та методи числового моделювання для реалізації алгоритмів інтелектуального аналізу даних, оптимізації їх обчислювальної ефективності та масштабованості.

3. Структура дисципліни, розподіл годин, зв'язок тем з компетентностями

№	Назва теми	Лекції	Практ./ Семін./ лаб	Самост. робота	Разом	Методи навчання	Методи оцінювання	ЗК та СК
Змістовий модуль 1.								
1	Тема 1. Загальні положення та визначення	4	4	13,5	21,5	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	
2	Тема 2. Моделі систем масового обслуговування	3,25	3,25	13,5	20	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	

№	Назва теми	Лекції	Практ./ Семін./ лаб	Самост. робота	Разом	Методи навчання	Методи оцінювання	ЗК та СК
3	Тема 3. Мережі Петрі	3,25	3,25	13,5	20	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	
4	Тема 4. Імовірнісне моделювання	3,25	3,25	13,25	19,75	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	
Змістовий модуль 2.								
5	Тема 5. Імітаційне моделювання	3,25	3,25	13,25	19,75	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	
6	Тема 6. Програмне забезпечення імітаційного моделювання	3,25	3,25	13,25	19,75	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	
7	Тема 7. Планування та проведення експериментів з моделями	3,25	3,25	13,25	19,75	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	
8	Тема 8. Прийняття рішень за результатами моделювання	3,25	3,25	13,25	19,75	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	
9	Тема 9. Імітаційне моделювання виробничих та комп’ютерних систем	3,25	3,25	13,25	19,75	МН1, МН2, МН6	МО1, МО2, МО4	
	Разом	**30**	**30**	**120**	**180**			

Легенда: ЗК — загальна компетентність (номер за п. 2); СК — спеціальна (фахова) компетентність (номер за п. 2). Повне формулювання кожного коду наводиться в ОП / стандарті спеціальності.

Методи навчання: МН1 — словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо); МН2 — практичний метод (лабораторні та практичні заняття); МН6 — самостійна робота (розв’язання завдань).

Методи оцінювання: МО1 — екзамен; МО2 — усне або письмове опитування; МО4 — тестування.

4. Результати навчання

ПРН04. Уміти використовувати аналітичні та числові методи математики для інтелектуального аналізу та розв’язання нових наукових завдань.

ПРН05. Уміти здійснювати аналітико-числовий аналіз взаємопов’язаних процесів різної природи та розробляти математичні та комп’ютерні моделі аналізу даних природних, соціо-економічних та технічних систем.

5. Цілі сталого розвитку

ЦСР 8 – Гідна праця та економічне зростання

ЦСР 9 – Промисловість, інновації та інфраструктура

6. Неформальна освіта

Рекомендовані курси, тренінги, стажування та інші: результати навчання, здобуті у формальній, неформальній чи інформальній освіті, можуть бути визнані відповідно до процедур ЛНТУ. Підтвердженнями можуть бути сертифікати тематичних тренінгів, вебінарів чи онлайн-курсів разом з описом досягнутих результатів навчання та, за потреби, коротке верифікаційне завдання або портфоліо.

7. Критерії та форми контролю

Оцінювання — за 100-бальною шкалою (національна шкала / ЄКТС). Підсумковий бал = поточний контроль (30 %) + модульний контроль (30 %) + екзамен (40 %).

Академічна доброчесність: самостійне виконання завдань; коректне посилання на джерела; позначення частин тексту, згенерованих засобами ШІ. Порушення академічної доброчесності не толеруються.

8. Зміст тем

Тема 1. Загальні положення та визначення

1.1. Поняття системи
1.2. Поняття моделі
1.3. Співвідношення між моделлю та системою
1.4. Класифікація моделей
1.5. Вимоги до моделей
1.6. Основні види моделювання
1.7. Декомпозиція систем і простір станів
1.8. Формальні методи побудови моделей
1.8.1. Кібернетичний підхід
1.8.2. Системна динаміка
1.8.3. Теоретико-множинний підхід
1.9. Принципи побудови моделей
1.10. Технологія моделювання

Тема 2. Моделі систем масового обслуговування

2.1. Характеристики систем масового обслуговування
2.1.1. Вхідний потік вимог
2.1.2. Організація черги
2.1.3. Правила обслуговування вимог
2.1.4. Вихідний потік вимог
2.1.5. Режими роботи системи масового обслуговування
2.2. Типи моделей систем масового обслуговування
2.3. Формула Літтла
2.4. Одноканальні системи масового обслуговування
2.5. Багатоканальні системи масового обслуговування
2.6. Основи дискретно-подвійного моделювання
систем масового обслуговування
2.6.1. Деякі визначення, потрібні під час моделювання систем масового обслуговування
2.6.2. Простір станів системи масового обслуговування
2.6.3. Приклад побудови моделі системи масового обслуговування
2.7. Мережі систем масового обслуговування
2.7.1. Загальні відомості про мережі СМО
2.7.2. Операційний аналіз мереж систем масового обслуговування
2.7.3. Аналіз вузьких місць у мережі

Тема 3. Мережі Петрі

3.1. Прості мережі Петрі
3.1.1. Розмітка мережі Петрі

3.1.2. Формальне визначення мереж Петрі
3.2. Моделювання систем за допомогою мереж Петрі
3.2.1. Розширення простих мереж Петрі
3.2.2. Формалізоване зображення моделі за допомогою мережі Петрі
3.2.3. Розширення можливостей вузлів під час моделювання
3.2.4. Розширення можливостей дуг під час моделювання
3.2.5. Розширення можливостей переходів під час моделювання

Тема 4. Імовірнісне моделювання

4.1. Метод статистичних випробувань
4.2. Генератори випадкових чисел
4.2.1. Типи генераторів
4.2.2. Лінійні конгруентні генератори
4.3. Перевірка послідовностей випадкових чисел
4.4. Моделювання випадкових подій та дискретних величин
4.4.1. Незалежні випадкові події
4.4.2. Група несумісних подій
4.4.3. Умовна подія
4.4.4. Випадкова дискретна величина
4.4.5. Геометричний розподіл.
4.4.6. Біноміальний розподіл
4.4.7. Розподіл Пуассона
4.5. Моделювання неперервних випадкових величин
4.5.1. Метод оберненої функції.
4.5.2. Рівномірний розподіл
4.5.3. Експоненціальний розподіл
4.5.4. Пуассонівський потік
4.5.5. Нормальний розподіл.
4.5.6. Логарифмічно-нормальний розподіл.
4.5.7. Розподіл і потоки Ерланга
4.5.8. Розподіл Вейбула
4.5.9. Гіпер- і гіпоекспоненціальні розподіли
4.6. Моделювання випадкових векторів
4.7. Моделювання випадкових процесів
4.8. Статистична обробка результатів моделювання
4.8.1. Оцінювання ймовірності.
4.8.2. Оцінювання розподілу випадкової величини
4.8.3. Оцінювання математичного сподівання
4.8.4. Оцінювання дисперсії.
4.8.5. Оцінювання кореляційного моменту.
4.9. Визначення кількості реалізацій під час моделювання випадкових величин
4.9.1. Оцінювання ймовірності
4.9.2. Оцінювання середнього значення

Тема 5. Імітаційне моделювання

5.1. Доцільність використання імітаційного моделювання
5.2. Методи проектування імітаційних моделей
5.2.1. Варіантний метод.
5.2.2. Ітераційний метод
5.2.3. Ієрархічні методи
5.3. Формулювання проблеми та змістовна постановка задачі.
5.4. Розроблення концептуальної моделі
5.4.1. Вибір ступеня деталізації опису об’єкта моделювання.
5.4.2. Опис змінних моделі

5.4.3. Формалізоване зображення концептуальної моделі.
5.5. Вибір засобів реалізації імітаційної моделі.
5.6. Розроблення структурної схеми імітаційної моделі
та опису її функціонування
5.7. Програмна реалізація імітаційної моделі
5.8. Автоматизація програмування
5.8.1. Комп'ютерна інженерія
5.8.2. Мова SDL
5.8.3. Метод OOSE
5.8.4. Метод Буча
5.8.5. Мова UML
5.8.6. Методологія ROOM
5.8.7. Метод RUP
5.8.8. Програмні генератори імітаційних моделей
5.9 . Імітаційна модель персонального комп’ютера.
5.9.1. Концептуальна модель персонального комп'ютера
5.9.2. Розроблення імітаційної моделі.
5.9.3. Процесно-орієнтований алгоритм моделювання персонального комп’ютера
5.10. Перевірка достовірності і правильності імітаційних моделей

Тема 6. Програмне забезпечення імітаційного моделювання

6.1. Принципи побудови мов моделювання
6.1.1. Мови, орієнтовані на події
6.1.2. Мови, орієнтовані на певні види діяльності
6.1.3. Мови, орієнтовані на процеси
6.2. Квазіпаралельна робота програм у модельному часі
6.3. Стани процесів
6.4. Організація керування процесом моделювання
6.5. Системи планування в мовах моделювання
6.6. Історія розвитку засобів імітаційного моделювання
6.7. Розвиток технологій імітаційного моделювання в Україні
6.8. Сучасний етап розвитку імітаційного моделювання
6.8.1. Засоби паралельного моделювання.
6.8.2. Засоби, орієнтовані на веб-технології
6.8.3. Архітектура високого рівня.
6.9. Системи імітаційного моделювання
6.10. GPSS
6.11. SIMSCRIPT
6.12. Taylor II і Taylor ED
6.13. Об’єктно-орієнтоване візуальне моделювання
6.14. Об’єктно-орієнтований пакет SIMPLE++
6.15. Інтерактивний пакет для моделювання Simulink
6.16. Системи візуального моделювання неперервних процесів
6.17. Методи штучного інтелекту в імітаційному моделюванні

Тема 7. Планування та проведення експериментів з моделями

7.1. Проблеми планування імітаційних експериментів
7.2. Оцінювання точності результатів моделювання.
7.2.1. Перехідний режим роботи моделі
7.2.2. Стаціонарний режим роботи моделі
7.2.3. Метод реплікації і вилучення
7.2.4. Ергодичні процеси
7.2.5. Регенеративні процеси
7.3. Методи зниження дисперсії
7.3.1. Метод доповнювальних величин

7.3.2. «Російська рулетка» і розбивання вибірки
7.3.3. Загальні випадкові числа
7.4. Факторний план
7.5. Дисперсійний аналіз ANOVA.
7.6. Особливості планування експериментів
7.7. Повний факторний експеримент
7.7.1. Дворівневий факторний план
7.7.2. Факторний план 2k
7.8. Дробовий дворівневий факторний експеримент
7.9. Пошук екстремальних значень на поверхні відгуку.
7.10. Прискорення процесу імітаційного моделювання.

Тема 8. Прийняття рішень за результатами моделювання

8.1. Подання результатів моделювання
8.2. Методи прийняття рішень
8.3. Методи оптимізації
8.4. Використання методів оптимізації під час проектування
8.5. Прийняття рішень щодо удосконалення системи
8.6. Порівняння альтернативних варіантів системи
8.7. Приклади прийняття рішень за допомогою імітаційного моделювання
8.7.1. Моделювання технологічного процесу ремонту
та заміни обладнання
8.7.2. Моделювання виробничої дільниці

Тема 9. Імітаційне моделювання виробничих та комп'ютерних систем

9.1. Виробничі процеси
9.2. Процеси розподілу ресурсів
9.3. Процеси обслуговування
9.4. Процеси керування розробленням проектів.
9.5. Комп'ютерні системи та мережі

9. Опис ІЗ/КПІЗ

Не передбачено навчальним планом.

10. Загальні вимоги

Освітній процес регулюється академічними правилами ЛНТУ. Здобувачі освіти зобов'язані ознайомитися з вимогами, визначеними Кодексом академічної доброчесності ЛНТУ та Політикою етичного використання штучного інтелекту в ЛНТУ, і дотримуватися принципів академічної доброчесності та етичного використання штучного інтелекту в освітній діяльності.

Академічна доброчесність. Учасники освітнього процесу зобов'язані дотримуватися Закону України «Про академічну доброчесність» від 18.12.2025 № 4742-IX та внутрішніх нормативних документів ЛНТУ. Не допускаються академічний плагіат, фабрикація, фальсифікація, привласнення авторства, несамостійне виконання завдань, а також недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом.

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту можуть використовуватися для пошуку ідей, пояснення методів, попереднього структурування, мовного редагування та допоміжного аналізу неконфіденційних даних, якщо конкретне завдання не передбачає повністю самостійного виконання. Здобувач освіти має зазначати використаний інструмент, мету та етап його застосування, перевіряти факти й розрахунки та самостійно обґрунтовувати висновки.

11. Література

І. Навчально-методичні матеріали та розробки

Праці автора силабуса:

1. Моделювання динамічних процесів у складних системах: методичні вказівки для самостійної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Прикладна математика» галузі знань F Інформаційні технології спеціальності F1 «Прикладна математика» денної та заочної форм навчання (перша частина) / укладач О. Бондарський. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 17 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/4324

2. Моделювання динамічних процесів у складних системах: метод. вказівки для практичних занять для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Прикладна математика» галузі знань F Інформаційні технології спеціальності F1 «Прикладна математика» денної та заоч. форм навч. (перша частина) / уклад. О. Бондарський. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 57 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/4322

3. Методи розв’язання інженерних задач : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Штучний інтелект та аналіз масивів даних» галузі знань 11 Математика і статистика спец. 113 «Прикладна математика» денної та заоч. форм навч. / уклад.: О. Г. Бондарський, О. С.Приходько. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 75 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/2575

4. Методи розв’язання інженерних задач : метод.і вказівки до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Штучний інтелект та аналіз масивів даних» галузі знань 11 Математика і статистика спец. 113 «Прикладна математика» денної та заоч. форм навч. / уклад. О. Г. Бондарський. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 24 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/2574

5. Моделювання динамічних процесів у складних системах: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Прикладна математика» галузі знань F Інформаційні технології спеціальності F1 «Прикладна математика» денної та заоч. форм навч. (перша частина) / уклад. О. Бондарський. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 51 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/4323

6. Переддипломна практика : метод. вказівки до переддипломної практики для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Штучний інтелект та аналіз масивів даних» галузі знань 11 Математика і статистика спец. 113 «Прикладна математика» денної та заоч. форм навч. / уклад. О.Г. Бондарський. – Луцьк : ЛНТУ, 2025. – 31 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/785

7. Теоретична механіка : конспект лекцій для здобувачів технічних спец. першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заоч. форм навч. (Статика) / уклад.: О.Г. Бондарський, О.С. Приходько. – Луцьк : ЛНТУ, 2025. – 75 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/783

ІІ. Наукові праці

Праці автора силабуса:

8. Trach, V. M., Podvornyi, A. V., & Bondarskyi, O. H. (2026). Thermoforce deformation of nonthin anisotropic cylindrical shells protected by a functionally graded material. Journal of Mathematical Sciences, 299, 591–605. https://doi.org/10.1007/s10958-026-08448-6.

9. Uzhehov, S. O., Uzhehova, O. A., Bondarskyi, O. G., Zadorozhnikova, I. V., Aleksiievets V. I. Determination of the load-bearing capacity of reinforced concrete columns. Modern technologies and calculation methods in construction, 2025. № 24. С. 539-552. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025- 14(24)-46

10. Бондарський О. Г., Ужегова О. А., Дробишинець С. Я., Денейчук В. Є., Формазюк В. І. Моделювання та розрахунок складеної оболонки типу “конус-циліндр-конус”. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2025. № 23. С. 66-74. https://doi.org/10.36910/6775-2410 6208-2025-13(23)-07

11. Дробишинець , С., Ужегова , О., Бондарський , О., Ужегов , С., Ротко С., Денейчук, В. Результати обстеження конструкцій прибудови до корпусу громадської будівлі у м. Луцьк. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2025. № 22. С. 57-66. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-12(22)-06

12. Trach V. M., Podvornyi A. V., Zhukova N. B., Bondarskyi O. G. Free vibrations of layered anisotropic thick-walled cylindrical shells. Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. 2024. Issue 113. P. 250-264. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/4327

13. Шваб'юк В., Ротко С., Шваб'юк В., Бондарський О., Ужегова О. Циліндричний згин трансверсально-ізотропної плити, частково обпертої на жорсткий фундамент. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, 2023. № 18. С. 183-191. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-19

14. Бондарський О., Дробишинець С., Лучинець С., Ротко С., Ужегова О. Технічне обстеження залізобетонних конструкцій. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2023. № 19. С. 22-32. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9(19)-03

15. Бондарський О., Ужегова О. Дослідження моделі термопружного стану оболонкової системи «конус-циліндр». Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2023. № 19. С. 13-21. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9(19)-02

16. Трач В.М., Подворний А.В., Бондарський О.Г. Варіаційний принцип стосовно встановлення параметрів вільних коливань товстостінної пружної анізотропної циліндричної оболонки. Ресурсноекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. 2021. Вип. 40. С. 191-208. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/4602

17. Бондарський О., Ужегова О. Моделювання та дослідження термопружного стану тришарової складеної оболонки. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2023. № 18. С. 34-39. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-04

18. Бондарський О., Бабков О. Вплив термочутливості матеріалу шарів на напружено-деформований стан багатошарових оболонок і пластин. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, 2022. № 16. С. 20-25. https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-03