МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету
_____ Інна КОНДЮС
«26» серпня 2026 р.

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

СИЛАБУС

з освітнього компонента «Моделювання складних інформаційних систем»
ступінь вищої освіти – доктор філософії
галузь знань – F Інформаційні технології
спеціальність – F2 Інженерія програмного забезпечення
освітня програма – Інженерія програмного забезпечення

Кафедра інженерії програмного забезпечення

Силабус склав(ла) професор кафедри інженерії програмного забезпечення, д.т.н., професор Ігор АНДРУЩАК

Силабус затверджений на засіданні кафедри інженерії програмного забезпечення, протокол № 1 від «26» серпня 2026 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент Наталія ЛІЩИНА

Розглянуто та схвалено групою забезпечення освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення», протокол № 1 від «26» серпня 2026 р.

Гарант ОП «Інженерія програмного забезпечення» к.т.н., доцент Валерій ЛІЩИНА

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

Затверджений силабус онлайн:
https://e.lntu.edu.ua/syllabus/1499

Луцьк – 2026

СИЛАБУС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА «Моделювання складних інформаційних систем»

Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення
Галузь знань / Спеціальність	F Інформаційні технології / F2 Інженерія програмного забезпечення
Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Статус дисципліни	нормативна
Мова викладання	українська
Обсяг	5 кредитів ECTS / 150 годин, семестр 1
Форма контролю	екзамен
Викладач(і)	д.т.н., професор Ігор АНДРУЩАК

1. Мета і завдання дисципліни

Мета: Формування у здобувачів ступеня доктора філософії здатності розробляти, досліджувати, верифікувати та валідовувати концептуальні, математичні, формальні, імітаційні й комп’ютерні моделі складних інформаційних систем для отримання нових наукових результатів та обґрунтування інноваційних рішень в інженерії програмного забезпечення.

Завдання: - сформувати системне розуміння складних інформаційних систем як об’єктів наукового дослідження та навчити визначати межі, припущення, змінні й критерії адекватності моделі;
- опанувати архітектурні, модельно-орієнтовані, формальні, імітаційні та орієнтовані на дані підходи до моделювання;
- навчити формулювати дослідницькі гіпотези, планувати комп’ютерні експерименти, аналізувати чутливість і невизначеність;
- сформувати здатність верифікувати реалізацію моделі, валідовувати її щодо мети дослідження та аргументувати межі застосовності;
- забезпечити перенесення результатів моделювання у власне дисертаційне дослідження з дотриманням принципів відтворюваності та академічної доброчесності.

Пререквізити: Базові знання з інженерії програмного забезпечення, архітектури програмних систем, дискретної математики, теорії ймовірностей, статистики та програмування, набуті на попередніх рівнях освіти.

2. Компетентності

ІК — інтегральна компетентність: Здатність продукувати нові ідеї, розв’язувати комплексні проблеми професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері інженерії програмного забезпечення та з дотичних до неї міждисциплінарних напрямах, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

СК01 — Здатність інтегрувати знання з різних галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв’язанні комплексних проблем інженерії програмного забезпечення й проведенні досліджень.

СК02 — Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері інженерії програмного забезпечення, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК03 — Здатність отримувати нові наукові результати, які створюють нові знання та становлять оригінальний внесок у розвиток інженерії програмного забезпечення та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів.

СК05 — Здатність до розроблення нових та вдосконалення існуючих моделей, методів, засобів,

процесів у сфері інженерії програмного забезпечення, які забезпечують розвиток або надають нові можливості технологіям розробки та супроводження програмного забезпечення.

СК06 — Здатність до застосування сучасних методологій, методів та інструментів інженерії програмного забезпечення в науково-педагогічній та науковій діяльності.

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

№	Назва теми	Лекції	Лаб.	Самост. робота	Разом	Методи навчання	Методи оцінювання	ЗК та СК
Змістовий модуль 1. Концептуальні, архітектурні та формальні засади моделювання.								
1	Тема 1. Складні інформаційні системи як об’єкт наукового дослідження.	2	4	12	18	МН1, МН2, МН3, МН6	МО1, МО2, МО4, МО7, захист лабораторної роботи	СК01, СК02
2	Тема 2. Архітектурне моделювання та множинність точок зору.	2	4	12	18	МН1, МН2, МН3, МН6	МО1, МО2, МО4, МО7, захист лабораторної роботи	СК01, СК05, СК06
3	Тема 3. Модельно-орієнтована системна та програмна інженерія.	2	4	12	18	МН1, МН2, МН3, МН6	МО1, МО2, МО4, МО7, захист лабораторної роботи	СК05, СК06
4	Тема 4. Формальні моделі поведінки та верифікація властивостей.	2	4	12	18	МН1, МН2, МН3, МН6	МО1, МО2, МО4, МО7, МО8, захист лабораторної роботи	СК02, СК05, СК06
Змістовий модуль 2. Обчислювальні моделі, експеримент і валідація.								
5	Тема 5. Імітаційне моделювання та планування комп’ютерного експерименту.	2	4	15	21	МН1, МН2, МН3, МН6	МО1, МО2, МО4, МО7, МО8, захист лабораторної роботи	СК02, СК05, СК06, СК03
6	Тема 6. Моделі розподілених, хмарних і подієво-орієнтованих систем.	2	4	14	20	МН1, МН2, МН3, МН6	МО1, МО2, МО4, МО7, МО8, захист лабораторної роботи	СК06, СК05
7	Тема 7. Моделі, орієнтовані на дані, цифрові двійники та інтелектуальні компоненти.	1	2	14	17	МН1, МН2, МН3, МН6	МО1, МО2, МО4, МО7, МО8, захист лабораторної роботи	СК01, СК02, СК05, СК06
8	Тема 8. Верифікація, валідація та обґрунтування наукової цінності моделей.	2	4	14	20	МН1, МН2, МН3, МН6	МО1, МО2, МО4, МО7, МО8, захист лабораторної роботи	СК02, СК06, СК03
	Разом	**15**	**30**	**105**	**150**			

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); МН3 — наочний метод (метод ілюстрацій і метод демонстрацій); МН6 — самостійна робота (розв'язання завдань).

Методи оцінювання: МО1 — екзамен; МО2 — усне або письмове опитування; МО4 — тестування; МО7 — презентації результатів виконаних завдань та досліджень; МО8 — презентація та виступи на наукових заходах.

4. Результати навчання

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з інженерії програмного забезпечення та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напряму, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН02. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з інженерії програмного забезпечення та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм академічної і професійної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН03. Пропонувати нові ефективні методи і моделі розроблення, впровадження, супроводу та забезпечення якості програмного забезпечення та управління відповідними процесами на всіх етапах життєвого циклу.

ПРН06. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН07. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у інженерії програмного забезпечення та дотичних міждисциплінарних напрямах.

ПРН09. Формулювати та вирішувати задачі оптимізації, адаптації, прогнозування, керування та прийняття рішень щодо процесів, засобів та ресурсів розробки, впровадження, супроводу та експлуатації програмного забезпечення.

ПРН10. Аналізувати та оцінювати стан і перспективи розвитку інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій у цілому.

5. Цілі сталого розвитку

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. Складні інформаційні системи як об'єкт наукового дослідження.

Ознаки складності інформаційних систем: взаємозалежність компонентів, емерджентність, відкритість, адаптивність і невизначеність. Межі системи, зовнішнє середовище та зацікавлені

сторони. Мета моделювання, дослідницьке питання й припущення. Описові, пояснювальні та прогностичні моделі. Рівні абстракції, вхідні й вихідні змінні, параметри та обмеження. Вибір типу моделі відповідно до дослідницької задачі. Критерії придатності та межі застосовності моделі.

Тема 2. Архітектурне моделювання та множинність точок зору.

Архітектура та архітектурний опис за ISO/IEC/IEEE 42010:2022. Інтереси зацікавлених сторін, точки зору та архітектурні подання. Моделі компонентів, взаємодії та розгортання. Узгодженість подань і простежуваність архітектурних рішень. Порівняння альтернатив за визначеними критеріями. Документування припущень, компромісів і наслідків рішень. Зміна архітектурного опису під час розвитку системи.

Тема 3. Модельно-орієнтована системна та програмна інженерія.

Принципи модельно-орієнтованої системної інженерії — MBSE. Призначення UML 2.5.1 та SysML 1.7. Моделі вимог, структури й поведінки системи. Відмінність між моделлю та її окремими діаграмами. Поняття метамоделі, обмежень і перетворення моделей. Простежуваність зв’язків між вимогами, елементами системи та перевірками. Аналіз впливу зміни вимоги на модель. Перевірка узгодженості та керування версіями модельних артефактів.

Тема 4. Формальні моделі поведінки та верифікація властивостей.

Скінченні автомати та системи переходів як засоби подання поведінки. Стани, події, переходи, початкові умови та інваріанти. Огляд мереж Петрі для опису конкурентних процесів. Властивості безпеки, живучості, досяжності та відсутності взаємного блокування. Принцип перевірки моделей — model checking. Основи ймовірнісної перевірки моделей у PRISM. Інтерпретація результатів перевірки та порушень властивостей. Абстракція, обмеження простору станів і залежність висновків від припущень моделі.

Тема 5. Імітаційне моделювання та планування комп’ютерного експерименту.

Призначення дискретно-подійного, агентного та системно-динамічного моделювання. Вибір підходу відповідно до задачі. Події, ресурси, черги та модельний час у дискретно-подійній моделі. Фактори, рівні факторів, показники результату й критерії завершення прогону. Початкові умови та випадкові величини. Незалежні повторні прогони, описові статистики й довірчі інтервали. Відмінність між калібруванням і валідацією. Фіксація параметрів, початкових значень генератора випадкових чисел і результатів експерименту.

Тема 6. Моделі розподілених, хмарних і подієво-орієнтованих систем.

Подання вузлів, сервісів, черг і каналів зв’язку в моделі розподіленої системи. Конкурентне опрацювання запитів, затримки передавання та обмежені ресурси. Припущення щодо навантаження й відмов. Реплікація та узгодженість даних як архітектурні чинники. Моделювання часу відповіді, пропускної здатності та наслідків відмов. Порівняння конфігурацій за однакових умов. Виявлення вузьких місць і пояснення компромісів між продуктивністю, ресурсами та стійкістю.

Тема 7. Моделі, орієнтовані на дані, цифрові двійники та інтелектуальні компоненти.

Побудова моделей на основі спостережень. Вхідні ознаки, цільова змінна, навчальні й контрольні дані. Проста регресійна модель та базовий прогноз для порівняння. Помилка прогнозування, перенавчання й ризик витоку даних. Призначення сурогатних моделей. Поняття цифрової моделі, цифрової тіні та цифрового двійника; зв’язок із даними про стан об’єкта. Обмеження прогнозування за межами досліджених умов. Розгляд одного навчального прикладу.

Тема 8. Верифікація, валідація та обґрунтування наукової цінності моделей.

Верифікація реалізації та валідація моделі відповідно до мети використання. Перевірка обчислень, граничних випадків і логічної узгодженості. Порівняння результатів із незалежними спостереженнями. Критерії прийнятності похибки. Локальний аналіз чутливості й основні джерела невизначеності. Розмежування підтверджених результатів, припущень і необґрунтованих узагальнень. Документування обмежень, підготовка матеріалів для відтворення дослідження та формулювання науково обґрунтованих висновків.

9. Опис ІЗ/КПІЗ

Не передбачено навчальним планом.

10. Самостійна робота

Самостійна робота здобувача є одним із способів активного, цілеспрямованого набуття нових для нього знань та умінь; є основою його підготовки як фахівця, забезпечує набуття прийомів пізнавальної діяльності, інтерес до творчої роботи, вирішення наукових та практичних завдань.

Основні види самостійної роботи здобувача: опрацювання навчального матеріалу, пошук інформації в бібліотеках, мережі Інтернет, використання баз даних інформаційно-пошукових та довідникових систем; підготовка до виконання занять, опрацювання інструкцій і методичних рекомендацій; підготовка доповідей, рефератів, звітів; виконання індивідуальних завдань; самооцінювання знань і умінь; творча робота здобувача (наукової публікації, тез доповідей, есе) тощо.

Питання та завдання самостійної роботи формуються на початку викладання курсу залежно від мети наукових досліджень здобувача та його індивідуального навчального плану.

Самостійна робота здобувача є формою його індивідуальної позааудиторної роботи, метою якого є самостійне засвоєння частини програмного матеріалу, систематизація, поглиблення, узагальнення, закріплення та практичне застосування знань, розвиток навичок самостійної науково-дослідної роботи. Самостійна робота здобувача є складовою навчальної програми курсу, яка виконується на перевірку знань, умінь та навичок, отриманих під час лекційних і лабораторних занять, охоплює декілька тем та (або) зміст освітньої компоненти в цілому.

Самостійну роботу здобувач може виконувати у бібліотеці, навчальних кабінетах, лабораторіях, комп’ютерних класах тощо. Виконання здобувачем самостійної роботи супроводжується отриманням консультацій викладача, наукового керівника, гаранта ОНП. Навчальний матеріал для самостійної роботи виноситься на поточний і підсумковий контроль разом з навчальним матеріалом, який опрацьовувався під час аудиторних занять.

11. 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.

12. Література

І. Навчально-методичні матеріали та розробки

Праці автора силабуса:

1. Моделювання складних інформаційних систем: методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти освітньо-наукової програми «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань F Інформаційні технології спеціальності F2 Інженерія програмного забезпечення / уклад.: І. Є. Андрущак. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 32 с.

2. Моделювання складних інформаційних систем: конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти освітньо-наукової програми «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань F Інформаційні технології спеціальності F2 Інженерія програмного забезпечення / уклад.: І. Є. Андрущак. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 36 с.

Праці інших авторів:

3. INCOSE. Systems Engineering Handbook. 5th ed. Wiley, 2023. URL: https://www.wiley.com/en-us/INCOSE+Systems+Engineering+Handbook%2C+5th+Edition-p-9781119814290.

4. Buede D. M., Miller W. D. The Engineering Design of Systems: Models and Methods. 4th ed. Wiley, 2024. URL: https://www.wiley.com/en-us/The+Engineering+Design+of+Systems%3A+Models+and+Methods%2C+4th+Edition-p-9781119984016.

5. Richards M., Ford N. Fundamentals of Software Architecture. 2nd ed. O'Reilly Media, 2025. URL: https://www.oreilly.com/library/view/fundamentals-of-software/9781098175504/.

6. Law A. M. Simulation Modeling and Analysis. 6th ed. McGraw Hill, 2024. URL: https://www.mheducation.com/highered/mhp/product/simulation-modeling-analysis-sixth-edition.html.

7. van Steen M., Tanenbaum A. S. Distributed Systems. 4th ed. distributed-systems.net, 2023. URL: https://www.distributed-systems.net/index.php/books/ds4/.

8. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R., Taylor J. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in Python. Cham: Springer, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-38747-0.

9. Ford N., Richards M., Sadalage P., Dehghani Z. Software Architecture: The Hard Parts. O'Reilly Media, 2021. URL: https://www.oreilly.com/library/view/software-architecture-the/9781492086888/.

10. Newman S. Building Microservices. 2nd ed. O'Reilly Media, 2021. URL: https://www.oreilly.com/library/view/building-microservices-2nd/9781492034018/.

11. Bass L., Clements P., Kazman R. Software Architecture in Practice. 4th ed. Addison-Wesley Professional, 2021. URL: https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/software-architecture-in-practice/P200000000111/9780136886099.

ІІ. Наукові праці

Праці автора силабуса:

12. Марценюк В. П., Андрущак І. Є., Кіт Н., Кравчик Ю., Сверстюк А. С., Паляниця Ю. Б. Порівняння результатів чисельного аналізу моделювання кіберфізичних біосенсорних систем. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2023. № 2 (319). С. 202–212. DOI: 10.31891/2307-5732-2023-319-1-202-212.

Праці інших авторів:

13. Eramo R., Tucci M., Di Pompeo D., Cortellessa V., Di Marco A., Taibi D. Architectural Support for Software Performance in Continuous Software Engineering: A Systematic Mapping Study. Journal of Systems and Software. 2024. Vol. 207. Article 111833. DOI: 10.1016/j.jss.2023.111833.

14. Cai Y., Kazman R. Software Design Analysis and Technical Debt Management Based on Design Rule Theory. Information and Software Technology. 2023. Vol. 164. Article 107322. DOI: 10.1016/j.infsof.2023.107322.

15. Galster M., Weyns D. Empirical Research in Software Architecture – Perceptions of the Community. Journal of Systems and Software. 2023. Vol. 202. Article 111684. DOI: 10.1016/j.jss.2023.111684.

16. Gordieiev O., Kharchenko V., Gordieieva D. Software Requirements Profile Quality Model. International Journal of Computing. 2022. Vol. 21, No. 1. P. 111–119. DOI: 10.47839/ijc.21.1.2524.

17. Surynovych O., Rudynets M., Lishchyna N., Lukianchuk I., Kondius I., Herasymchuk H. OpenStreetMap Integration into the System of People Safety and Protection in Emergencies. Proceedings of the 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). 2023. P. 1–7. DOI: 10.1109/DESSERT61349.2023.10416512.

18. Tulashvili Y., Lukianchuk I., Lishchyna V., Lishchyna N. Program Implementation of Educational Electronic Resource for Inclusive Education of People with Visual Impairment. Advances in Artificial Systems for Logistics Engineering III. 2023. P. 251–260. DOI: 10.1007/978-3-031-36115-9_24.

19. Тулашвілі Ю. Й., Лук’янчук Ю. А. Використання програмного забезпечення на основі штучного інтелекту для обробки зображень. Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2021. № 43. С. 218–222. DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2021-43-36.

20. Ajibode A., Apedo Y., Ajibode T. Systematic Literature Review on Forecasting and Prediction of Technical Debt Evolution. Препринт. arXiv:2406.12026. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2406.12026.

21. Gordieiev O., Gordieieva D., Kharchenko V., Kondius I., Brezhniev I. Extended Model of Software Quality Assessment Scenario: Concept, Operations, Application. CEUR Workshop Proceedings. 2022. Vol. 3171. P. 1629–1638. URL: https://ceur-ws.org/Vol-3171/paper116.pdf.

III. Інформаційні ресурси

22. ISO/IEC/IEEE 42010:2022. Software, systems and enterprise – Architecture description. URL: https://www.iso.org/standard/74393.html.

23. ISO/IEC/IEEE 15288:2023. Systems and software engineering – System life cycle processes. URL: https://www.iso.org/standard/81702.html.

24. Object Management Group. OMG Systems Modeling Language (SysML). Version 1.7. 2024. URL: https://www.omg.org/spec/SysML/1.7.

25. Object Management Group. OMG Systems Modeling Language (SysML). Version 2.0. 2025. URL: https://www.omg.org/spec/SysML/2.0.

26. SEBoK Editorial Board. Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK). Version 2.14. 2026. URL: https://sebokwiki.org/wiki/Version_2.14.