КЛАСИЧНИЙ ПРИВАТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра економіки та статистики

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

ПП 5. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

2026 - 2027 навчальний рік

Викладач	Онішкевич Юлія Валеріївна, доцент кафедри економіки та статистики, кандидатка економічних наук
Контактний телефон	+380974153486
Ідентифікатор та код доступу (Zoom / Google Meet)	297 689 3824, код доступу 3wz983
E-mail:	yuliya_2010@i.ua
Сторінка курсу на сайті підтримки навчальних програм КПУ	http://www.zhu.edu.ua/cpu_edu/course/view.php?id=985
Консультації	Консультації проводяться в дистанційному режимі за попереднім погодженням із викладачем через месенджери або електронну пошту

ІНФОРМАЦІЯ ПРО НАВЧАЛЬНУ ДИСЦИПЛІНУ

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)	
Галузь знань	Е Природничі науки, математика та статистика	
Спеціальність	Е8 Статистика	
Освітня програма	Комп'ютерна статистика та аналіз даних	
Форма навчання	Очна (денна), заочна	
Мова викладання	Українська	
Курс (рік навчання), семестр	Курс 1, семестр 2	
Цикл підготовки	Професійної підготовки	
Статус дисципліни	Обов'язкова	
Обсяг дисципліни	Кількість кредитів ECTS	5
	Загальна кількість годин	150
	Аудиторних годин	60
	Лекції	24
	Практичні	36
	Самостійна робота	90
Форма контролю	Екзамен	
Попередні компоненти (Пререквізити)	ПП 1 Математико-статистичні методи і моделі в прийнятті управлінських рішень	
Паралельні та подальші компоненти (Постреквізити)	ПП 6 Статистичні алгоритми навчання А 1 Підготовка та захист кваліфікаційної роботи магістра	

МЕТА, ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета навчальної дисципліни

Розширення та поглиблення знань про принципи та методи побудови моделей, дослідження цих моделей і обробка отриманих результатів досліджень з використанням інструментальних засобів імітаційного моделювання.

Завдання навчальної дисципліни:

– оволодіння навичками побудови імітаційних моделей складних систем для забезпечення ґрунтовного прийняття рішень щодо управління ними;

– вивчення методів машинної імітації випадкових подій і величин;

– набуття вмінь застосовувати програмне забезпечення до дослідження імітаційних моделей.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати:

– теоретичні і практичні основи створення та застосування імітаційного моделювання в дослідженнях;

– методологічні основи побудови імітаційних моделей;

– метод Монте-Карло для імітації випадкових подій і випадкових величин у моделях;

– планування імітаційних експериментів;

– імітаційну модель управління запасами.

Після вивчення дисципліни студенти повинні вміти:

– застосувати теоретичні і практичні основи знань створення та застосування імітаційного моделювання в економічних дослідженнях;

– застосувати метод Монте-Карло для імітації випадкових подій і випадкових величин у моделях;

– планувати імітаційні експерименти;

– створювати програмну реалізацію імітаційних моделей засобами мов програмування та моделювання;

– обробити й оцінити результати, отримані в імітаційному експерименті.

КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Інтегральна компетентність:

Здатність розв’язувати складні математичні та статистичні задачі, практичні проблеми у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та здійснення інновацій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК 3. Здатність розв'язувати складні задачі та проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозування.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК 5. Здатність розробляти та досліджувати ймовірнісно-статистичні та математичні моделі реальних процесів і систем.

СК 8. Здатність вдосконалювати й розробляти нові статистичні методи, комп'ютерні алгоритми та моделі для розв'язання складних практичних задач.

Програмні результати навчання:

РН 3. Застосовувати сучасний апарат математичних дисциплін та економічних теорій для моделювання стохастичних, природничих та соціально-економічних процесів.

РН 5. Уміти використовувати фундаментальні закономірності статистики у професійній діяльності.

РН 9. Інтегрувати знання з різних галузей для вирішення теоретичних та практичних задач і проблем.

РН 10. Застосовувати нові підходи для вироблення стратегії прийняття рішень у складних непередбачуваних умовах.

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

РОЗДІЛ 1. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Тема 1. Сутність, розвиток імітаційного моделювання та його застосування у прикладних дослідженнях

Тема 2. Засоби та системи імітаційного моделювання

Тема 3. Імітація випадкових величин і процесів. Генерація неперервних випадкових величин

Тема 4. Моделювання випадкових подій і випадкових величин засобами імітаційного моделювання. Метод статистичних випробувань Монте-Карло

РОЗДІЛ 2. ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Тема 5. Багатоагентне імітаційне моделювання. Пакет AnyLogic

Тема 6. Планування імітаційних експериментів у процесі дослідження та оптимізації систем

Тема 7. Аналіз чутливості та веріфікація імітаційних моделей

Тема 8. Статистичні аспекти імітаційного моделювання

ФОРМИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ

Контроль результатів навчання та рівня сформованості компетентностей здобувачів здійснюється на засадах прозорості та академічної доброчесності відповідно до Положення про критерії оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у Класичному приватному університеті. http://virtuni.education.zp.ua/info_cpu/node/5478

У процесі вивчення навчальної дисципліни використовуються такі види контролю:

1. **Поточний контроль:** здійснюється протягом семестру шляхом перевірки виконання завдань практичних занять, виконання індивідуальних завдань тощо. За змістом він включає перевірку ступеню засвоєння здобувачем навчального матеріалу, який охоплюється темою лекційного та практичного заняття, уміння самостійно опрацьовувати навчально-методичну літературу, здатність осмислювати зміст теми, уміння використовувати програмне забезпечення та здійснювати інтерпретацію отриманих результатів.

3. **Семестровий (підсумковий) контроль:**

проводиться у формі **екзамену** та передбачає виконання завдань з екзаменаційних білетів за матеріалом усього курсу.

Особливість оцінювання: всі види поточного і семестрового контролю оцінюється викладачем за **100-бальною шкалою**.

Для оцінювання студентів використовується система накопичування балів. Згідно з «Положенням про організацію освітнього процесу в КПУ» підсумкова оцінка з дисципліни виставляється за 100-бальною шкалою з наступним переведенням у національну шкалу та шкалу ECTS.

Загальний підсумковий бал за дисципліну (за 100-бальною шкалою) формується як середньозважена величина на основі всіх поточних і підсумкових оцінок здобувача, отриманих протягом семестру, з урахуванням питомої ваги кожного виду діяльності.

Підсумковий бал = ($B_1 \times k_1$) + ($B_2 \times k_2$) +… +($B_n \times k_n$) + ($B_{екз.} \times k_{екз.}$)

де:

$B_1, B_2, B_3,..., B_n$ – бали за виконання завдань поточного контролю на практичних (семінарських) заняттях, самостійної та індивідуальної роботи, виставлений за 100-бальною шкалою; $k_1, k_2, k_3,..., k_n$ – вагові коефіцієнти відповідного виду контролю;

$B_{екз.}$ – бал за підсумковий семестровий контроль (екзамен), виставлений за 100-бальною шкалою *(за наявністю)*; $k_{екз.}$ – ваговий коефіцієнт підсумкового семестрового контролю (екзамену).

Сума вагових коефіцієнтів поточного та підсумкового контролю дорівнює 1

$k_1 + k_2 + k_3 + ... + k_n + k_{екз.} = 1$

Структура компонентів оцінювання та їх питома вага

Види навчальної діяльності здобувача	Шкала оцінювання завдання	Ваговий коеф.	Питома вага у загальній оцінці
Розділ 1 Принципи побудови та експлуатації імітаційних моделей	**100**	**0,3**	**30**
Тема 1. Застосування імітаційного моделювання у прикладних дослідженнях. Виконання індивідуальних завдань.	100	0,07	7
Тема 2. Застосування спеціалізованих мов імітаційного моделювання до побудови імітаційних моделей. Проведення імітаційних експериментів. Виконання індивідуальних завдань.	100	0,07	3
Тема 3. Імітація випадкових величин і процесів. Генерація неперервних випадкових величин. Виконання індивідуальних завдань.	100	0,08	8
Тема 4. Метод статистичних випробувань Монте-Карло. Виконання індивідуальних завдань.	100	0,08	8
Розділ 2 Прикладні аспекти імітаційного моделювання	**100**	**0,3**	**30**
Тема 5. Застосування AnyLogic до багатоагентного моделювання. Виконання індивідуальних завдань.	100	0,08	8
Тема 6. Повний та неповний факторний експеримент. Виконання індивідуальних завдань.	100	0,07	7
Тема 7. Аналіз чутливості та верифікація імітаційних моделей. Виконання індивідуальних завдань.	100	0,08	8
Тема 8. Дослідження статистичних аспектів імітаційного моделювання. Виконання індивідуальних завдань.	100	0,07	7
Екзамен	**100**	**0,4**	**40**
Разом	**100**	1	**100**
Додаткові досягнення з навчальної дисципліни (за наявністю) Результати науково-дослідної діяльності здобувача, зокрема за такі активності: – участь у предметних олімпіадах, конкурсах студентських наукових робіт з навчальної дисципліни; – участь у засіданнях наукових гуртків, зокрема в обговореннях у форматі круглих столів, присвячених актуальним темам з навчальної дисципліни; – публікації результатів досліджень у вигляді наукових статей, тез доповідей, а також виступи на наукових конференціях.	**До 10 балів**		

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

100-бальна система	шкала ЄКТС	Національна шкала	Характеристика вимог та критеріїв оцінювання
90–100	A	Відмінно	Здобувач демонструє всебічне системне знання матеріалу; засвоєння літератури; чітке володіння понятійним апаратом, методами, методиками та інструментами імітаційного моделювання; уміння використовувати знання для побудови імітаційних моделей; уміння проводити аналіз чутливості побудованої імітаційної моделі та надавати змістовну інтерпретацію отриманих результатів. Демонструє високий рівень автономності, самоорганізації та дотримання академічної етики
82–89	B	Добре	Здобувач демонструє вільне володіння програмним матеріалом та професійною термінологією, здатність самостійно систематизувати факти та робити аргументовані висновки. Виконує завдання без помилок, що впливають на суть результату; допускається лише дрібні технічні неточності
75–81	C	Добре	Здобувач демонструє достатній обсяг знань для розв’язання типових та складних спеціалізованих задач, здатність виокремлювати головне, проте аналіз може бути недостатньо глибоким. Виконує завдання за зразком, але без змістовної інтерпретації отриманих результатів. Має здатність самостійно виправити помилки після мінімальної підказки викладача
67–74	D	Задовільно	Здобувач розуміє базові поняття та відтворює матеріал на репродуктивному рівні; здатний виконувати завдання за зразком, але помиляється в аргументації; надає загалом правильні відповіді, але які можуть бути недостатньо структурованими або лаконічними. Потребує допомоги викладача для застосування знань у практичних ситуаціях
60–66	E	Задовільно	Здобувач володіє мінімально необхідним порогом знань; відповіді поверхові, знання фрагментарні, завдання виконуються за постійної допомоги викладача. Кількість помилок значна, але здобувач демонструє розуміння загальної суті предмета
35–59	FX	Незадовільно	Здобувач володіє лише частиною базових знань, проте їх недостатньо для зарахування дисципліни. Не здатний самостійно виконати практичне завдання; допускає грубі помилки в термінології. Наслідки: надається право на повторне складання контрольного заходу
1–34	F	Незадовільно	Повна відсутність знань або ігнорування навчального плану. Відсутність виконаних завдань, неявка на контроль або виявлення грубих порушень академічної доброчесності (плагіат понад встановлену норму, замовлення робіт). Наслідки: обов’язкове повторне вивчення навчальної дисципліни

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: 100-БАЛЬНА, НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою для екзамену
90-100	A	відмінно
82-89	B	добре
75-81	C	
67-74	D	задовільно
60-66	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

ПОЛІТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Політика щодо термінів виконання завдань та перескладання	З огляду на безпекову ситуацію, повітряні тривоги та перебої з електропостачанням, освітній процес базується на принципах гнучкості та академічної підтримки. Усі завдання виконуються здобувачами в асинхронному режимі без застосування штрафних санкцій чи зниження балів за порушення первинних термінів, якщо затримка зумовлена об'єктивними обставинами непереборної сили. Здавання та перескладання пропущених завдань чи тем здійснюється у зручному для студента темпі протягом семестру за погодженням із викладачем без будь-яких обмежень.
Політика академічної доброчесності	Здобувачі освіти зобов'язані неухильно дотримуватись принципів академічної доброчесності під час виконання усіх видів навчальної, наукової та творчої діяльності. Порушеннями академічної доброчесності вважаються: академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація, списування, обман, хабарництво, необ'єктивне оцінювання та академічне шахрайство. Здобувачам освіти забороняється вдаватися до будь-яких форм академічного шахрайства, зокрема: використовувати під час контрольних заходів заборонені матеріали або технічні засоби; посилатися на джерела, які не використовувались у роботі; здавати роботи з однаковим змістом, підготовлені різними особами. У разі встановлення порушення академічної доброчесності до здобувача освіти можуть бути застосовані такі заходи академічної відповідальності, як повторне проходження оцінювання (контрольна робота, екзамен, залік тощо), повторне вивчення відповідного освітнього компонента або відрахування з університету.
Політика щодо відвідування занять в умовах воєнного стану	Відвідування навчальних занять здобувачами вищої освіти є обов'язковим відповідно до затвердженого розкладу. *Організація освітнього процесу в умовах загрози та повітряних тривог* У разі включення сигналу «Повітряна тривога» під час проведення занять у режимі реального часу (Zoom / Google Meet) або перебування в приміщеннях Університету, проведення синхронного заняття негайно припиняється, а всі учасники освітнього процесу зобов'язані перейти до укриттів. Навчальне заняття, перерване через сигнал «Повітряна тривога» або яке не відбулося через її тривалість, автоматично переводиться в асинхронний режим. Відсутність здобувача освіти на синхронній конференції під час повітряної тривоги, відсутності електроенергії або зв'язку не є підставою для виставлення заборгованості чи зниження підсумкової оцінки, за умови опрацювання навчального матеріалу та виконання завдань в асинхронному режимі. *Застосування дистанційних технологій та форс-мажорних обставин* У разі переходу університету або його окремих структурних підрозділів на навчання із використанням дистанційних технологій через безпекову ситуацію чи інші форс-мажорні обставини, освітній процес регулюється *«Положенням про організацію освітнього процесу здобувачів вищої освіти з використанням дистанційних технологій при обмежені або відсутності фізичного відвідування закладів освіти здобувачами з причин непереборної сили (природні катаклізми, заходи карантинного порядку та інші форс-мажорні обставини) в «Класичному приватному університеті».* Формат участі у дистанційних заняттях адаптується до поточних технічних можливостей та умов безпеки здобувачів і викладачів.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Великодний С.С. Моделювання систем: конспект лекцій. Одеський державний екологічний університет, 2018. – 186 с.
2. Кельтон В., Лоу А. Імітаційне моделювання. Класика CS. 3-е видання. – Київ: Видавнича група BHV, 2014. – 847с
3. Кравець І.О. Імітаційне моделювання: Навч. посібник. – ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. – 107 с.
4. Кузьмичов А.І. Ймовірне та статистичне моделювання в EXCEL для прийняття рішень. Навч.пос. / Бишовець Н.Г., Кузьмичов А.І., Куценко Г.В., Омецинська Н.В., Юсипів Т.В. – К .: Видавництво Ліра-К., 2020. – 200 с.
5. Математичне та комп'ютерне моделювання економічних процесів: [монографія] / З.М. Соколовська В.М. Андрієнко І.Ю. Івченко [та ін.]. – Одеса: Астропринт, 2016. – 272 с.
6. Ситник В.Ф., Орленко Н.С. Імітаційне моделювання: Навч. посібник. – К.:КНЕУ, 2010. – 232 с.
7. Рисцов І.К. Імітаційне моделювання економічних систем: Навч. посібник. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 32 с.
8. Томашевський В.М. Моделювання систем. Підручнік / В.М. Томашевський.- К.: Видавнича група BHV, 2015. – 352с.
9. Campbell S. L. Modeling and Simulation in Scilab/Xcos with XcosLab 4.4, Second Edition. / Stephen L. Campbell, Jean-Philippe Chancelierand, Ramine Nikoukhah.// - Springer, 2010.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

Українські освітні ресурси

Ці ресурси адаптовані під українську навчальну програму та доступні державною мовою.

1. Дубовой В.М., Квєтний Р.Н., Михальов О.І., Усов А.В. Моделювання та оптимізація систем. Режим доступу: http://ksu.vntu.edu.ua/index.php?option=com_content &view=article&id=59&lang=uk
2. Дубовой В.М., Юхимчук М.С. Імітіційне моделюванняв системі scilab/xcos. E-посібники ВНТУ, 2018. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/10dubovyj_imitacijne_modelyuvannya_v_systemi_Scilab-Xcos/
3. Неруш В.Б. Імітаційне моделювання систем та процесів [Електронний ресурс] : конспект лекцій / В. Б. Неруш, В. В. Курдеча ; НТУУ «КПІ». – Київ : НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. – 115 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/15598

Світові університетські платформи (англомовні)

Ресурси для поглибленого вивчення імітаційного моделювання

1. MIT OpenCourseWare (Simulation / System Dynamics**)**: ocw.mit.edu/search/?q=simulation – конспекти лекцій, завдання та іспити з системної динаміки, ймовірності, стохастичних процесів і методів Монте-Карло.
2. Coursera (Simulation and Modeling**)**: coursera.org/search?query=simulation – курси провідних університетів з дискретно-подієвого, агентного та Монте-Карло моделювання, а також з ймовірності та статистики.
3. edX (Modeling and Simulation)**:** edx.org/search?q=simulation – курси MIT, Гарварду та інших університетів з моделювання складних систем, ймовірності й обчислювальних методів.

4. Complexity Explorer (Santa Fe Institute): complexityexplorer.org – безкоштовні курси з агентного моделювання, складних систем та роботи з NetLogo.

5. Khan Academy (Statistics and Probability**)**: khanacademy.org/math/statistics-probability – база для розуміння випадкових величин, розподілів і вибіркових методів, на яких грунтується імітаційне моделювання.

6. AnyLogic Training / Academic Resources: anylogic.com/resources/educational-videos – навчальні матеріали, відеоуроки та приклади моделей для викладачів і студентів.

Інструменти для імітаційного моделювання та візуалізації

Сервіси, які допомагають будувати моделі, запускати симуляції та аналізувати результати

1. AnyLogic Cloud / AnyLogic PLE**:** anylogic.com – професійне середовище, що поєднує дискретно-подійне, агентне та системно-динамічне моделювання.
2. InsightMaker**:** insightmaker.com – безкоштовний онлайн-інструмент для системної динаміки та агентного моделювання.

3. NetLogo / NetLogo Web: netlogoweb.org – популярне середовище для агентного моделювання (поведінка натовпу, поширення епідемій, екосистеми).

4. Simulink / MATLAB Online: mathworks.com – блочне моделювання динамічних систем.

5. Scilab / Xcos**:** scilab.org – безкоштовна відкрита альтернатива MATLAB/Simulink для моделювання динамічних систем.

6. Wolfram|Alpha**:** wolframalpha.com – зручний для швидкої перевірки аналітичних результатів: розподіли ймовірностей, математичні сподівання, дисперсії, інтеграли.

7. Desmos, GeoGebra**:** desmos.com, geogebra.org – для візуалізації функцій розподілу, щільностей ймовірності та залежностей між параметрами моделі.

8. Excel / Google Таблиці**:** для простих симуляцій методом Монте-Карло (функції RAND, RANDBETWEEN) та побудови гістограм.

YouTube-канали (для глибокого розуміння)

1. The Coding Train**:** youtube.com/@TheCodingTrain – серія «Nature of Code» показує, як програмувати такі симуляції, як частинки, випадкові блукання, клітинні автомати, агентні системи.
2. Primer**:** youtube.com/@PrimerLearning – наочні агентні симуляції природного добору, поведінки популяцій і розвитку епідемій.

3. StatQuest with Josh Starmer**:** youtube.com/@statquest – пояснення статистики, розподілів ймовірностей, бутстрепу та методу Монте-Карло.

4. AnyLogic**:** youtube.com/@AnyLogic – офіційний канал: відеоуроки зі створення дискретно-подієвих, агентних і системно-динамічних моделей, вебінари та приклади застосування.

Наукові та довідкові ресурси

Інструменти для дослідників, викладачів та студентів

1. Wolfram MathWorld: mathworld.wolfram.com – довідкові статті з теорії ймовірностей, розподілів та методу Монте-Карло, з точними визначеннями та формулами.

2. arXiv.org (Multiagent Systems, Statistics Computation): arxiv.org/list/cs.MA/recent – відкритий архів препринтів: агентне моделювання, багатоагентні системи, обчислювальна статистика.

3. Winter Simulation Conference (WSC) Archive: informs-sim.org/wsc – архів матеріалів головної міжнародної конференції з імітаційного моделювання.

4. Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS): jasss.soc.surrey.ac.uk – відкритий журнал з агентного та соціального моделювання.

5. System Dynamics Society: systemdynamics.org – ресурси зі системної динаміки: навчальні матеріали, бібліотека моделей, публікації.

6. Complexity Explorer (Santa Fe Institute): complexityexplorer.org – безкоштовні онлайн-курси з агентного моделювання, складних систем та роботи з NetLogo.