

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Факультет математики та інформатики
Кафедра диференціальних рівнянь і прикладної математики

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Основи математичного моделювання»

Освітня програма: Математика
Спеціальність: 111 Математика
Галузь знань: 11 Математика і статистика

Затверджено на засіданні кафедри
диференціальних рівнянь і прикладної математики
Протокол №1 від 31 серпня 2020 р.

м. Івано-Франківськ – 2020 рік

Назва курсу	Основи математичного моделювання
Викладачі	Махней Олександр Володимирович
Контактний тел.	596029
E-mail:	oleksandr.makhnei@pnu.edu.ua
Обсяг дисципліни	6 кредитів ECTS
Консультації	Четвер, 15:00–16:00

1. Анотація до курсу

Навчальна дисципліна «Основи математичного моделювання» є вибірковою дисципліною студента для підготовки бакалавра зі спеціальності «Математика». Знання, набуті студентами з цієї дисципліни, будуть потрібні їм для виконання наукових і прикладних досліджень, можуть застосовуватись майбутніми фахівцями для математичного моделювання різних об'єктів, явищ і процесів.

2. Мета та цілі курсу

Мета викладання навчальної дисципліни: дати студентам теоретичну базу в області математичного моделювання, ознайомити їх із сучасними підходами до аналітичного і імітаційного моделювання різних систем, навчити студентів основам моделювання в системі імітаційного моделювання GPSS.

Завдання вивчення навчальної дисципліни: навчити студентів користуватись аналітичними і імітаційними способами моделювання систем масового обслуговування, ознайомити їх з основами математичного моделювання з допомогою диференціальних моделей і клітинних автоматів.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

- основні методи моделювання систем;
- основи теорії аналітичного моделювання систем масового обслуговування;
- принципи програмування в системі моделювання GPSS, основні команди цієї мови;

вміти:

- здійснювати моделювання в системі імітаційного моделювання GPSS;
- моделювати системи масового обслуговування;
- будувати і досліджувати диференціальні моделі.

3. Формат курсу

Очний.

4. Результати навчання

Здатність до кількісного мислення, інтерпретації кількісних результатів та отримання з них якісної інформації.

Спроможність досліджувати об'єкти нечислової природи, зокрема, з допомогою їх чисельного зображення.

Спроможність розробляти експериментальні та спостережні дослідження й аналізувати дані, отримані на їх основі.

Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та перевіряти математичну модель на адекватність емпіричним даним.

Володіти основами математичних дисциплін, у яких вивчаються моделі природничих та соціальних процесів, основами математичних теорій, що використовуються при математичному моделюванні.

Володіти основними математичними методами аналізу, прогнозування та оцінки параметрів моделей, базовими математичними способами інтерпретації числових даних та основними принципами функціонування природничих процесів.

Застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення для математичного моделювання, статистичного аналізу, побудови графічних об'єктів.

5. Обсяг курсу

Вид заняття	лекції	практичні заняття	самостійна робота
К-сть годин	30	30	120

6. Ознаки курсу

семестр	спеціальність	Курс, (рік навчання)	Нормативний\вибірковий
7	математика	4	вибірковий

7. Пререквізити

Вивчення дисципліни ґрунтується на курсах диференціальних рівнянь, теорії ймовірностей і математичної статистики та програмування.

8. Технічне й програмне забезпечення /обладнання

Частина занять відбувається з використанням комп'ютерної техніки з середовищем імітаційного моделювання GPSS World і середовищем моделювання мереж Петрі HPSim.

9. Політики курсу

Самостійне та своєчасне виконання завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей).

Важливим є надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності та посилення на джерела інформації у разі використання запозичених ідей, відомостей, розробок.

Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба) навчання може відбутись індивідуально (за погодженням із деканом факультету).

Засвоєння пропущеної теми з поважної причини перевіряється під час складання підсумкового контролю. Пропуск лекції з неповажної причини відпрацьовується студентом відповідно до вимог кафедри, що встановлені на засіданні кафедри (співбесіда, реферат, опрацювання рекомендованої літератури тощо). Пропущені практичні заняття студент відпрацьовує згідно з графіком консультацій. Поточні "незадовільно" отримані студентом під час засвоєння відповідної теми перескладаються викладачеві до складання підсумкового контролю з обов'язковою відміткою у журналі обліку роботи академічних груп.

9. Схема курсу

Тиж. / дата / год.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття) / Формат	Матеріали	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
Тиж. 1. 5 вересня 4 акад. год.	Тема 1: Поняття моделювання систем - моделювання: основні поняття, - класифікація видів моделювання систем, - наочне та символічне моделювання, - математичне моделювання, - реальне моделювання, - принципи побудови математичних моделей, - етапи побудови математичної моделі.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 10–22, 4, с. 15–44	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 4 год.		
	Тема 2: Основи аналітичного моделювання систем масового обслуговування - поняття системи масового обслуговування, - характеристика потоку подій, - вхідний потік вимог, - моделювання стаціонарного пуассонівського потоку, - організація черги, - правила обслуговування вимог, - типи моделей систем масового обслуговування.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 97–104, 4, с. 46–54	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 3 год.		

Тиж.2 12 вересня 4 акад. год.	Тема 3: Багатоканальні системи масового обслуговування з відмовами - формула Літтла, - рівняння Колмогорова, - фінальні ймовірності та показники функціонування системи.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 108–116, 7, с. 228–238	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 3 год.		
	Тема 4: Системи масового обслуговування - аналіз діаграми роботи системи масового обслуговування, - складання диференціальних рівнянь Колмогорова і систем для фінальних імовірностей.	Практичне заняття <i>F2F</i>		2, с. 104–116, 3, с. 9–13	Виконати вправи, 2 год.	1	
Тиж.3 19 вересня 4 акад. год	Тема 5: Багатоканальні системи масового обслуговування з чергою довільної довжини - рівняння Колмогорова, - фінальні ймовірності та показники функціонування системи.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 123–128, 7, с. 239–241	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 3 год.		
	Тема 6: Аналітичне моделювання систем масового обслуговування - системи масового обслуговування з відмовами, - системи масового обслуговування з чергами довільної довжини.	Практичне заняття <i>F2F</i>		2, с. 109–138, 3, с. 13–24	Виконати вправи, 2 год.	1	
Тиж.4 19 вересня	Тема 7: Диференціальні моделі процесів фізики - схема складання і дослідження диференціальних моделей, - моделі руху тіл.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 23–28, 13, с. 13–30	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 3 год.		

4 акад. год.	Тема 8: Диференціальні моделі процесів фізики - радіоактивний розпад, - охолодження тіла, - рух човна.	Практичне заняття <i>F2F</i>		5, с. 9–20, 13, с. 43–80	Виконати вправи, 3 год.	1	
Тиж.5 26 вересня	Тема 9: Диференціальні моделі механічних коливань - постановка задачі, - вільні коливання, - коливання за наявності опору, - вимушені коливання.	Лекція <i>F2F</i>		13, с. 296– 335	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 4 год.		
4 акад. год.	Тема 10: Диференціальні моделі процесів біології - модель Мальтуса, - модель з врахуванням конкуренції.	Практичне заняття <i>F2F</i>		13, с. 133– 156	Виконати вправи, 2 год.		
Тиж.6 3 жовтня	Тема 11: Основи мови імітаційного моделювання GPSS World - робота з середовищем GPSS World, - основні категорії мови, - системні числові атрибути, - формат рядка, - арифметичні і логічні вирази.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 141– 151	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 3 год.		
4 акад. год.	Тема 12: Ознайомлення з мовою і середовищем імітаційного моделювання GPSS World - використання готової програми, - ознайомлення зі статистичним звітом, - модифікація програми.	Практичне заняття <i>F2F</i>	Практична робота з середови- щем GPSS World	1, с. 5–12	Виконати лабораторну роботу, 3 год.	2	
Тиж.7 10 жовтня	Тема 13: Основні блоки і команди опису мови GPSS - створення і знищення транзактів, - затримка, зміна параметрів і пріоритету транзактів, - одноканальні пристрої,	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 151– 164	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 3 год.		
4 акад. год.							

год.	- багатоканальні пристрої, - черги і таблиці.						
	Тема 14: Вивчення способів задавання випадкового навантаження при моделюванні обчислювальних структур у системі GPSS - на основі базової програми скласти програму для заданого варіанту	Практичне заняття <i>F2F</i>	Практична робота з середовищем GPSS World	1, с. 12–18	Виконати лабораторну роботу, 3 год.	2	
Тиж.8 17 жовтня 4 акад. год.	Тема 15: Основні засоби мови GPSS - змінні, логічні перемикачі, комірки пам'яті, - зміна маршруту руху транзактів, - математичні функції і функції для генерації випадкових величин, - функції користувача.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 165–201	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 3 год.		
	Тема 16: Моделювання конвеєрних обчислювальних структур у системі GPSS - скласти програму, - проаналізувати звіт.	Практичне заняття <i>F2F</i>	Практична робота з середовищем GPSS World	1, с. 19–25	Виконати лабораторну роботу, 3 год.	2	
Тиж.9 24 жовтня 4 акад. год.	Тема 17: Складання програм на мові GPSS - модель роботи читального залу, - модель роботи магазину, - модель роботи перукарні.	Практичне заняття <i>F2F</i>		1, с. 33–36	Скласти програми, 3 год.		
	Тема 18: Моделювання у GPSS паралельних обчислювальних структур з пріоритетною схемою обслуговування замовлень - скласти програми, - проаналізувати звіт.	Практичне заняття <i>F2F</i>	Практична робота з середовищем GPSS World	1, с. 26–33	Виконати лабораторну роботу, 3 год.	2	
Тиж.10	Тема 19: Клітинні автомати та їхнє застосування	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 51–65	Опрацювати літературу, прочитати конспект,		

31 жовтня 4 акад. год.	<ul style="list-style-type: none"> - клітинні автомати, - модель розвитку організмів на поживних середовищах, - модель розвитку організмів за наявності хижаків. 				8 год.		
	<p>Тема 20: Контрольна робота № 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - складання диференціальних рівнянь Колмогорова і систем для фінальних імовірностей, - визначення характеристик систем масового обслуговування аналітичним методом, - пояснення інструкцій мови GPSS World. 	Практичне заняття <i>F2F</i>			Підготуватись до контрольної роботи, 10 год.	20	
Тиж.11 7 листопада 4 акад. год.	<p>Тема 21: Мережі Петрі</p> <ul style="list-style-type: none"> - поняття класичних мереж Петрі, - формальне означення і матричне подання мереж Петрі, - властивості мереж Петрі, - матричний аналіз мереж Петрі, - неklasичні мережі Петрі. 	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 66–90	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 4 год.		
	<p>Тема 22: Аналіз мереж Петрі</p> <ul style="list-style-type: none"> - аналіз функціонування мережі Петрі, - теоретико-множинне і матричне подання мережі Петрі, - інваріант вузлів, - інваріант переходів. 	Практичне заняття <i>F2F</i>		2, с. 94–95	Виконати вправи, 4 год.	1	
Тиж.12 14 листопада 4 акад. год.	<p>Тема 23: Метод Монте-Карло</p> <ul style="list-style-type: none"> - поняття методу, - приклади, - генератори випадкових чисел, - моделювання випадкових подій. 	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 252–262	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 4 год.		

	Тема 24: Вивчення мереж Петрі з допомогою середовища HPSim - створення мережі Петрі, - моделювання.	Практичне заняття <i>F2F</i>	Практична робота з середовищем HPSim	2, с. 91–96	Створити і дослідити мережі Петрі, 4 год.	1	
Тиж.13 21 листопада 4 акад. год.	Тема 25: Моделювання дискретних випадкових величин - рівномірний розподіл, - геометричний розподіл, - біноміальний розподіл, - розподіл Пуассона.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 263–266	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 3 год.		
	Тема 26. Моделювання неперервних випадкових величин - рівномірний розподіл, - експоненціальний розподіл, - нормальний розподіл, - логнормальний розподіл, - розподіл Вейбулла.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 267–277	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 4 год.		
Тиж.14 28 листопада 4 акад. год.	Тема 27: Вибір теоретичних розподілів - вибір сім'ї розподілів, - визначення параметрів розподілу, - перевірка гіпотези про придатність розподілу.	Лекція <i>F2F</i>		2, с. 296–327	Опрацювати літературу, прочитати конспект, 6 год.		
	Тема 28: Моделювання методом Монте-Карло - складання програм.	Практичне заняття <i>F2F</i>		2, с. 278–281	Виконати вправи, 4 год.	1	

Тиж.15 5 грудня 4 акад. год.	Тема 29: Вибір теоретичних розподілів на основі даних спостережень - вибір сім'ї розподілів, - визначення параметрів розподілу, - перевірка гіпотези про придатність розподілу.	Практичне заняття <i>F2F</i>		2, с. 351–353	Виконати вправи, 3 год.	1	
	Тема 30: Контрольна робота № 2 - програма на мові GPSS, - матричний аналіз мережі Петрі, - вибір теоретичного розподілу.	Практичне заняття <i>F2F</i>			Підготуватись до контрольної роботи, 10 год.	15	

10. Система оцінювання та вимоги

За виконання завдань протягом семестру студенти отримують до 50 балів, на іспиті – також до 50 балів. На протязі семестру студенти виконують дві контрольні роботи. Перша контрольна робота оцінюється оцінкою до 20 балів: перше завдання – скласти систему диференціальних рівнянь Колмогорова, записати початкові умови, скласти систему для фінальних імовірностей (7 балів), друге завдання – обчислити за формулами показники функціонування системи масового обслуговування (7 балів), третє, четверте і п'яте завдання – пояснити рядок програми на мові GPSS (по 2 бали). Друга контрольна робота оцінюється оцінкою до 15 балів: перше завдання – скласти програму на мові GPSS (5 балів), друге завдання – здійснити матричний аналіз мережі Петрі (5 балів), третє завдання – визначити сім'ю і параметри теоретичного розподілу для заданої вибірки даних спостереження (5 балів). За відвідування аудиторних занять студенти отримують до 7 балів. За виконання і захист п'яти лабораторних робіт студенти отримують до 8 балів. Екзаменаційний білет містить три теоретичні питання вагою 46/3 бала і два короткі якісні питання вагою 2 бали.

За правильну повністю обґрунтовану відповідь з необхідними поясненнями виставляється вказана для завдання максимальна кількість балів. Правильно виконане завдання з незначним недоліком оцінюється в 90 % максимальної кількості балів. Повністю виконане завдання, в якому допущена технічна помилка, оцінюється в 80 % максимальної кількості балів. Правильне виконання більшої частини завдання при наявності грубої помилки в меншій частині завдання оцінюється в 70 % максимальної кількості балів. Правильне виконання більше, ніж половини завдання, оцінюється у 60 % максимальної кількості балів. Правильне виконання половини завдання оцінюється в 50 % максимальної кількості балів. Правильне виконання менше, ніж половини завдання, оцінюється у 40 % максимальної кількості балів. Наявність окремих правильних міркувань при розв'язанні завдання, які свідчать про знання методу, який можна використовувати для розв'язання цього завдання, дозволяє оцінити його розв'язання у 10 – 30 % максимальної кількості балів. Неправильне розв'язання завдання або його відсутність оцінюється в 0 балів.

Програмові вимоги на екзамен

Моделювання: основні поняття.

Класифікація видів моделювання систем.

Наочне, символічне і реальне моделювання.

Математичне моделювання: основні поняття.

Принципи побудови математичних моделей. Спрощення моделей.

Поняття системи масового обслуговування. Характеристика потоку подій. Вхідний потік вимог.

Модельовання стаціонарного пуассонівського потоку.

Організація черги. Правила обслуговування вимог. Типи моделей систем масового обслуговування.

Формула Літгла.

Багатоканальні системи масового обслуговування з відмовами: рівняння Колмогорова, фінальні ймовірності та показники функціонування системи.

Багатоканальні системи масового обслуговування з чергою довільної довжини: рівняння Колмогорова, фінальні ймовірності та показники функціонування системи.

Поняття про мережі Петрі.

Формальне означення мереж Петрі і їхнє матричне подання.

Властивості мереж Петрі.

Система станів мережі Петрі. Фундаментальне рівняння мережі Петрі.

Інваріанти і їхнє застосування для дослідження мереж Петрі.

Некласичні мережі Петрі.

Основні принципи роботи з середовищем системи імітаційного модельовання GPSS World.

Системні числові атрибути у GPSS.

Формат рядка мови GPSS.

Арифметичні і логічні вирази у мові GPSS World.

Категорії і типи об'єктів мови GPSS.

Блоки створення, знищення, затримки, зміни параметрів і пріоритету транзактів у мові GPSS.

Основні блоки і команди опису мови GPSS, пов'язані з пристроями.

Блоки і команди опису мови GPSS, пов'язані зі статистичною категорією.

Використання змінних, логічних перемикачів і комірок пам'яті у мові GPSS.

Блоки для зміни маршруту руху транзактів у мові GPSS.

Функції і генератори випадкових чисел у мові GPSS.

Математичні функції і функції для генерації випадкових величин у мові GPSS.

Складання диференціальних рівнянь за умовами прикладних задач.

Задача на радіоактивний розпад.

Задача на охолодження тіла.

Задача на вентиляцію приміщення.

Диференціальна модель витікання рідини через невеликий отвір.

Диференціальна модель потоку частинок у трубці.

Диференціальна модель взаємодії у системі «хижак-жертва», узагальнена система «хижак-жертва».

Клітинні автомати.

Застосування клітинних автоматів до моделювання екологічних систем: моделі розвитку організмів на поживних середовищах без хижаків та з хижаками.

Поняття про метод Монте-Карло. Приклад.

Генератори випадкових чисел.

Моделювання випадкових подій: незалежні випадкові події, група несумісних подій, умовна подія.

Моделювання цілочислової рівномірно розподіленої випадкової величини.

Моделювання геометричного розподілу.

Моделювання рівномірно розподіленої випадкової величини і розподілу Ерланга.

Метод оберненої функції.

Моделювання експоненціального розподілу.

Моделювання нормального розподілу.

Моделювання логнормального розподілу.

Моделювання розподілу Вейбулла.

Моделювання трикутного розподілу.

Методи використання даних спостережень для моделювання випадкових процесів.

Висунення гіпотези щодо сім'ї розподілів на основі аналізу ролі випадкової величини в системі.

Висунення гіпотези щодо сім'ї розподілів на основі підсумкової статистики.

Висунення гіпотези щодо сім'ї розподілів на основі гістограми.

Оцінка параметрів розподілу методом максимальної правдоподібності.

Графічні процедури перевірки придатності розподілу.

Перевірка гіпотези придатності розподілу за допомогою критерію **Ошибка! Ошибка внедренного объекта.**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
80 – 89	B	добре
70 – 79	C	
60 – 69	D	задовільно
50 – 59	E	
25 – 49	FX	незадовільно
0 – 24	F	

11. Рекомендована література

1. Махней О. В. Лабораторний практикум з імітаційного моделювання у GPSS: методичні рекомендації до проведення лабораторних занять / Махней О. В. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ ПНУ, 2010. – 36 с.
2. Махней О. В. Математичне моделювання / О. В. Махней. – Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2015. – 372 с.
3. Махней О. В. Математичне моделювання : методичні рекомендації / О. В. Махней. – Івано-Франківськ : Голіней, 2014. – 36 с.
4. Томашевський В. М. Моделювання систем / В. М. Томашевський. – К. : ВHV, 2005. – 352 с.
5. Амелькин В. В. Дифференциальные уравнения в приложениях / В. В. Амелькин. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 208 с.
6. Боев В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: Учебное пособие / В. Д. Боев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 368 с.
7. Введение в математическое моделирование / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер и др. ; под ред. П. В. Трусова. – М. : Логос, 2005. – 440 с.
8. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування. Практикум / Ю. В. Жерновий. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – 307 с.
9. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е. М. Кудрявцев. – М. : ДМК Пресс, 2004. – 320 с.
10. Лоу А. Имитационное моделирование / А. Лоу, В. Кельтон. – СПб. : Питер, 2004. – 847 с.
11. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS / В. Томашевский, Е. Жданова. – М. : Бестселлер, 2003. – 416 с.
12. Смородинский С. С. Оптимизация решений на основе компьютерных имитационных методов и моделей / С. С. Смородинский, Н. В. Батин. – Мн. : БГУИР, 2004. – 80 с.
13. Пономарев К. К. Составление и решение дифференциальных уравнений / К. К. Пономарев. – Минск : Выш. школа., 1973. – 560 с.

Викладач

Махней Олександр Володимирович