

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Механіко-математичний факультет**  
**Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь**

**Затверджено**

На засіданні  
кафедри математичної статистики і  
диференціальних рівнянь  
механіко-математичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 22.06.2023 р.)



Завідувач кафедри:

Олег БУГРІЙ

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“ Методи дослідження стохастичних систем ”,**  
**що викладається в межах ОПШ**  
**“ Статистичний аналіз даних ”**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з**  
**спеціальності 112 - Статистика**

Львів 2023 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Методи дослідження стохастичних систем
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, 79000
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Механіко-математичний факультет Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	11 - Математика та статистика 112 – Статистика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Жерновий Юрій Васильович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри математичної статистики і диференціальних рівнянь
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:yuriy.zhernovyy@lnu.edu.ua">yuriy.zhernovyy@lnu.edu.ua</a> , <a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/zhernovyi_yu_v">https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/zhernovyi_yu_v</a> ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, 79000
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 267, головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, 79000
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/mdss-112-mag">https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/mdss-112-mag</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Методи дослідження стохастичних систем” є вибірковою дисципліною з спеціальності 112-Статистика для освітньої програми “Статистичний аналіз даних”, яка викладається в 2-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Розглянуто методи дослідження стохастичних систем, зокрема систем масового обслуговування. Аналітичні методи ґрунтуються на теорії марковських процесів, а імітаційні моделі побудовані за допомогою GPSS World. Поєднання цих методів дає змогу з достатньою точністю визначати стаціонарні характеристики систем з довільними розподілами проміжків часу між моментами надходження замовлень та часу обслуговування.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<i>Мета:</i> ознайомлення студентів з методами дослідження стохастичних систем <i>Цілі:</i> формування вмінь та навичок для застосування аналітичних методів та методів імітаційного моделювання для визначення ефективності систем
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Жерновий Ю.В. Марковські моделі масового обслуговування: Тексти лекцій. – Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2004. – 154 с.</li> <li>2. Жерновий Ю.В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: Практикум. – Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2007. – 312 с.</li> <li>3. Жерновий Ю.В. Імітаційні моделі надійності: Практикум з використання GPSS World. – Житомир: ДП «Житомир-Poligraf», 2020. – 168 с.</li> <li>4. Zhernovyi Yu. Creating models of queueing systems using GPSS World: Programs, detailed explanations and analysis of results. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. – 220 p.</li> <li>5. Sztrik J. Basic Queueing Theory. – Debrecen (Hungary): University of</li> </ol>

	Debrecen, 2021. – 254 p. 6. Bertsimas D., Gamarnik D. Queueing Theory: Classical and Modern Methods. – Dynamic Ideas, 2022. – 586 p.
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 48 год., з них 32 год. лекційних та 16 годин практичних занять. Самостійної роботи: 72 год.
<b>Очікувані результати навчання</b>	У результаті вивчення даного курсу студент повинен: <b>знати:</b> ймовірнісно-статистичні методи дослідження стохастичних систем; <b>вміти:</b> застосовувати різноманітні методи до дослідження стохастичних систем.
<b>Ключові слова</b>	Стохастичні системи, імітаційне моделювання, GPSS World, системи обслуговування, марковські моделі.
<b>Формат курсу</b>	Очний
<b>Теми</b>	Див. <b>Схема курсу</b>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з елементарної математики, математичного аналізу, диференціальних рівнянь, лінійної алгебри, теорії ймовірностей та математичної статистики.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія)
<b>Необхідне обладнання</b>	Комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступною схемою: • робота на практичних заняттях – 10 балів. • індивідуальне завдання, яке нараховує 20 задач, максимальна кількість балів за кожну задачу – 2, всього – 40 балів. Проводиться захист індивідуальних завдань у формі співбесіди. Підсумковий тест з теоретичної частини курсу: 10 тестових питань, кожне по 5 балів, всього – 50 балів. Підсумкова максимальна кількість балів 100. <b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. <b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом. <b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі

	<p>третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані при поточному контролі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<b>Питання до заліку чи екзамену.</b>	<p>Задачі індивідуального завдання складено з навчального матеріалу тем:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Потоки випадкових подій та їхні властивості.</li> <li>2. Марковські процеси в системах масового обслуговування.</li> <li>3. Дослідження марковських моделей систем масового обслуговування.</li> <li>4. Основи мови імітаційного моделювання GPSS. Засоби GPSS World.</li> <li>5. Імітаційні моделі систем масового обслуговування.</li> <li>6. Порівняння результатів аналітичного та імітаційного моделювання.</li> </ol>
<b>Опитування</b>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

**Схема курсу “Методи дослідження стохастичних систем”  
для студентів спеціальності 112 – Статистика**

Тижні	Лекційний курс		Практичні заняття		Література	Завдання	Термін виконання
	Назва теми	Години	Назва теми	Години			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Класифікація потоків подій. Найпростіший потік. Інтенсивність найпростішого потоку.	2	-	-	[1]	Вивчення лекційного матеріалу	1 тиждень
2	Потік подій як випадковий процес. Основна властивість стаціонарних потоків. Загальна форма стаціонарного потоку без післядії.	2	Властивості найпростішого потоку, стаціонарні та нестаціонарні потоки.	2	[1]	Вивчення лекційного матеріалу. Виконання домашніх завдань згідно з темою практичного заняття.	1 тиждень

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Закон розподілу інтервалу часу, на який падає точка. Закон розподілу часу до настання чергової події. Найпростіший потік як частковий випадок стаціонарного потоку Пальма.	2	-	-	[1]	Вивчення лекційного матеріалу	1 тиждень
4	Дискретні марковські випадкові процеси в системах масового обслуговування. Граф можливих станів системи. Система рівнянь для ймовірностей станів для пуассонівської системи масового обслуговування.	2	Граф можливих станів системи. Система рівнянь для ймовірностей станів для пуассонівської системи масового обслуговування.	2	[1,5,6]	Вивчення лекційного матеріалу. Виконання домашніх завдань згідно з темою практичного заняття	1 тиждень
5	Поняття про процеси загибелі та розмноження. Знаходження ймовірностей станів для стаціонарного режиму.	2	-	-	[1,5,6]	Вивчення лекційного матеріалу	1 тиждень
6	Марковські моделі розімкнених систем обслуговування.	2	Марковські моделі розімкнених систем обслуговування. Визначення стаціонарних імовірностей станів систем.	2	[1,5,6]	Вивчення лекційного матеріалу. Виконання домашніх завдань згідно з темою практичного заняття	1 тиждень
7	Марковські моделі замкнених систем обслуговування.	2	-	-	[1,5,6]	Вивчення лекційного матеріалу	1 тиждень

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Основи мови імітаційного моделювання GPSS. Організація надходження і вилучення транзактів. Блоки, що змінюють значення параметрів транзактів.	2	Марковські моделі замкнених систем обслуговування. Визначення стаціонарних імовірностей станів систем.	2	[2-4]	Вивчення лекційного матеріалу. Виконання домашніх завдань згідно з темою практичного заняття	1 тиждень
9	Займання та звільнення пристроїв. Перевірка стану пристроїв. Моделювання системи з відмовами.	2	-	-	[2,4]	Вивчення лекційного матеріалу	1 тиждень
10	GPSS World. Візуалізація результатів моделювання. Стандартний звіт.	2	Моделювання системи з відмовами.	2	[2,4]	Вивчення лекційного матеріалу. Виконання домашніх завдань згідно з темою практичного заняття	1 тиждень
11	Отримання статистичної інформації про чергу. Статистичні таблиці. Моделювання систем з очікуванням.	2	-	-	[2,4]	Вивчення лекційного матеріалу	1 тиждень
12	Отримання стаціонарного розподілу кількості замовлень в системі.	2	Моделювання систем з очікуванням. Графіки, гістограми.	2	[2,4]	Вивчення лекційного матеріалу. Виконання домашніх завдань згідно з темою практичного заняття	1 тиждень
13	Моделювання систем з обмеженням на довжину черги. Отримання розподілів часу перебування в черзі і в системі загалом.	2	-	-	[2,4]	Вивчення лекційного матеріалу	1 тиждень

1	2	3	4	5	6	7	8
14	Моделювання замкнених систем.	2	Моделювання систем з обмеженням на довжину черги.	2	[2-4]	Вивчення лекційного матеріалу. Виконання домашніх завдань згідно з темою практичного заняття	1 тиждень
15	Числове інтегрування системи рівнянь для ймовірностей станів. Отримання статистичної інформації для кожного каналу.	2	-	-	[2,4]	Вивчення лекційного матеріалу	1 тиждень
16	Порівняння результатів аналітичного та імітаційного моделювання систем обслуговування.	2	Моделювання замкнених систем. Порівняння результатів аналітичного та імітаційного моделювання	2	[2-4]	Вивчення лекційного матеріалу. Виконання домашніх завдань згідно з темою практичного заняття	1 тиждень
Разом		32		16			