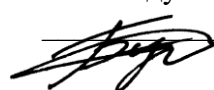


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь

Затверджено

На засіданні кафедри математичної
статистики
і диференціальних рівнянь
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол №1 від 28.08.2020 р.)

В.о. завідувача кафедри:

 Олег БУГРІЙ

Силабус з навчальної дисципліни
«ТЕОРІЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ»,
що викладається в межах ОПП «Статистичний аналіз даних»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 112 Статистика

Львів - 2020

Назва дисципліни	Теорія випадкових процесів
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет, кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний, Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 «Математика та статистика» Спеціальність 112 «Статистика»
Викладачі дисципліни	Ярова Оксана Анатоліївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математичної статистики і диференціальних рівнянь
Контактна інформація викладачів	oksana.yarova@lnu.edu.ua кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь http://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/yarova_o_a
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації за попередньою домовленістю. Для погодження часу консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Теорія випадкових процесів» є нормативною дисципліною з спеціальності «112 Статистика» для освітньої програми «Статистичний аналіз даних», яка викладається в 7 та 8 семестрах в обсязі 7 (4+3) кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	В даному курсі розглядаються марковські процеси, процеси Вінера, Пуассона, дифузійні процеси та процеси з незалежними приростами. Досліджуються стаціонарні процеси та послідовності, умовні математичні сподівання та рівняння відновлення.
Мета та цілі дисципліни	<i>Мета дисципліни:</i> ознайомити студентів з основними випадковими процесами та їх характеристиками; <i>Цілі дисципліни:</i> викласти основні положення теорії випадкових процесів та показати методи їх досліджування та застосування до прикладних задач.
Література для вивчення дисципліни	1. Скороход А.В. Лекції з теорії випадкових процесів.: Навч. посібник. – Л.: Либідь, 1990. – 168 с.

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Слейко Я.І., Базилевич І.Б. Лекції з теорії Випадкових процесів. – Видавництво Львівського університету. 2016, - 160 с. 3. Сорока Л. І. Випадкові процеси: методичні рекомендації / Л. І. Сорока, І. В. Ковальчук // Луцьк: Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, 2013. – 56 с. 4. Korolov L.V., Sinai Y.G. Theory of Probability and Random Processes. – Berlin: Springer-Verlag, 2nd edition, 2007. 5. Жерновий Ю.В. Теорія ймовірностей та математична статистика: тексти лекцій для студентів нематематичних спеціальностей. Львів, 2008. – 101 с. 6. Млавець Ю.Ю., Синявська О.О. Теорія ймовірностей і математична статистика. – Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2018. – 72 с. 7. Лоева І.Д., Серга Е.М., Школьнік Є.П. Методи теорії випадкових процесів. – Одеса., 2019. – 132 с.
Обсяг курсу	116 годин аудиторних занять, з них 58 годин лекцій, 58 години практичних занять та 94 години самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p>Знати: види випадкових процесів та їх властивості; Вміти: застосовувати теоретичні знання до розв'язування задач.</p> <p>В результаті засвоєння матеріалу даного курсу студент набуде таких загальних (ЗК) і спеціальних (фахових) (СК) компетентностей:</p> <p>ЗК-1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК-2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК-3. Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності.</p> <p>ЗК-6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>ЗК-7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК-8. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК-10. Здатність працювати в команді.</p>

ЗК-11. Здатність до професійного спілкування з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами в інших галузях знань).

ЗК-12. Здатність працювати автономно.

ЗК-13. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

СК-1. Здатність застосовувати у професійній діяльності знання та навички в галузях математичного аналізу, лінійної алгебри, геометрії, логіки, теорії функцій, диференціальних рівнянь.

СК-2. Здатність застосовувати у професійній діяльності знання та навички в галузях теорії ймовірностей, математичної статистики, теорії випадкових процесів.

СК-3. Здатність здійснювати логічні математичні міркування із чітким зазначенням припущень та висновків.

СК-4. Здатність до математичного формулювання задач та вибору методів їх розв'язання.

СК-5. Здатність до кількісно-статистичного мислення.

СК-6. Здатність до ймовірнісного мислення, що передбачає сприйняття стохастичної природи явищ.

СК-7. Здатність робити якісні висновки з кількісних даних.

СК-8. Уміння працювати з інформаційними базами даних.

СК-9. Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження та аналізувати дані цих досліджень.

СК-10. Здатність проводити дослідження ймовірнісно-статистичних моделей та інтерпретувати одержані результати.

СК-11. Здатність використання обчислювальної техніки, спеціалізованих мов програмування та програмних засобів для розв'язання задач і здобуття додаткової інформації.

СК-12. Здатність застосовувати ймовірнісно-статистичні методи в міждисциплінарному контексті.

СК-13. Здатність подавати статистичні процедури та результати їхнього застосування у формі, придатній для цільової аудиторії, до якої звертаються, як усно, так і письмово.

СК-14. Здатність до аналізу основ і властивостей

статистичних алгоритмів та розуміння переваг і обмежень тих чи інших підходів, у тому числі до оцінки їх обґрунтованості й ефективності.

СК-15. Здатність аналізувати основи і властивості базових економічних та фінансових структур, інтерпретувати показники фінансової діяльності, користуватися методами оптимального керування економічних та природних процесів.

СК-16. Здатність застосовувати у професійній діяльності знання та навички з машинного навчання, обробки зображень і природної мови.

СК-17. Здатність моделювати та пояснювати дані просторових і часових вибірок за допомогою знань і навичок з регресійного аналізу.

і здобуде такі **результати навчання (РН)**:

РН-6. Володіти знаннями та вміннями з імовірнісних і статистичних розділів математики: побудова ймовірнісних просторів, обчислення ймовірностей подій та характеристик випадкових величин і векторів, граничні теореми, характеристики випадкових процесів, оцінювання характеристик сукупностей на основі спостережень, формулювання та перевірка статистичних гіпотез.

РН-7. Вміти будувати математичні моделі стохастичних експериментів, працювати зі стандартними ймовірнісними розподілами: нормальним, рівномірним, експоненціальним, біноміальним, пуассоновим, геометричним тощо.

РН-8. Вміти працювати з різними типами збіжності випадкових величин та розподілів, користуватися граничними законами теорії ймовірностей.

РН-9. Вміти визначати числові та якісні характеристики випадкових подій, величин, елементів, процесів.

РН-10. Вміти здійснювати статистичне точкове, інтервальне оцінювання параметрів розподілів випадкових величин і процесів, непараметричне оцінювання, тестувати статистичні гіпотези.

РН-11. Вміти аналізувати та прогнозувати лінійні статистичні моделі та моделі регресії, оцінювати їхні параметри.

РН-12. Вміти збирати та обробляти дані, застосовувати статистичні процедури для аналізу даних за допомогою обчислювальної техніки та програмних засобів.

	<p>PH-13. Вміти моделювати реалізації випадкових величин і процесів та використовувати результати моделювання для верифікації й аналізування ефективності статистичних процедур.</p> <p>PH-14. Володіти сучасними інформаційними технологіями для створення презентацій, роботи з базами даних, пошуку інформації та обміну нею.</p> <p>PH-15. Володіти математичними та статистичними методами аналізу, прогнозування та оцінки параметрів математичних моделей, статистичними методами інтерпретації та обробки числових даних.</p> <p>PH-16. Вміти використовувати в практичній діяльності спеціалізоване статистичне програмне забезпечення.</p> <p>PH-17. Знати методи моделювання природничих та/або соціальних процесів.</p> <p>PH-18. Вміти застосовувати ймовірно-статистичні моделі та методи для розв'язання прикладних проблем і задач.</p> <p>PH-19. Вміти оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.</p> <p>PH-20. Вміти використовувати ймовірнісні та статистичні методи аналізу фінансових показників діяльності суб'єктів ринку.</p>
Ключові слова	Випадкові процеси, процес Вінера, процес Пуассона, марковський якийес, дифузійні процеси, стаціонарні процеси
Формат курсу	Очний
Теми	<p>Змістовий модуль I. Основні характеристики випадкових процесів</p> <p>Тема 1.1. Характеристики випадкових процесів Поняття випадкового процесу. Математичне сподівання. Дисперсія. Кореляційна функція. Нормована кореляційна функція. Взаємна кореляційна функція. Комплексний випадковий процес.</p> <p>Тема 1.2. Умовне математичне сподівання. Властивості умовних ймовірностей. Умовне математичне сподівання. Властивості умовних математичних сподівань.</p> <p>Тема 1.3. Розподіли випадкових процесів. Траєкторія випадкового процесу. Одновимірні розподіли. Багатовимірні розподіли. Теорема Колмогора. Критерій Колмогорова про неперервні</p>

модифікації.

Змістовий модуль II. Класи випадкових процесів

Тема 2.1. Процес Пуассона

Означення процесу Пуассона. Теорема про значення процесу Пуассона. Змішаний процес Пуассона. Процеси Кокса.

Тема 2.2. Процес Вінера

Означення процесу Вінера. Траєкторії вінерівського процесу. Диференційовність процесу Вінера.

Тема 2.3. Стаціонарні процеси

Стаціонарні процеси в широкому сенсі. Стаціонарні процеси у вузькому сенсі. Спектральна функція.

Змістовий модуль III. Процеси відновлення

Тема 3.1. Перетворення Лапласа

Основні перетворення Лапласа. Властивості перетворення Лапласа. Диференціальні рівняння. Інтегральні рівняння.

Тема 3.2. Процеси відновлення

Означення процесу відновлення. Функція відновлення. Напівадитивність функції відновлення. Елементарна теорема відновлення.

Тема 3.3. Рівняння відновлення

Рівняння відновлення. Вузлова теорема теорії відновлення.

Змістовий модуль IV. Диференціювання та інтегрування випадкових процесів

Тема 4.1. Диференціювання випадкових процесів

Диференційовний випадковий процес.

Критерій диференційованості. Властивості.

Тема 4.2. Інтегрування випадкових процесів

Інтегрований випадковий процес. Критерій інтегрованості. Властивості.

Тема 4.3. Мартингали

Моменти зупинки. Мартингал. Субмартингал. Супермартингал. Регулярний мартингал. Розклад мартингала за базисом.

Змістовий модуль V. Процеси Маркова

Тема 5.1. Марковські процеси

Означення процесу Маркова. Однорідний марковський процес. Чисто-розривний процес. Напівгрупа. Теорема про інфінітезимальний оператор.

Тема 5.2. Ланцюги Маркова

	<p>Ланцюг Маркова. Матриця перехідних ймовірностей. Класифікація станів системи. Періодичність. Ергодичність.</p> <p>Тема 5.3. Рівняння Колмогорова</p> <p>Пряме рівняння Колмогорова. Обернене рівняння Колмогорова. Процеси розмноження та загибелі.</p> <p>Змістовий модуль VI. Стохастичні процеси</p> <p>Тема 6.1. Дифузійні процеси</p> <p>Означення дифузійного процесу. Перше рівняння Колмогорова. Друге рівняння Колмогорова.</p> <p>Тема 6.2. Стохастичний інтеграл Іто</p> <p>Побудова інтегралу Іто. Диференціювання стохастичного процесу. Диференціювання добутку.</p> <p>Тема 6.3. Гіллясті процеси</p> <p>Означення гіллястого процесу. Класифікація гіллястих процесів. Рівняння для твірних функцій. Ймовірність виродження.</p>
Підсумковий контроль, форма	<p>Залік в кінці VII семестру.</p> <p>Іспит в кінці VIII семестру.</p> <p>Іспит – письмовий.</p>
Пререквізити	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін: Теорія ймовірностей, Дискретна математика</p>
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Презентації, лекції, практичні заняття</p>
Необхідне обладнання	<p>Комп'ютер</p>
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Контрольні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30; - Колоквіуми: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20; - Іспит: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50. <p>Загалом 100 балів.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на</p>

використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні програм є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні 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 та індивідуальних завдань, передбачених курсом.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень 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.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Оцінювання колоквіуму та контрольних робіт відбувається шляхом оцінки письмових відповідей студента на поставлені запитання.

Відсотки нарахування балів оцінювання відповіді на кожне запитання нараховуються за наступним співвідношенням:

75-100% – тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно;

50-75% – відтворюється значна частина розглянутої теми, проте присутні неточності та/або невідповідності;

	<p>25-50% – виявлено множинні неточності та невідповідності, пояснення відсутні чи частково помилкові;</p> <p>0-25% – тему майже не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи.</p> <p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:</p> <p>Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах провідних ІТ компаній за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p>Питання до екзамену</p>	<p>Поняття випадкового процесу. Математичне сподівання. Дисперсія. Кореляційна функція. Нормована кореляційна функція. Взаємна кореляційна функція. Комплексний випадковий процес.</p> <p>Властивості умовних ймовірностей. Умовне математичне сподівання. Властивості умовних математичних сподівань.</p> <p>Траєкторія випадкового процесу. Одновимірні розподіли. Багатовимірні розподіли. Теорема Колмогорова. Критерій Колмогорова про неперервні модифікації.</p> <p>Означення процесу Пуассона. Теорема про значення процесу Пуассона. Змішаний процес Пуассона. Процеси Кокса.</p> <p>Означення процесу Вінера. Траєкторії вінерівського процесу. Диференційовність процесу Вінера.</p> <p>Стаціонарні процеси в широкому сенсі. Стаціонарні процеси у вузькому сенсі.</p> <p>Основні перетворення Лапласа. Властивості перетворення Лапласа. Диференціальні рівняння. Інтегральні рівняння.</p> <p>Означення процесу відновлення. Функція</p>

	<p>відновлення. Напівадитивність функції відновлення. Елементарна теорема відновлення.</p> <p>Рівняння відновлення. Вузлова теорема теорії відновлення.</p> <p>Критерій диференційованості. Властивості.</p> <p>Інтегрований випадковий процес. Критерій інтегрованості. Властивості.</p> <p>Моменти зупинки. Мартингал. Субмартингал. Супермартингал. Регулярний мартингал. Розклад мартингала за базисом.</p> <p>Означення процесу Маркова. Однорідний марковський процес. Чисто-розривний процес. Напівгрупа. Теорема про інфінітезимальний оператор.</p> <p>Ланцюг Маркова. Матриця перехідних ймовірностей. Класифікація станів системи.</p> <p>Періодичність. Ергодичність.</p> <p>Пряме рівняння Колмогорова. Обернене рівняння Колмогорова. Процеси розмноження та загибелі.</p> <p>Означення дифузійного процесу. Перше рівняння Колмогорова. Друге рівняння Колмогорова.</p> <p>Побудова інтегралу Іто. Диференціювання стохастичного процесу. Диференціювання добутку.</p> <p>Означення гіллястого процесу. Класифікація гіллястих процесів. Рівняння для твірних функцій.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

**Схема курсу “Теорія випадкових процесів”
для студентів спеціальності 112 – Статистика**

VII семестр

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Характеристики випадкових процесів	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
2	Умовне математичне сподівання	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
3	Теорема Колмогорова	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
4	Процеси з незалежними приростами	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
5	Процес Пуассона	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
6	Узагальнений процес Пуассона	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
7	Процес Вінера	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
8	Колоквіум 1	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
9	Стационарні процеси	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
10	Ергодичність стаціонарного процесу	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
11	Процеси Леві	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
12	Перетворення Лапласа	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
13	Процеси відновлення	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
14	Рівняння відновлення	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень

15	Вузлова теорема	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
16	Колоквіум 2	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
1	Характеристики випадкових процесів	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
2	Умовне математичне сподівання	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
3	Умовне математичне сподівання відносно сигма-алгебри	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
4	Розподіли випадкових процесів	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
5	Контрольна робота 1	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
6	Процеси з незалежними приростами	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
7	Процес Пуассона	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
8	Процес Вінера	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
9	Стационарні процеси	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
10	Процеси Леві	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
11	Контрольна робота 2	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
12	Перетворення Лапласа	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
13	Інтегральні та диференціальні рівняння	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
14	Процеси відновлення	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень

15	Рівняння відновлення	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
16	Контрольна робота 3	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
Разом:				56	–
Викладач: Ярова О.А.					

VIII семестр

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Диференціювання випадкових процесів	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
2	Інтегрування випадкових процесів	лек.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
3	Мартингали	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
4	Теореми про границю мартингала	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
5	Марковські процеси	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
6	Ланцюги Маркова	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
7	Рівняння Колмогорова	лек.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
8	Колоквіум 1	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
9	Однорідні чисто- розривні процеси	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
10	Дифузійні процеси	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
11	Стохастичний інтеграл Іто	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
12	Гіллясті процеси	лек.	[1-7]+сайт	2	1 тиждень

			курсу		
13	Колоквіум 2	лек.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
1	Диференціювання випадкових процесів	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
2	Інтегрування випадкових процесів	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
3	Мартингали	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
4	Марковські процеси	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
5	Ланцюги Маркова	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
6	Рівняння Колмогорова	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
7	Процеси розмноження та загибелі	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
8	Контрольна робота 1	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
9	Дифузійні процеси	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
10	Стохастичний інтеграл Іто	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
11	Стохастичні диференціальні рівняння	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
12	Гіллясті процеси	практ.	[1-7]+сайт курсу	1	1 тиждень
13	Контрольна робота 2	практ.	[1-7]+сайт курсу	2	1 тиждень
Разом:				38	–
Викладач: Ярова О.А.					