



МЕТОДИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ ТА РИЗИКУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>11 Математика і статистика</i>
Спеціальність	<i>113 Прикладна математика</i>
Освітня програма	<i>НАУКА ПРО ДАНІ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекція раз в тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська, англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор фіз.-мат. наук, с.н.с., Норкін Володимир Іванович, Vladimir.norkin@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>http://pma.fpm.kpi.ua/uk/apply/admission/official</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Невизначеність, непередбачуваність та ризики є невід’ємними атрибутами людської діяльності та навколишнього світу.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- розробляти математичні моделі оцінки та мінімізації страхових та фінансових ризиків;
- складати логічні схеми для розрахунку та оптимізації надійності роботи системи.

Предмет навчальної дисципліни — застосування математичних методів теорії надійності та теорії ризику в системах зі стохастичними подіями.

Програмні результати навчання: РН1, РН2, РН8;

фахові компетентності ФК1, ФК2, ФК-6;

знання, зокрема:

- процедури формального уявлення про стохастичні системи та результати дослідження реальних соціально-економічних систем;
- стохастичні процеси, що описують вартість фінансових активів;
- про впливи випадкових некерованих чинників, необхідних для прийняття раціональних рішень в умовах ризику та невизначеності;

уміння:

- розробляти математичні моделі оцінки страхових та фінансових ризиків, які комп’ютеризуються;
- будувати ефективні обчислювальні алгоритми для розрахункових задач з моделювання, оцінки та мінімізації ризиків;

- складати логічні схеми для розрахунку надійності роботи системи;
- розраховувати ймовірності безвідмовної роботи об'єкта.

Досвід:

- врахування під час господарської діяльності впливу випадкових некерованих чинників, необхідних для прийняття раціональних рішень;
- аналізу надійності роботи стохастичної системи за допомогою таких показників як, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: бакалаврський рівень вищої освіти за спеціальністю 113 Прикладна математика, зокрема знання математичного аналізу, теорії ймовірностей, теорії випадкових процесів та математичної статистики, теорії та методів оптимізації.

Постреквізити: ПО7 Управління проектами; ПО11 Науково-дослідна практика; ПО12 Виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. ВСТУП У РИЗИКОЛОГІЮ

Тема 1.1. Ризик як економічна категорія. Класифікація ризиків. Прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності.

Тема 1.2. Функції корисності. Теорія очікуваної корисності.

Тема 1.3. Теорія стохастичного програмування.

Тема 1.4. Математична теорія запасів.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ АКТУАРНОЇ (СТРАХОВОЇ) МАТЕМАТИКИ

Тема 2.1. Страховий ринок України

Тема 2.2. Класичні моделі діяльності страхової компанії

Тема 2.3. Методи оцінки ризику розорення

Тема 2.4. Імітаційне моделювання страхового бізнесу

Тема 2.5. Оптимізація страхового бізнесу

РОЗДІЛ 3. ЕЛЕМЕНТИ ФІНАНСОВОЇ МАТЕМАТИКИ

Тема 3.1. Фінансовий ринок та його моделювання

Тема 3.2. Фінансові інструменти

Тема 3.3. Сучасна портфельна теорія

РОЗДІЛ 4. ЕЛЕМЕНТИ МАТЕМАТИЧНОЇ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ

Тема 4.1. Математичні моделі в теорії надійності

Тема 4.2. Методи підвищення та оптимізації надійності

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Базова література

1. Вітлінський В.В., Верченко П.І. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком: Навч.-метод. посібник для самостійного вивчення дисципліни. – К.: КНЕУ, 2000. – 292 с.

2. Волошин, О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. - 2-ге вид., перероб. та допов. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. - 336 с.
<http://cyb.univ.kiev.ua/library/books/voloshyn-20.pdf>

3. Страхування. Підручник / За ред. В.Д. Базилевича. – К.: Знання, 2008. – 1019 с.

4. Мішура Ю.С., Шевченко Г.М. *Математика фінансів*. Київ: ВПЦ «Київський ун-т», 2011. - 350 р.
5. Леоненко М.М., Мішура Ю.С., Пархоменко Я.М., Ядренко М.Й. *Теоретико-ймовірнісні та статистичні методи в економетриці та фінансовій математиці*. - К.: Інформтехніка, 1995. - 380 с.
6. Ржевський С.В., Александрова В.М. *Дослідження операцій: Підручник*. К.: Академвидав, 2006. 560 с. (Альма-матер).
7. Ermoliev Y.M., Norkin V.I., Norkin B.V. *Stochastic optimization models of actuarial mathematics. Cybernetics and Systems Analysis*, 2020, Vol. 56, No. 1, P.58-67. <https://doi.org/10.1007/s10559-020-00221-0>

Додаткова література

1. Борисенко О.Д. Ямненко Р.Є. *Лекції з теорії актуарного і фінансового ризику*. КНУ ім. Т.Шевченка, 2017.
2. Моклячук, Р.Є. Ямненко. *Теорія вибору та прийняття рішень*. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. - 527 с.
3. Гусак Д.В., Кулик О.М., Мішура Ю.С., Пилипенко А.Ю. *Збірник задач з теорії випадкових процесів та її застосувань у фінансовій математиці та теорії ризику*. ВПЦ «Київський університет», 2008.
4. Norkin V.I., Boyko S.V. *Safety-first portfolio selection. Cybernetics and Systems Analysis*, Vol. 48, No. 2, P. 180-191. DOI: 10.1007/s10559-012-9396-9.
5. Norkin V.I., Onishchenko B.O. *Reliability optimization of a complex system by the stochastic branch and bound method. Cybernetics and systems analysis*, 2008, Vol. 44, No. 3, P. 418-428.
6. Norkin V.I. *Self-insurance of an investor under repeating catastrophic risks. Cybernetics and systems analysis*, 2007, Vol. 43, No. 3, P. 377-383.
7. Norkin V.I. *On measuring and profiling catastrophic risks. Cybernetics and systems analysis*, 2006, Vol. 42, No.6, P. 839-850.
8. Domrachev V.N., Kirilyuk V.S., Norkin V.I. *A Nonparametric Index Approach for Estimating Subjects of Financial Market by Profitability-Risk Criterion by Example of Commercial Banks. J. of Automation and Information Sciences*, 2002, Vol. 34, Issue 12, P.36-45.
9. Ermoliev Y.M., Ermolieva T.Y., MacDonald G., Norkin V.I. *Problems on insurance of catastrophic risks. Cybernetics and systems analysis*, 2001, Vol. 37, No.2, P. 220-234.
10. Norkin B.V. *Mathematical models for insurance business optimization. // Cybernetics and Systems Analysis*, Vol. 47, No. 1, 2011 pp. 119-133.
11. Norkin B.V. *Systems simulation analysis and optimization of insurance business // Cybernetics and Systems Analysis*. – Vol. 50(2014). – No. 2. – P.260-270.
12. Prabhu N.U. *Stochastic Storage Processes, Queues, Insurance Risk, Dams, and Data Communication*. Springer: 1998.
13. Schmidli H. *Stochastic control in insurance*. – London: Springer-Verlag, 2008. – 254 p.
14. Shapiro A., Dentcheva D., Ruszczyński A. *Lectures on Stochastic Programming: Modeling and Theory*. - SIAM, Philadelphia, 2009. – 442 p. (version 2007)
<http://www2.isye.gatech.edu/~ashapiro/publications.html>

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

РОЗДІЛ 1. ВСТУП У РИЗИКОЛОГІЮ (4 лекції)

Тема 1.1. Ризик як економічна категорія. Класифікація ризиків. Прийняття рішень в умовах ризику.

Лекція 1. Природа економічного ризику. Джерела ризику. Поняття невизначеності. Зв'язок невизначеності та ризику. Види невизначеності. Аналіз чинників невизначеності. Причини виникнення економічного ризику. Зовнішні та внутрішні чинники ризику.

Класифікація ризиків. Виробничий ризик. Комерційний ризик. Фінансовий (кредитний) ризик. Інвестиційний ризик. Ринковий ризик. Банківський ризик. Портфельний ризик. Страховий ризик. Медичний ризик. Катастрофічний ризик. Об'єкт та суб'єкт ризику. Ідентифікація ризику як перший етап його оцінки й мінімізації.

Кількісна оцінка ризику. Розподіл втрат. Основні характеристики розподілу втрат. VaR, CVaR. Міри ризику. Ймовірність розорення як міра ризику.

Прийняття рішень за умов невизначеності та ризику. Критерії прийняття рішень в умовах ризику. Мінімаксий критерій. Критерій Байєса. Критерій Бернуллі-Лапласа. Критерій Гіббса-Джейнса. Критерій Вальда. Критерій мінімального ризику Севіджа. Критерій Гурвіца. Страхування ризиків.

Література: Вітлінський, Верченко (2000), Волошин, Мащенко (2010)

Тема 1.2. Функції корисності. Теорія очікуваної корисності.

Лекція 2. Сутність концепції теорії корисності. Поняття корисності. Основні аксіоми теорії корисності. Види корисності. Поняття граничної корисності. Приклади побудови функції корисності під час прийняття рішення у ситуації ризику. Лотерея та премії за ризик. Очікувана корисність та схильність до ризику.

Критика теорії корисності. Парадокси теорії корисності.

Література: Волошин, Мащенко (2010), Моклячук, Ямненко (2013, гл. 11, 12)

Тема 1.4. Теорія стохастичного програмування

Лекція 4. Моделі і методи теорії стохастичного програмування. Моделі одно-, двох- та багатоетапного стохастичного програмування. E- та P-моделі. Метод стохастичних градієнтів. Метод емпіричних середніх.

Література: Shapiro, Dentcheva, Ruszczyński (2009), Ermoliev Y.M., Norkin V.I., Norkin B.V. (2020).

Тема 1.3. Математична теорія запасів.

Лекція 3. Вибір оптимального розміру запасів в умовах стохастичного попиту. Динамічний процес еволюції запасів у дискретному та неперервному часі. Стратегії поповнення запасів. Моделювання стохастичної еволюції запасів. Оптимальне керування запасами. Параметричні стратегії.

Література: Ржевський, Александрова (2006), Prabhu (1998).

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ АКТУАРНОЇ (СТРАХОВОЇ) МАТЕМАТИКИ (9 лекцій).

Тема 2.1. Страховий ринок України.

Лекція 5. Страховий ринок України та зарубіжжя. Види страхування. Ринок перестраховання. Показники діяльності страхової компанії. Страхова статистика. Інтернет ресурси по страхуванню. Страхове законодавство. Рейтингування страхових компаній.

Література: Базилевич (2008)

Тема 2.2. Класичні моделі діяльності страхової компанії.

Лекція 6. Страхування ризиків. Моделювання страхового бізнесу. Розрахунок страхової премії. Моделі перестраховування. Статичні оптимізаційні моделі страхового бізнесу.

Література: Базилевич (2008), Борисенко, Ямненко (2017, розд. 4)

Лекція 7. Динамічні моделі страхового бізнесу. Процеси ризику у дискретному та неперервному часі. Складний пуассонівський процес. Класична модель Крамера-Лундберга.

Література: Базилевич (2008), Леоненко и др. (1995), Борисенко, Ямненко (2017, розд. 3, 5, 10)

Тема 2.3. Математичні методи оцінки ризику розорення.

Лекція 8. Ймовірність розорення, обчислення, оцінки. Ймовірність розорення процесу ризику у дискретному часі.

Література: Базилевич (2008), Леоненко и др. (1995), Борисенко, Ямненко (2017, розд. 10)

Лекція 9. Інтегральні рівняння актуарної математики для ймовірності розорення. Рівняння відновлення. Числові методи розв'язання інтегральних рівнянь актуарної математики. Метод послідовних наближень.

Література: Леоненко та ін. (1995), Борисенко, Ямненко (2017, розд. 10)

Тема 2.4. Імітаційне моделювання страхового бізнесу.

Лекція 10. Імітаційне моделювання процесів ризику. Метод статистичних випробувань Монте-Карло. Імітаційні моделі динамічного фінансового аналізу. Ефективна границя.

Література: Ржевський, Александрова (2006)

Тема 2.5. Оптимізація страхового бізнесу.

Лекція 11. Порівняння ризиків. Стохастичне домінування. Прийняття рішень в умовах катастрофічного ризику. Багатокритеріальна оптимізація з урахуванням ризику.

Література: Norkin V.I. (2007).

Лекція 12. Оптимізаційні моделі страхового бізнесу. Статичні оптимізаційні моделі. Моделі стохастичного програмування.

Література: Norkin B.V. (2011, 2014), Ermoliev Y.M., Norkin V.I., Norkin B.V.

Лекція 13. Моделі оптимального керування страховим бізнесом. Дивідендні стратегії. Парадокс де Фінетті. Метод динамічного програмування.

Література: Schmidli (2008), Norkin B.V. (2014)

РОЗДІЛ 3. ЕЛЕМЕНТИ ФІНАНСОВОЇ МАТЕМАТИКИ (3 лекції)

Тема 3.1. Фінансовий ринок та його моделювання.

Лекція 14. Фінансовий ринок України, фінансові ринки світу. Фінансова статистика. Випадкові процеси фінансової математики. Біномінальна модель вартості цінних паперів. Вінеровський процес. Геометричний броунівський рух. Моделювання фінансових часових рядів. Засоби моделювання фінансових часових рядів та оптимізації фінансового портфеля у програмних системах Scilab, Scicos, Matlab, Simulink. Класична модель фінансового портфеля Г.Марковиця та її узагальнення.

Література: Леоненко та ін. (1995), Мішура, Шевченко (2011)

Тема 3.2. Фінансові інструменти.

Лекція 15. Фінансові інструменти. Бонди, ф'ючерси, опціони. Обчислення цін фінансових інструментів. Сутність хеджування. Ф'ючерси та опціони як інструменти зниження ступеня ризику. Поняття ціни спот і ф'ючерсної ціни. Взаємозв'язок поточних ринкових та ф'ючерсних цін. Види хеджування: хеджування продажем і хеджування купівлею.

Література: Леоненко та ін. (1995), Мішура, Шевченко (2011).

Тема 3.3. Сучасна портфельна теорія.

Лекція 16. Динамічна оптимізація фінансового портфелю. Інвестиційний ризик та теорія «портфеля». Сутність диверсифікації та управління портфелем цінних паперів. Очікувана норма прибутку та ризик портфеля акцій. Інфляцій-ний ризик. Вплив інфляційного ризику на норму відсотка. Теперішня вартість грошей. Поняття дисконту. Модель В-S-ринку. Арбітраж.

Література: Леоненко та ін. (1995), Мішура, Шевченко (2011), Norkin, Boyko (2012).

РОЗДІЛ 4. ЕЛЕМЕНТИ МАТЕМАТИЧНОЇ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ (2 лекції)

Тема 4.1. Математичні моделі в теорії надійності.

Лекція 17. Надійність елементів та систем. Складові надійності: безвідмовність, довговічність, здатність до збереження та ремонтоздатність. Класифікація пошкоджень та відмов. Види відмов. Характеристика відмов. Етапи аналізу й показники надійності систем.

Залежність інтенсивності відмов від часу (проробка, нормальна експлуатація та період старіння). Розподіл Вейбулла. Розподіл Релея. Гама - розподіл. Трикутний розподіл. Сума, суперпозиція розподілів. Нормальний розподіл. Експонентний розподіл тривалості відновлення. Надійність систем послідовно та паралельно з'єднаних елементів. Час безвідмовної роботи паралельно-послідовних систем.

Література: Norkin, Onischenko (2008).

Тема 4.2. Методи підвищення та оптимізації надійності

Лекція 18. Загальні заходи підвищення надійності. Основні поняття, визначення та класифікація методів резервування. Підвищення надійності шляхом резервування.

Роль відновлення в резервованих системах. Середнє число планових та позапланових замін. Роль біномного розподілу при обчисленні надійності. Часткове резервування. Системи зі змішаним з'єднанням елементів.

Оцінка надійності відновлюваного елемента. Коефіцієнт готовності з урахуванням та без урахування профілактики. Статистична оцінка коефіцієнта готовності.

Моделювання систем із ненадійних елементів. Засоби дослідження надійності складних систем в програмних середовищах Scilab, Scicos, Matlab, Simulink. Методи оптимізації надійності.

Література: Norkin, Onischenko (2008).

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота полягає в опрацюванні матеріалів лекцій, підготовці до контрольних робіт, а також у виконанні (в разі неможливості відвідування лекцій) домашніх та лабораторних робіт, програмних проектів та ін.

Основні завдання самостійних занять: закріплення студентами на практиці знань, здобутих ними під час лекцій.

Види самостійної роботи:

аналіз реальних статистичних даних (звітності страхових компаній, фінансових даних, даних з попиту та пропозиції);

виконання лабораторних робіт;

виконання практичних завдань самостійної домашньої роботи з тематики курсу (прийняття рішень в умовах ризику, актуарні розрахунки, фінансова математика, теорія надійності);

реферування науково-технічної літератури з тематики курсу;

написання реферату;

виконання програмних проектів з тематики курсу.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В разі об'єктивної неможливості бути присутнім на більшості лекцій, наприклад, в разі паралельного навчання за кордоном або повної зайнятості на роботі, студент повинен виконати контрольні, домашні та лабораторні роботи, або програмний проект за тематикою дисципліни у встановлені строки. У разі запізнення зі здачею робіт можуть бути нараховані штрафні бали. Звіти з виконаних робіт надсилаються викладачу засобами електронного зв'язку (Slack, e-mail).

Вимоги до рефератів

- 1) Тема повинна бути узгоджена з викладачем.
- 2) Реферат повинен бути на українській або (англійській (+ до 5 балів)) мові.
- 3) Структура реферату: Титульний лист, анотація, зміст, текст, висновки, список джерел.
- 4) Список використаних джерел з посиланнями на них у тексті є обов'язковим.
- 5) Об'єм – 15-25 сторінок.

Вимоги до лабораторних робіт та учбових програмних проектів

- 1) Результати роботи повинні бути оформлені у вигляд короткого звіту (на українській або англійській мові).
- 2) Структура звіту: титульний лист (назва, автори, і т.і.), анотація, теоретичні відомості, завдання, метод(и) вирішення, результати (проілюстровані), висновки, посилання, додатки (лістинги і т.і.).
- 3) Можливий варіант звіту у вигляді короткої презентації (з тією же структурою, що у п.2).

Вимоги до дослідницьких програмних проектів

- 1) Тема проекту має бути обґрунтована та узгоджена з викладачем.
- 2) Проект має програмно реалізувати деяку модель (явища, об'єкту, системи) типу «вхід-вихід» з поясненням, що є входом, а що є виходом програми.
- 3) Інший формат проекту (не «вхід-вихід») має бути дуже добре обґрунтований.
- 4) Проект повинен вирішувати проблему ідентифікації параметрів моделі.
- 5) Проект повинен вирішувати або задачу симуляції деякого явища (об'єкту, системи), або задачу підтримки рішень відносно об'єкту або системи.
- 6) Програмна реалізація повинна включати дружній інтерфейс.
- 7) Бажано, щоб програма була закінченим продуктом, тобто працювала незалежно від системи програмування (stand-alone application, або в браузері).
- 8) Повинен бути опис програми (help) із зазначенням авторів проекту та їх ролей у реалізації.
- 9) Код повинен бути відкритим, а програма – у вільному доступі.
- 10) Команда може включати не більше трьох учасників.
- 11) Результати роботи повинні бути оформлені у вигляд короткого звіту (на українській або англійській мові).
- 12) Структура звіту: титульний лист (назва, автори, і т.і.), анотація, теоретичні відомості, завдання, метод(и) вирішення, результати (проілюстровані), висновки, посилання, додатки.
- 13) Повинна бути підготована презентація за проектом.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: МКР, письмовий тест, колоквіум (загалом до 30 балів)

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік (до 25 балів)

Умови допуску до семестрового контролю: виконання контрольних робіт, зарахування домашніх та лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 45 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Короткий перелік питань, які виносяться на колоквіум (додаток 1 до силабусу);*
- *Розширений перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток 2 до силабусу);*
- *можливо зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (теорія оптимізації, дослідження операцій, фінансовий аналіз, бухгалтерський облік).*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професор, доктор фіз.-мат. наук, с.н.с. Норкін Володимир Іванович

Ухвалено кафедрою прикладної математики (протокол № 13 від 17.06.2022)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 9 від 24.06.2022)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.