

SYLLABUS / РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ
ДИСЦИПЛІНИ

Course of study (code) / Назва дисципліни (шифр)	Моделювання та прогнозування складних систем EI0001МПСС	2022/2023 1 семестр
Academic year / Навчальний рік - Семестр		
Course of study / Назва спеціальності	051 Економіка, 076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність, 071 Облік і оподаткування, 072 Фінанси, банківська справа та страхування, 073 Менеджмент, 075 Маркетинг, 292 Міжнародні економічні відносини, 291 Міжнародні відносини, суспільні комунікації та регіональні студії	
Educational program / Освітня програма Education - ECTS / Рівень – Кредити Status / Статус Learning language / Мова навчання	«Економіка», «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність», «Облік і оподаткування», «Фінанси, банківська справа та страхування», «Менеджмент креативних індустрій», «Міжнародні економічні відносини», Перший (бакалаврський) рівень - 6 ECTS Обов'язкова Українська	
Author / Укладач	Белінський Андрій Олександрович Державний університет економіки і технологій e-mail: krivogame@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-2821-2895 моб. +380984341701	
Консультації		Четвер, 14.00-15.20

A. OBJECTIVE OF THE SUBJECT / МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета предмета «Моделювання та прогнозування складних систем» полягає в тому, щоб надати студентам знання та навички, необхідні для розробки та аналізу математичних моделей, які можуть відзеркалити поведінку складних систем, і використовувати ці моделі для точного прогнозування майбутньої поведінки таких систем. Цей предмет охоплює різні теми, включаючи передові методи математичного моделювання, комп'ютерне моделювання, аналіз даних, статистичні методи та алгоритми машинного навчання. Кінцева мета — надати студентам здатність ефективно моделювати та прогнозувати поведінку складних систем у різних галузях, особливо, у сфері фінансів.

B. SUBJECT PROGRAM / ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Вступ до прогнозування складних систем

Принципи прогнозування

Економічне прогнозування, його суть

Вступ до програмування з використанням мови програмування Python

Тема 2. Зчитування та візуалізація часових рядів

Попередня обробка даних із використанням бібліотеки Pandas

Робота з джерелами Yahoo! Finance та Federal Reserve Economic Data (FRED)

Тема 3. Графічний аналіз закономірностей у часових рядах

Тренд

Сезонність

Цикл

Прогнозування часових рядів на основі всіх складових із використанням лінійної регресії

Тема 4. Декомпозиція та перетворення часових рядів

Наївна адитивна та мультиплікативна декомпозиція. STL декомпозиція

Стаціонарність. Статистичні тести на перевірку стаціонарності рядів

Диференціація

Лінійне детрендування

Тема 5. Експоненціальне згладжування

ETS моделі

Просте експоненціальне згладжування

Модель Хольта

Модель Хольта-Вінтерса

Тема 6. Проста лінійна регресія

Метод найменших квадратів

Коефіцієнт кореляції

Теорема Гауса-Маркова

Інтерпретація отриманих коефіцієнтів

Незміщеність оцінок моделі регресії

Перевірка статистичних гіпотез

Довірчі інтервали моделі регресії

Тема 7. Множинна лінійна регресія. Нелінійна регресія

Мультиколінеарність

Гетероскедастичність

Практичні застосування моделей регресії

Тема 8. Моделі авторегресії.

Ознаки авторегресійних процесів

Ідентифікація порядку моделей авторегресії

Модель ковзного середнього

Модель авторегресійного інтегрованого ковзного середнього та її модифікації

Тема 9. Моделі з умовною гетероскедастичністю

Модель авторегресійної умовної гетероскедастичності та її узагальнене доповнення

Симуляція процесів з умовною гетероскедастичністю

Тема 10. Вступ до науки про складність

Дисипативні системи

Самоорганізація

Самоорганізуюча критичність

Фазовий перехід

Синхронізація

Тема 11. Вступ до математики змін

Логістична карта

Атрактори

Тема 12. Виявлення (нелінійної) структури в часових рядах

Фрактальна розмірність

Аналіз дентрендованих флуктуацій

Коефіцієнт Херста

Тема 13. Мультифрактальність

Мультифрактальний аналіз дентрендованих флуктуацій

Крос-кореляційний аналіз та його мультифрактальний аналог

Мультифрактальний асиметричний аналіз

Тема 14. Ентропійне моделювання складних систем

Інформаційна ентропія Шенона

Апроксимаційна ентропія

Ентропія шаблонів

Ентропія перестановок

Мультимасштабні види ентропії

Тема 15. Теорія хаосу

Показники Ляпунова

Старший показник Ляпунова

Спектр показників Ляпунова

Масштабо-незалежні показники Ляпунова

Тема 16. Рекурентний аналіз складних систем

Рекурентні діаграми

Кількісний аналіз рекурентних діаграм

Крос-рекурентний аналіз складних систем

Об'єднаний рекурентний аналіз складних систем

Тема 17. Незворотність

Аналіз асиметрії на основі діаграм Пуанкаре
Незворотність на основі графових характеристик
Асиметрія пермутаційних шаблонів

Тема 18. Вступ до теорії графів

Складні мережі
Теорія мультиплексних мереж
Мережні міри складності
Мережі "Малого Світу"

C. LIST OF COMPETENCIES AND STUDIES TARGETED RESULTS / ПЕРЕЛІК КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ТА ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Загальні компетентності
(ЗК)

051 Економіка

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

071 Облік і оподаткування

ЗК 01. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК 02. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК 13. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

072 Фінанси, банківська справа та страхування

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК06. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
ЗК12. Здатність працювати автономно.

073 Менеджмент

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу.
ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

075 Маркетинг

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК5. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.
ЗК7. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК9. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

292 Міжнародні економічні відносини

ЗК7. Навички використання інформаційних та комунікаційних технологій.
ЗК8. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Спеціальні (фахові)
компетентності (ФК)

051 Економіка

СК6. Здатність застосовувати економіко-математичні методи та моделі для вирішення економічних задач.
СК9. Здатність прогнозувати на основі стандартних теоретичних та економетричних моделей соціально-економічні процеси.
СК11. Здатність обґрунтовувати економічні рішення на основі розуміння закономірностей економічних систем і процесів та із застосуванням сучасного методичного інструментарію.

071 Облік і оподаткування

СК 01. Здатність досліджувати тенденції розвитку економіки за допомогою інструментарію макро- та мікроекономічного аналізу, робити узагальнення стосовно оцінки прояву окремих явищ, які властиві сучасним процесам в



SYLLABUS / РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

економіці.

СК 02. Використовувати математичний інструментарій для дослідження соціально-економічних процесів, розв'язання прикладних завдань в сфері обліку, аналізу, контролю, аудиту, оподаткування.

072 Фінанси, банківська справа та страхування

СК04. Здатність застосовувати економіко-математичні методи та моделі для вирішення фінансових задач.

СК06. Здатність застосовувати сучасне інформаційне та програмне забезпечення для отримання та обробки даних у сфері фінансів, банківської справи та страхування.

073 Менеджмент

СК2. Здатність аналізувати результати діяльності організації, зіставляти їх з факторами впливу зовнішнього та внутрішнього середовища.

СК12. Здатність аналізувати й структурувати проблеми організації, формувати обґрунтовані рішення.

075 Маркетинг

СК7. Здатність визначати вплив функціональних областей маркетингу на результати господарської діяльності ринкових суб'єктів.

СК10. Здатність використовувати маркетингові інформаційні системи в ухваленні маркетингових рішень і розробляти рекомендації щодо підвищення їх ефективності.

СК11. Здатність аналізувати поведінку ринкових суб'єктів та визначати особливості функціонування ринків.

СК12. Здатність обґрунтовувати, презентувати і впроваджувати результати досліджень у сфері маркетингу.

СК13. Здатність планування і провадження ефективної маркетингової діяльності ринкового суб'єкта в крос-функціональному розрізі.

СК14. Здатність пропонувати вдосконалення щодо функцій маркетингової діяльності.

076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність

СК2. Здатність обирати та використовувати відповідні методи, інструментарій для обґрунтування рішень щодо створення, функціонування підприємницьких, торговельних і біржових структур.

292 Міжнародні економічні відносини

СК11. Здатність проводити дослідження економічних явищ та процесів у міжнародній сфері з урахуванням причинно-наслідкових та просторово-часових зв'язків.

051 Економіка

ПРН7. Пояснювати моделі соціально-економічних явищ з погляду фундаментальних принципів і знань на основі розуміння основних напрямів розвитку економічної науки.

ПРН8. Застосовувати відповідні економіко-математичні методи та моделі для вирішення економічних задач.

071 Облік і оподаткування

ПР 01. Знати та розуміти економічні категорії, закони, причинно-наслідкові та функціональні зв'язки, які існують між процесами та явищами на різних рівнях економічних систем.

ПР 14. Вміти застосовувати економіко-математичні методи в обраній професії.

ПР 15. Володіти загальнонауковими та спеціальними методами дослідження соціально-економічних явищ і господарських процесів на підприємстві.

Програмні результати
навчання (ПРН)



SYLLABUS / РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

072 Фінанси, банківська справа та страхування

ПР05. Володіти методичним інструментарієм діагностики стану фінансових систем (державні фінанси, у т.ч. бюджетна та податкова системи, фінанси суб'єктів господарювання, фінанси домогосподарств, фінансові ринки, банківська система та страхування).

ПР06. Застосовувати відповідні економіко-математичні методи та моделі для вирішення фінансових задач.

ПР16. Застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання практичних завдань та змістовно інтерпретувати отримані результати.

ПР19. Виявляти навички самостійної роботи, гнучкого мислення, відкритості до нових знань.

073 Менеджмент

ПР3. Застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання практичних завдань у сфері маркетингу.

ПР4. Збирати та аналізувати необхідну інформацію, розраховувати економічні та маркетингові показники, обґрунтовувати управлінські рішення на основі використання необхідного аналітичного й методичного інструментарію.

ПР5. Виявляти й аналізувати ключові характеристики маркетингових систем різного рівня, а також особливості поведінки їх суб'єктів.

ПР6. Виявляти навички пошуку, збирання та аналізу інформації, розрахунку показників для обґрунтування управлінських рішень.

ПР7. Виявляти навички організаційного проектування.

ПР11. Демонструвати навички аналізу ситуації та здійснення комунікації у різних сферах діяльності організації.

ПР12. Оцінювати правові, соціальні та економічні наслідки функціонування організації.

ПР16. Демонструвати навички самостійної роботи, гнучкого мислення, відкритості до нових знань, бути критичним і самокритичним.

ПР17. Виконувати дослідження індивідуально та/або в групі під керівництвом лідера.

075 Маркетинг

ПР2. Аналізувати і прогнозувати ринкові явища та процеси на основі застосування фундаментальних принципів, теоретичних знань і прикладних навичок здійснення маркетингової діяльності.

ПР3. Застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання практичних завдань у сфері маркетингу.

ПР4. Збирати та аналізувати необхідну інформацію, розраховувати економічні та маркетингові показники, обґрунтовувати управлінські рішення на основі використання необхідного аналітичного й методичного інструментарію.

ПР5. Виявляти й аналізувати ключові характеристики маркетингових систем різного рівня, а також особливості поведінки їх суб'єктів.

ПР6. Виявляти навички пошуку, збирання та аналізу інформації, розрахунку показників для обґрунтування управлінських рішень.

ПР7. Виявляти навички організаційного проектування.

ПР9. Оцінювати ризики провадження маркетингової діяльності, встановлювати рівень невизначеності маркетингового середовища при прийнятті управлінських рішень.

ПР11. Демонструвати навички аналізу ситуації та здійснення комунікації у різних сферах діяльності організації.

ПР16. Демонструвати навички самостійної роботи, гнучкого мислення, відкритості до нових знань, бути критичним і самокритичним.

076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність

ПР1. Використовувати базові знання з підприємництва, торгівлі і біржової діяльності й уміння критичного мислення, аналізу та синтезу в професійних цілях.

SYLLABUS / РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ
ДИСЦИПЛІНИ

ПР2. Застосовувати набуті знання для виявлення, постановки та вирішення завдань за різних практичних ситуацій в підприємницький, торговельній та біржовій діяльності.

ПР4. Збирати та аналізувати необхідну інформацію, розраховувати економічні та маркетингові показники, обґрунтовувати управлінські рішення на основі використання необхідного аналітичного й методичного інструментарію.

ПР5. Виявляти й аналізувати ключові характеристики маркетингових систем різного рівня, а також особливості поведінки їх суб'єктів.

ПР12. Володіти методами та інструментарієм для обґрунтування управлінських рішень щодо створення й функціонування підприємницьких, торговельних і біржових структур.

292 Міжнародні економічні відносини

ПР3. Використовувати сучасні інформаційні та комунікаційні технології, програмні пакети загального і спеціального призначення.

ПР12. Здійснювати комплексний аналіз складних економічних систем, зіставляти та порівнювати їх складові, оцінювати й аргументувати оцінки результативності їх функціонування.

ПР18. Досліджувати економічні явища та процеси у міжнародній сфері на основі розуміння категорій, законів; виділяючи й узагальнюючи тенденції, закономірності функціонування та розвитку світового господарства з урахуванням причинно-наслідкових та просторово-часових зв'язків.

ПР24. Обґрунтовувати вибір і застосовувати інформаційно-аналітичний інструментарій, економіко-статистичні методи обчислення, складні техніки аналізу та методи моніторингу кон'юнктури світових ринків.

D. SEMESTER PLAN / СЕМЕСТРОВИЙ ПЛАН

Тиждень Дата	Тема, план/короткі тези	Форма діяльності (заняття), години, формат	Завдання для СРС (література, ресурси в інтернеті, презентація, відеокурси)
За розкладом	Тема 1. Вступ до прогнозування складних систем Принципи прогнозування Економічне прогнозування, його суть Вступ до програмування з використанням мови програмування Python	лекція (1 год), практичні заняття (1 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 2. Зчитування та візуалізація часових рядів Попередня обробка даних із використанням бібліотеки Pandas Робота з джерелами Yahoo! Finance та Federal Reserve Economic Data (FRED)	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 3. Графічний аналіз закономірностей у часових рядах Тренд Сезонність Цикл Прогнозування часових рядів на основі всіх складових із використанням лінійної регресії	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 4. Декомпозиція та перетворення часових рядів Наївна адитивна та мультиплікативна декомпозиція. STL декомпозиція Стаціонарність. Статистичні тести на перевірку стаціонарності рядів Диференціація Лінійне детрендування	лекція (1 год), практичні заняття (1 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3



SYLLABUS / РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ
ДИСЦИПЛІНИ

	Тема 5. Експоненціальне згладжування ETS моделі Просте експоненціальне згладжування Модель Хольта Модель Хольта-Вінтерса	лекція (1 год), практичні заняття (1 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 6. Проста лінійна регресія Метод найменших квадратів Коефіцієнт кореляції Теорема Гауса-Маркова Інтерпретація отриманих коефіцієнтів Незміщеність оцінок моделі регресії Перевірка статистичних гіпотез Довірчі інтервали моделі регресії	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 7. Множинна лінійна регресія. Нелінійна регресія Мультиколінеарність Гетероскедастичність Практичні застосування моделей регресії	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 8. Моделі авторегресії. Ознаки авторегресійних процесів Ідентифікація порядку моделей авторегресії Модель ковзного середнього Модель авторегресійного інтегрованого ковзного середнього та її модифікації	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 9. Моделі з умовною гетероскедастичністю Модель авторегресійної умовної гетероскедастичності та її узагальнене доповнення Симуляція процесів з умовною гетероскедастичністю	лекція (1 год), практичні заняття (1 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 10. Вступ до науки про складність Дисипативні системи Самоорганізація Самоорганізуюча критичність Фазовий перехід Синхронізація	лекція (1 год), практичні заняття (1 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 11. Вступ до математики змін Логістична карта Атрактори	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 12. Виявлення (нелінійної) структури в часових рядах Фрактальна розмірність Аналіз детрендованих флуктуацій Коефіцієнт Херста	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 13. Мультифрактальність Мультифрактальний аналіз детрендованих флуктуацій Крос-кореляційний аналіз та його мультифрактальний аналог Мультифрактальний асиметричний аналіз	лекція (4 год), практичні заняття (4 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 14. Ентропійне моделювання складних систем Інформаційна ентропія Шенона Апроксимаційна ентропія Ентропія шаблонів Ентропія перестановок Мультимасштабні види ентропії	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 15. Теорія хаосу	лекція	Опрацювання

SYLLABUS / РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ
ДИСЦИПЛІНИ

	Показники Ляпунова Старший показник Ляпунова Спектр показників Ляпунова Масштабо-незалежні показники Ляпунова	(1 год), практичні заняття (1 год.)	літератури: основна 1–16 додаткова 1-4 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 16. Рекурентний аналіз складних систем Рекурентні діаграми Кількісний аналіз рекурентних діаграм Крос-рекурентний аналіз складних систем Об'єднаний рекурентний аналіз складних систем	лекція (4 год), практичні заняття (4 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-4 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 17. Незворотність Аналіз асиметрії на основі діаграм Пуанкаре Незворотність на основі графових характеристик Асиметрія пермутаційних шаблонів	лекція (2 год), практичні заняття (2 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3
	Тема 18. Вступ до теорії графів із застосуванням мережевої науки Складні мережі Теорія гіпермереж Мережні міри складності Мережі “Малого Світу”	лекція (4 год), практичні заняття (4 год.)	Опрацювання літератури: основна 1–16 додаткова 1-14 Інтернет-ресурси: 1-3

E. BASIC LITERATURE (OBLIGATORY TEXTBOOKS) / ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА (ОБОВ'ЯЗКОВІ ПІДРУЧНИКИ)

- Gardner, E. S., & McKenzie, E. (1985). Forecasting trends in time series. *Management Science*, 31(10), 1237–1246.
- Gneiting, T., & Katzfuss, M. (2014). Probabilistic forecasting. *Annual Review of Statistics and Its Application*, 1(1), 125–151.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press, Princeton. [Amazon]
- Harrell, F. E. (2015). *Regression modeling strategies: With applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis (2nd ed)*. Springer.
- Harris, R., & Sollis, R. (2003). *Applied time series modelling and forecasting*. John Wiley & Sons.
- Harvey, N. (2001). Improving judgment in forecasting. In J. S. Armstrong (Ed.), *Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners* (pp. 59–80). Kluwer Academic Publishers.
- Theodosiou, M. (2011). Forecasting monthly and quarterly time series using STL decomposition. *International Journal of Forecasting*, 27(4), 1178–1195.
- Соловйов В.М., Сердюк О.А., Данильчук Г.Б. *Моделювання складних систем*– Черкаси: Брама-Україна, 2016. – 204 с.
- Моделювання та ідентифікація складних систем : монографія / В.Ф. Губарев ; Національна академія наук України, Державне космічне агентство України, Інститут космічних досліджень. - Київ : Наукова думка, 2019. - 246 с.
- Виклюк, Я. І. Моделювання складних систем: посібник. Р. М. Камінський, В. В. Пасічник / – Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2020. – 404 с.
- Хусаїнов Введення в моделювання динамічних систем: навчальний посібник / Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. –К.: КНУ, 2010. – 132 с.
- Vladar T. *Complex and Chaotic Nonlinear Dynamics*.- 2009, Springer.- 761 p.
- Lynch S. *Dynamical systems with application using Matlab* – 2014, Springer.- 519 p.
- Networks of Networks: The Last Frontier of Complexity*. Gregorio D'Agostino, Antonio Scala Editors, - 2014, Springer.- 342 p.
- Downey A.V. *Think Complexity*. – 2016, Green Tea Press, Massachusetts. – 228 p.
- Dobson S. *Complex networks, complex processes*. – 2014, School of Computer Science, University of St Andrews, Scotland UK. – 147 p.

F. COMPLEMENTARY LITERATURE / ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

- Hewamalage, H., Bergmeir, C., & Bandara, K. (2021). Recurrent neural networks for time series forecasting: Current status and future directions. *International Journal of Forecasting*, 37(1), 388–427.
- Holt, C. C. (1957). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted averages (ONR Memorandum No. 52). Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh USA. Reprinted in the *International Journal of Forecasting*, 2004.
- Hyndman, R. J., & Fan, S. (2010). Density forecasting for long-term peak electricity demand. *IEEE Transactions on Power Systems*, 25(2), 1142–1153.

- Hyndman, R. J., & Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: The forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, 27(1), 1–22.
- Kang, Y., Hyndman, R. J., & Smith-Miles, K. (2017). Visualising forecasting algorithm performance using time series instance spaces. *International Journal of Forecasting*, 33(2), 345–358.
- Kourentzes, N., & Athanasopoulos, G. (2019). Cross-temporal coherent forecasts for Australian tourism. *Annals of Tourism Research*, 75, 393–409.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159–178.
- В.П. Горбулін, О.Г. Додонов, Д.В. Ланде. Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання: монографія.– К.: Інтертехнологія, 2009. – 164 с.
- Malthe-Sorensen A. Percolation theory using Python. – 2020, Department of Physics, University of Oslo. – 262 p.
- Томашевський В. М.. Моделювання систем . — К.: BHV, 2005. — 352 с.
- Великодний С. С. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ Конспект лекцій. Одеса – 2018. – 186 с.
- Обод, Г.Е. Заволодько, І.В. Свид. Математичне моделювання систем: навчальний посібник. / За редакцією І.І. Обода – Харків : НТУ «ХП», Друкарня МАДРИД, 2019. – 268 с.
- Математичні методи моделювання : навчальний посібник / О.П. Чорний [та ін.] ; загальна редакція : О.П. Чорний. - Кременчук : О.В. Щербатих, 2016. - 232 с.
- Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловійов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.

Інформаційні ресурси:

- Time Series Analysis in Python. URL: <https://app.datacamp.com/learn/courses/time-series-analysis-in-python>
- Analyzing Time Series and Sequential Data Specialization. URL: <https://www.coursera.org/specializations/time-series-sequential-data#courses>
- Time series analysis: EViews Course. URL: <https://www.jdeconomics.com/eviews-tutorials>

G. THE MOST IMPORTANT PUBLICATIONS OF THE AUTHOR(S) CONCERNING PROPOSED CLASSES / ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ АВТОРА, ЩО ПОВ'ЯЗАНІ З ТЕМАТИКОЮ ЗАПЛАНОВАНИХ ЗАНЬ

- Bielinskyi, A.O., Serdyuk, O.A., Semerikov, S.O., Soloviev, V.N. Econophysics of cryptocurrency crashes: A systematic review (2021) CEUR Workshop Proceedings, 3048, pp. 31-133.
- Bielinskyi, A.O., Hushko, S.V., Matviychuk, A.V., Serdyuk, O.A., Semerikov, S.O., Soloviev, V.N. Irreversibility of financial time series: A case of crisis (2021) CEUR Workshop Proceedings, 3048, pp. 134-150.
- Soloviev, V., Bielinskyi, A., Solovieva, V. Entropy analysis of crisis phenomena for DJIA index (2019) CEUR Workshop Proceedings, 2393, pp. 434-449.
- Soloviev, V.N., Belinskiy, A. Complex Systems Theory and Crashes of Cryptocurrency Market (2019) *Communications in Computer and Information Science*, 1007, pp. 276-297.
- Bielinskyi, A.O., Soloviev, V.N. Complex network precursors of crashes and critical events in the cryptocurrency market (2018) CEUR Workshop Proceedings, 2292, pp. 37-45.
- Soloviev, V., Belinskij, A. Methods of nonlinear dynamics and the construction of cryptocurrency crisis phenomena precursors (2018) CEUR Workshop Proceedings, 2104, pp. 116-127.
- Bielinskyi, A.O., Khvostina, I., Mamanazarov, A., Matviychuk, A., Semerikov, S., Serdyuk, O., Solovieva, V., Soloviev, V.N. Predictors of oil shocks. Econophysical approach in environmental science (2021) *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 628 (1), № 012019.
- Посилання на сертифікат за завершення курсу «Neural Networks and Deep Learning» [Electronic resource] - Access mode: <https://coursera.org/share/0395ea9b644d52a73c99f7a55d16430c>
- Посилання на сертифікат за завершення курсу «Text Retrieval and Search Engine» [Electronic resource] - Access mode: <https://coursera.org/share/0c428f0f1b573d58982e7a7ab56dbcb9>
- Посилання на сертифікат за завершення курсу «Text Mining and Analytics» [Electronic resource] - Access mode: <https://coursera.org/share/3015183244ac0daf4321bc9b3a7887f0>
- Посилання на сертифікат за завершення курсу «Pattern Discovery in Data Mining» [Electronic resource] - Access mode: <https://coursera.org/share/9cea0fae980858dbe319a7adae626a9e>
- Посилання на сертифікат за завершення курсу «Cluster Analysis in Data Mining» [Electronic resource] - Access mode: <https://coursera.org/share/83cf3ed7c80223d4d59c5cf24abc4f8a>

SYLLABUS / РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ
ДИСЦИПЛІНИ

H. PREREQUISITE AND POSTREQUISITE / ПРЕРЕКВІЗИТИ ТА ПОСТРЕКВІЗИТИ

Навчальна дисципліна базується на нормативних та за вибором навчальних дисциплінах, зокрема дисципліни «Прикладна математика» та «Статистика» і є необхідною для опанування подальших навчальних дисциплін. Знання англійської мови навіть на початковому рівні вітається.

I. SCOPE AND TYPE / КІЛЬКІСТЬ ВІДВЕДЕНИХ ГОДИН ТА ФОРМА ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТЬ

Форма навчання	Денна	Заочна
Лекції	36	10
Практичні (лабораторні)	36	8
Самостійна робота студента (СРС)	93	147
Індивідуально-консультативна робота (ІКР)	15	15
Курсова робота	-	-
Разом годин	180	180

J. CURRENT AND FINAL EVALUATION / ПОТОЧНЕ ТА ПІДСУМКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ

Складові поточного контролю результатів освітньої діяльності здобувачів вищої освіти	Форма підсумкового контролю	
	Залік	
	за формами навчання	
	Денна	Заочна
Поточний контроль		
Знання, уміння та навички, продемонстровані на аудиторних заняттях	50	20
Виконання модульних контрольних робіт	-	-
Виконання і захист завдань самостійної роботи	50	80
Підсумковий контроль		
	-	-
Усього	100	100

Шкала балів	Оцінка за 4-бальною шкалою	Шкала ECTS
90 – 100	Відмінно	A
80 – 89	Добре	B
70 – 79		C
66 – 69		D
60 – 65	Задовільно	E
21 – 59	незадовільно з можливістю повторного складання екзамену (заліку)	FX
0 – 20	незадовільно з можливістю вивчення дисципліни за індивідуальним графіком у формі додаткової індивідуально-консультативної роботи	F

K. CODE OF CONDUCT OF THE COURSE / КОДЕКС ПОВЕДІНКИ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ КУРСУ

обов'язків:

- ❖ не запізнюватися на заняття;
- ❖ не пропускати заняття (як лекційні, так і практичні), в разі хвороби мати довідку або її ксерокопію;
- ❖ самостійно опрацьовувати весь лекційний матеріал та ресурси для самостійної роботи;
- ❖ конструктивно підтримувати зворотній зв'язок з викладачем на всіх етапах проходження курсу (особливо під час виконання індивідуальних проектів/курсів проекту);
- ❖ своєчасно і самостійно виконувати всі передбачені програмою лабораторні та практичні завдання;
- ❖ брати очну участь у контрольних заходах

L. METHODS OF CONDUCTING / МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Для формувань уміння та навичок застосовуються такі методи навчання:

- вербальні/словесні (лекція, пояснення, розповідь, бесіда, інструктаж);
- наочні (спостереження, ілюстрація, демонстрація);
- практичні (різні види вправлення, виконання графічних робіт, проведення експерименту, практики);
- пояснювально-ілюстративний або інформаційно-рецептивний, який передбачає пред'явлення готової

SYLLABUS / РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

інформації викладачем та її засвоєння студентами;

- репродуктивний, в основу якого покладено виконання різного роду завдань за зразком;
- метод проблемного викладу.
- частково-пошуковий або евристичний.
- Дослідницький.

M. TOOLS, EQUIPMENT AND SOFTWARE / ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

мультимедійний клас з ПК, цифровий проектор, комп'ютерний клас або власні ноутбуки

Zoom – хмарна платформа для відео і аудіо конференцій та вебінарів.

Telegram – програма месенджер.

viber – програма для відео та голосового зв'язку.

ZELIS - система призначена для тестування знань студентів в двох режимах: автоматизований контроль знань та тестування по бланкам.

N. STUDENT RESOURCES, MOOC PLATFORMS / ЦИФРОВІ РЕСУРСИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТА ВІДКРИТІ ДИСТАНЦІЙНІ ОНЛАЙН КУРСИ

Студентам пропонується доступ до навчальних матеріалів дисципліни - moodle.kneu.dp.ua:

[Coursera](#) – безкоштовні онлайн-курси з різних дисциплін, у разі успішного закінчення яких користувач отримує сертифікат про проходження курсу.

[EdX](#) – онлайн-курси від закладів вищої освіти.

[Prometheus](#) — український громадський проєкт масових відкритих онлайн-курсів.

O. FEEDBACK/ ЗВОРОТНІЙ ЗВ'ЯЗОК

Електронні листи є найкращим способом зв'язатися з керівником курсу, і, будь ласка, додайте шифр групи в темі листа. Якщо ви надішлете мені електронне повідомлення, надайте мені, принаймні, 24 години, щоб відповісти. Якщо ви не отримаєте відповідь, відправте листа повторно.

P. ACADEMIC HONESTY/ АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ

Державний університет економіки і технологій очікує від студентів розуміння та підтримання високих стандартів академічної чесності. Приклади академічної не доброчесності включають такі: плагіат, зловживання інформацією із застарілих джерел мережі. Очікується, що вся робота, виконана відповідно до вимог курсу, є власною роботою студента. Під час підготовки роботи, яка відповідає вимогам курсу, студенти повинні відрізнити власні ідеї від інформації, отриманої з інших джерел. Без попереднього письмового схвалення викладачем, студенти можуть не подавати один і той же звіт двічі.

Обов'язково вказати на положення про доброчесність й зробити гіперпосилання на сайт Університету (Положення про академічну доброчесність у Державному університеті економіки і технологій. Затверджено Вченою радою Державного університету економіки і технологій, Протокол № 5 від 25 листопада 2021 р.) https://www.duet.edu.ua/uploads/normbase/243/pol_AD.pdf

APPROVED / ЗАТВЕРДЖЕНО

Рішенням кафедри «Економіки та цифрового бізнесу» Державного університету економіки і технологій - протокол № 1 від 05 жовтня 2022 року

Укладач

Андрій БЕЛІНСЬКИЙ.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Кафедрою економіки та цифрового бізнесу
Протокол № 1 від 05 жовтня 2022 року
В.о. завідувача кафедри



Вікторія СОЛОВІЙОВА



Науково-методичною радою Державного університету
економіки і технологій
Протокол № 4 від 30 листопада 2022 року
Голова науково-методичної ради



Валентин ОРЛОВ