Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ММСА

Кафедра математичних
методів системного аналізу

Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Третій (доктор філософії)***
Галузь знань	*12 Інформаційні технології*
Спеціальність	*124 «Системний аналіз»*
Освітня програма	*«Системний аналіз»*
Статус дисципліни	*Обов'язкова*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*2 курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ЕКТС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*екзамен, МКР*
Розклад занять	*2 год лекційних та 1 год практичних занять на тиждень, https://schedule.kpi.ua/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *д.т.н., доцент, доц. Недашківська Надія Іванівна, n.nedashkivska@gmail.com* Практичні / Семінарські: *д.т.н., доцент, доц. Недашківська Надія Іванівна, n.nedashkivska@gmail.com*
Розміщення курсу	Платформа дистанційного навчання «Сікорський», Googleclassroom, код курсу **ruism5r**

Програма навчальної дисципліни

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

Метою кредитного модуля є формування у студентів компетентностей:

загальні *- ЗК 1 Здатність працювати в міжнародному контексті; ЗК 2 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; ЗК 3 Здатність спілкуватися іноземною мовою в обсязі достатньому для представлення та обговорення результатів своєї наукової роботи в усній та письмовій формі, а також для повного розуміння іншомовних наукових текстів зі спеціальності; ЗК 4 Здатність самостійно проводити дослідницьку діяльність, включаючи аналіз проблем, постановку цілей і завдань, вибір засобів та методів дослідження, а також оцінку його якості; ЗК 6 Здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей; ЗК 7 Здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення; ЗК 8 Здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу та оцінки наукових досягнень, генерування нових знань при вирішенні дослідницьких і практичних завдань;*

фахові *– ФК 2 Здатність дотримуватись морально-етичних правил поведінки, етики досліджень, характеристик для учасників академічного середовища, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях; ФК 4 Здатність приймати науково обґрунтовані рішення в умовах невизначеності, що потребує розробки нових методів, та проведення дослідницько-інноваційної діяльності; ФК 5 Здатність виконувати науково-дослідницьку та професійну діяльність на міждисциплінарному рівні; ФК 6 Здатність глибоко аналізувати та*

створювати нові методи аналізу даних та знань; ФК 7 Здатність виконувати дослідження слабо структурованих проблем, розробки нових методів та подальшого їх вирішення; ФК 10 Здатність застосовувати методологію системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язання системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики; ФК 11 Здатність формулювати наукову проблему, робочі гіпотези досліджуваної проблеми на основі глибокого осмислення наявних і створення нових цілісних знань, а також професійної практики.

набуття програмних результатів навчання:

ПРН 1. Знати найбільш передові концептуальні проблеми в галузі системного аналізу складних систем; розуміти філософські концепції наукового світогляду, роль науки, пояснювати її вплив на суспільні процеси; ПРН 2 Знати наукові напрями розробки альтернативних методів аналізу динаміки процесів різної природи; вміти формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані; ПРН 3 Знати наукові методи прийняття рішень в умовах невизначеності; ПРН 4 Знати переваги та недоліки існуючих методів системного аналізу та можливості їх використання для розв'язання конкретних наукових і прикладних задач в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень; ПРН 6 Знати методологію наукових досліджень у предметній області та сучасних методів планування та постановки експериментів; ПРН 8 Знати математичні методи системного аналізу та методи математичного моделювання для побудови та аналітичного дослідження детермінованих та стохастичних моделей складних процесів при розв'язанні задач прогнозування, оптимального керування та прийняття рішень; ПРН 9 Використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації українською та іноземними мовами; ПРН 11 Уміти розробляти та використовувати нові методи аналізу складних систем та нові методи прийняття рішень в умовах невизначеності; ПРН 17 Читати та розуміти іншомовні тексти за спеціальністю; вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми галузі державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях; ПРН 18 Дотримуватися правил академічної доброчесності; знати і дотримуватися основних засад академічної доброчесності у науковій і освітній (педагогічній) діяльності.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

теоретичних основ методів аналізу аналітичних ієрархій для підтримки прийняття рішень (математичні основи методів аналізу ієрархій для багатокритеріального оцінювання альтернатив рішень на основі чітких та нечітких оцінок експертів, методи оцінювання і підвищення узгодженості при аналізі ієрархічних моделей підтримки прийняття рішень та ін); технології та методики застосування цих методів для системного вирішення практичних завдань вибору, оцінювання, розподілу ресурсів, побудови рейтингів та пріоритетів, побудови сценаріїв розвитку, планування та ін.;

уміння:

формувати ієрархічні моделі для задач підтримки прийняття рішень, застосовувати сучасні методи збору і обробки знань експертів, організовувати роботу з особою, що приймає рішення, та експертами, застосовувати методи і моделі аналізу аналітичних ієрархій підтримки прийняття рішень, використовувати відомі системи підтримки прийняття рішень на основі вказаних методів для вирішення практичних завдань;

досвід:

теоретичний та практичний досвід розв'язання задач прийняття рішень на основі методів і моделей аналізу аналітичних ієрархій, застосування систем підтримки прийняття рішень.

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

При вивченні дисципліни використовуються знання з об'єктно-орієнтованого програмування, лінійної алгебри, математичного аналізу, методів оптимізації, дискретної математики, основ системного аналізу, математичного моделювання.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Методи аналізу ієрархічних моделей підтримки прийняття рішень

Тема 1. Ієрархічні моделі підтримки прийняття рішень (ППР). Слабко структуровані задачі багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування.

Тема 2. Методи розрахунку глобальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР. Методи агрегування ваг.

Тема 3. Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР на основі експертних оцінок парних порівнянь: EM, RGMM, AN, оптимізаційні моделі.

Тема 4. Методи оцінювання і підвищення узгодженості експертних оцінок парних порівнянь.

Тема 5. Приклади розв'язання слабко структурованих задач.

Розділ 2. Оцінювання чутливості розв'язку слабко структурованих задач багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування на основі ієрархічної моделі ППР

Тема 1. Графічні методи аналізу чутливості. Оцінювання стійкості ваг альтернатив рішень за ієрархією критеріїв (цілей) до зміни ваг критеріїв (цілей).

Тема 2. Аналіз чутливості локальних ваг до збурень в експертних оцінках парних порівнянь. Побудова індексів стійкості для елементів матриць парних порівнянь.

Розділ 3. Нечіткі методи розв'язання слабко структурованих задач багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування на основі ієрархічної моделі ППР

Тема 1. Загальний підхід до обробки нечітких експертних оцінок парних порівнянь. Основи теорії нечітких множин та нечіткого математичного програмування.

Тема 2. Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР з використанням нечітких оцінок експертів: FPP, GPM, двохетапні.

Тема 3. Оцінювання і підвищення узгодженості нечітких експертних оцінок парних порівнянь.

Тема 4. Методи агрегування нечітких локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР. Нормування нечітких ваг. Ранжування нечітких ваг.

Тема 5. Приклади розв'язання слабко структурованих задач.

Розділ 4. Мережева та гібридна моделі підтримки прийняття рішень

Тема 1. Гібридна модель підтримки прийняття рішень.

Тема 2. Мережева модель підтримки прийняття рішень.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. *Н.І. Недашківська. Слайди лекцій з кредитного модуля «Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень», третій рівень (доктор філософії), Освітня програма «Системний аналіз», 2022,https://classroom.google.com/c/NTk2NDk0MDcwMzYx?cjc=ruism5r.*
2. *Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І. Моделі і методи аналізу ієрархій: Теорія. Застосування: Навчальний посібник. – К: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2010. – 372 с. https://classroom.google.com/c/NTk2NDk0MDcwMzYx?cjc=ruism5r*
3. *Недашківська Н.І. Прийняття рішень в ієрархічних системах: Методичні вказівки до самостійної роботи студентів спеціальностей «Системний аналіз і управління», «Системи і методи прийняття рішень», «Штучний інтелект». – К.: ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 2013. – 130 с. (електронне видання)*
4. *Недашківська Н. І. Прийняття рішень в ієрархічних системах: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 124 «Системний аналіз», освітніх програм «Системний аналіз і управління», «Системний аналіз фінансового ринку» / Н.І.Недашківська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,13 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 202 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №8 від 25.04.2019 р.) https://classroom.google.com/c/NTk2NDk0MDcwMzYx?cjc=ruism5r*

Знайти зазначені матеріали можна в Електронному Кампусі та на Платформі дистанційного навчання «Сікорський», Googleclassroom, код курсу **ruism5r**. *Обов'язковим для прочитання є джерела наведені вище в пп.1 – 4.*

Додаткова література

5. ***Nedashkovskaya N.I.*** *Estimation of the Accuracy of Methods for Calculating Interval Weight Vectors based on Interval Multiplicative Preference Relations. 2022 IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), що входить до наукометричних баз **SCOPUS** та ін., https://ieeexplore.ieee.org/document/9922977, DOI: 10.1109/SAIC57818.2022.9922977*
6. ***Nedashkovskaya N.I.*** *Comparison Analysis of Prioritization Quality Criteria using Paired Comparison Method of Prioritization. 2022 IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), що входить до наукометричних баз **SCOPUS** та ін., https://ieeexplore.ieee.org/document/9923027, DOI: 10.1109/SAIC57818.2022.9923027*
7. ***Nedashkovskaya N. I.*** *Method for weights calculation based on interval multiplicative pairwise comparison matrix in decision-making models // Radio Electronics, Computer Science, Control. 2022. No 3, p. 155 –167, https://doi.org/10.15588/1607-3274-2022-3-15, що входить до наукометричних баз **Web of Science**, Google Scholar та ін. (за запитом викладачу)*
8. ***Недашківська Н.І.*** *Оцінювання чутливості результатів задачі управління ланцюгами поставок на основі ієрархічної та мережевої моделей підтримки прийняття рішень. KPI Science News, 2020, No4, с.26 – 34. (за запитом викладачу)*
9. ***Недашківська Н.І.*** *Управління ланцюгами поставок на основі ієрархічної моделі підтримки прийняття рішень. KPI Science News, 2019, No4, с.24 – 34. (за запитом викладачу)*
10. ***Недашківська Н.І.*** *Системний підхід до підтримання прийняття рішень на основі ієрархічних та мережевих моделей. Системні дослідження та інформаційні технології. 2018. No1. С.7 – 18. (за запитом викладачу)*
11. ***Nedashkovskaya N.I.*** *Investigation of methods for improving consistency of a pairwise comparison matrix. Journal of the Operational Research Society. 2018. Vol.69, No.12, P.1947 – 1956, IMPACT FACTOR 1.754, що входить до наукометричних баз **SCOPUS**, INSPEC,*

ABI/INFORM, CSA High Technology Research Database with Aerosp., CSA Materials Research Database with METADEX, Science Citation Index та ін. 2018, ***Q1 – Information Systems, Decision Sciences,*** *Q2 – Management Science and Operations Research (за запитом викладачу)*

12. ***Nedashkovskaya N.I.*** *Evaluation of quality of expert pairwise comparison judgements in decision-making techniques. International Journal of Latest Engineering and Management Research. 2018. Vol.3, No.5. P. 69 – 74. (за запитом викладачу)*
13. ***Недашківська Н.І.*** *Оцінювання стійкості локальних ваг альтернатив рішень на основі методу парних порівнянь. Системні дослідження та інформаційні технології. 2016. No4. С.14 – 22. (за запитом викладачу)*
14. *Pankratova N.D.,* ***Nedashkovskaya N.I.*** *Sensitivity analysis of a decision-making problem using the Analytic Hierarchy Process. International Journal «Information Theories and Applications». 2016. Vol.23, No.3. P.232 – 251. (за запитом викладачу)*
15. *Pankratova N.D.,* ***Nedashkovskaya N.I.*** *Estimation of decision alternatives on the basis of interval pairwise comparison matrices. Intelligent Control and Automation Journal. 2016. Vol.7, No. 2. P. 39 – 54. (за запитом викладачу)*
16. *Pankratova N.D.,* ***Nedashkovskaya N.I.*** *Estimation of Consistency of Fuzzy Pairwise Comparison Matrices using a Defuzzification Method. V.A. Sadovnichiy and M.Z. Zgurovsky (eds.), Advances in Dynamical Systems and Control, Studies in Systems, Decision and Control. 2016. Vol. 69, P.375-386. DOI 10.1007/978-3-319-40673-2_20, що входить до наукометричної бази* ***SCOPUS*** *та ін. (за запитом викладачу)*
17. *Pankratova N.D.,* ***Nedashkovskaya N.I.*** *Methods of evaluation and improvement of consistency of expert pairwise comparison judgements. International Journal «Information Theories and Applications». 2015. Vol.22, No.3. P.203-223. (за запитом викладачу)*
18. ***Nedashkovskaya N.I.*** *Method for Evaluation of the Uncertainty of the Paired Comparisons Expert Judgements when Calculating the Decision Alternatives Weights. Journal of Automation and Information Sciences. 2015. Vol. 47, No. 10. P.69 – 82, що входить до наукометричних баз ISI Thompson Science Citation Index, SCOPUS та ін. (за запитом викладачу)*
19. *Pankratova N. D.,* ***Nedashkovskaya N.I.*** *Hybrid Method of Multicriteria Evaluation of Decision Alternatives. Cybernetics and Systems Analysis. 2014. Vol. 50, No. 5. P. 701-711, що входить до наукометричних баз* ***SCOPUS*** *та ін. (за запитом викладачу)*

Використовується сучасне комп'ютерне та мультимедійне обладнання, платформа дистанційного навчання «Сікорський».

Для виконання практичних робіт використовується open-source програмне забезпечення Python (https://www.python.org/)

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Структура кредитного модуля

Розділ 1. Методи аналізу ієрархічних моделей підтримки прийняття рішень

Тема 1. Ієрархічні моделі підтримки прийняття рішень (ППР). Слабко структуровані задачі багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування.

Тема 2. Методи розрахунку глобальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР. Методи агрегування ваг.

Тема 3. Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР на основі експертних оцінок парних порівнянь: EM, RGMM, AN, оптимізаційні моделі.

Тема 4. Методи оцінювання і підвищення узгодженості експертних оцінок парних порівнянь.

Тема 5. Приклади розв'язання слабко структурованих задач.

Розділ 2. Оцінювання чутливості розв'язку слабко структурованих задач багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування на основі ієрархічної моделі ППР

Тема 1. Графічні методи аналізу чутливості. Оцінювання стійкості ваг альтернатив рішень за ієрархією критеріїв (цілей) до зміни ваг критеріїв (цілей).

Тема 2. Аналіз чутливості локальних ваг до збурень в експертних оцінках парних порівнянь. Побудова індексів стійкості для елементів матриць парних порівнянь.

Тема 3. Приклади розв'язання практичних задач.

Розділ 3. Нечіткі методи розв'язання слабко структурованих задач багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування на основі ієрархічної моделі ППР

Тема 1. Загальний підхід до обробки нечітких експертних оцінок парних порівнянь. Основи теорії нечітких множин та нечіткого математичного програмування.

Тема 2. Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР з використанням нечітких оцінок експертів: FPP, GPM, двохетапні.

Тема 3. Оцінювання і підвищення узгодженості нечітких експертних оцінок парних порівнянь.

Тема 4. Методи агрегування нечітких локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР. Нормування нечітких ваг. Ранжування нечітких ваг.

Тема 5. Приклади розв'язання практичних задач.

Розділ 4. Мережева та гібридна моделі підтримки прийняття рішень

Тема 1. Гібридна модель підтримки прийняття рішень.

Тема 2. Мережева модель підтримки прийняття рішень.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	**Основні поняття. Слабко структуровані задачі багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування** - Задачі інтелектуальної підтримки прийняття рішень (ППР). - Добре і погано структуровані об'єкти керування. Слабко структуровані задачі багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування. - Повні та неповні ієрархічні структури підтримки прийняття рішень. Означення ієрархії як частково впорядкованої множини. - Властивість покриття. Види домінантних ієрархій. Функція пріоритету (ваги). - Функції, аксіоми методу аналізу ієрархій. Етапи базового методу аналізу ієрархій. - Методи агрегування пріоритетів в ієрархії: частковий випадок ієрархій з двома рівнями. [1 – 5] Приклади застосувань. **Завдання на СРС:** *Повні ієрархії, їх властивості. Види домінантних ієрархій. Приклади побудови домінантних ієрархій при розв'язанні практичних задач [1 – 4]*
2	**Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР на основі експертних оцінок парних порівнянь** - Класифікація методів розв'язання задачі оцінювання альтернатив рішень за одним критерієм з використанням оцінок експертів. Метод парних порівнянь. - Функціональні залежності пріоритетів рішень від величин переваг. - Матриці парних порівнянь оцінок експертів та їх основні властивості. - Модель ЕМ парних порівнянь. Теорема Перрона-Фробеніуса. Побудова міри узгодженості CI матриці парних порівнянь. [1, 2, 6] - Приклади оцінювання альтернатив рішень за одним критерієм в слабко структурованих задачах багатокритеріального вибору альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування. **Завдання на СРС:** *Властивості додатних обернено-симетричних мультиплікативних матриць парних порівнянь. [1, 10]*
3	**Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР на основі експертних оцінок парних порівнянь (продовження)** - Інтерпретація локальних ваг за допомогою теорії графів. - Моделі оптимізації визначення пріоритетів альтернатив рішень на основі матриць парних порівнянь. - Метод RGMM. Метод AN парних порівнянь. - Міри узгодженості експертних оцінок парних порівнянь: GCI,HCR, їх властивості. - Приклади оцінювання альтернатив рішень за одним критерієм в слабко структурованих задачах багатокритеріального вибору альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування. **Завдання на СРС:** *Експериментальні дослідження, моделювання та порівняння методів.*
4	**Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР на основі експертних оцінок парних порівнянь (продовження)** - Метод "лінія". - Спектральний метод оцінювання узгодженості матриць парних порівнянь. - Порівняння методів парних порівнянь. Приклади застосувань. **Завдання на СРС:** *Експериментальні дослідження спектрального методу оцінювання узгодженості. Приклади*
5	**Оцінювання і підвищення узгодженості експертних оцінок парних порівнянь альтернатив рішень**

	- Поняття слабко узгодженої матриці парних порівнянь. - Пошук найбільш неузгоджених оцінок експертів (елементів матриці парних порівнянь): алгоритми CI для укорочених матриць, Corr, Хі-квадрат, Tr, MOutFlow. [1, 2, 7 - 9] **Завдання на СРС:** *Експериментальні дослідження методів пошуку найбільш неузгоджених елементів МПП, порівняльний аналіз результатів*
6	**Оцінювання і підвищення узгодженості експертних оцінок парних порівнянь альтернатив рішень (продовження)** - Методи та алгоритми коригування оцінок експертів /матриць парних порівнянь без участі експерта залежно від властивостей МПП. Приклади. - Алгоритми коригування МПП стійкі до нетранзитивних суджень. [1, 2, 7 - 9] **Завдання на СРС:** *Експериментальні дослідження алгоритмів коригування оцінок експертів /матриць парних порівнянь без участі експерта залежно від властивостей МПП*
7	**Методи розрахунку глобальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР. Агрегування ваг/пріоритетів в ієрархічній моделі ППР при розв'язанні слабко структурованих задач багатокритеріального вибору** - Випадок модельної ієрархії з двома рівнями. Методи: дистрибутивний, його модифікації, мультиплікативний, групового врахування бінарних відношень переваг. - Узагальнення на випадок домінантних ієрархій з будь-якою кількістю рівнів. - Ієрархічна композиція для загального випадку ієрархії з багатьма рівнями. - Приклади агрегування в слабко структурованих задачах багатокритеріального вибору альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування. **Завдання на СРС:** *Матриці парних порівнянь як матриці інцидентності орієнтовних графів спеціальної структури. Інтерпретація пріоритетів за допомогою графів.* [1, 11]
8	**Методи розрахунку глобальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР. Методи агрегування ваг (продовження)** - Реверс рангів в ієрархічних моделях ППР - Метод ППР на основі неповністю заповнених МПП з використанням теорії довіри Демпстера-Шейфера **Завдання на СРС:** *Експериментальні дослідження реверсу рангів в різних методах агрегування ваг. Моделювання неповністю заповнених МПП, дослідження методу ППР з використанням теорії довіри Демпстера-Шейфера*
9	**Оцінювання стійкості ваг альтернатив рішень за ієрархією критеріїв (цілей) до зміни ваг критеріїв (цілей)** - Постановка задачі. Графічні методи оцінювання чутливості розв'язку, отриманого методами аналізу ієрархій: градієнтний, динамічний, різницевий. - Знаходження стійких елементів ієрархії. - Розрахунок діапазонів змін пріоритетів критеріїв /цілей, які призводять до змін рангів альтернатив (випадки використання дистрибутивного і мультиплікативного синтезу). - Приклад оцінювання чутливості розв'язку задачі визначення відносної привабливості альтернативних варіантів інвестування. [1, 2, 12] **Завдання на СРС:** *Знаходження стійких альтернатив рішень. Розрахунок діапазонів змін пріоритетів альтернатив, які призводять до змін рангів альтернатив (випадки використання дистрибутивного і мультиплікативного агрегування) [1, 2].*
10	**Аналіз чутливості локальних ваг до збурень в експертних оцінках парних порівнянь. Побудова індексів стійкості для елементів матриць парних порівнянь** - Постановка задачі. Інтервали стійкості елементів матриць парних порівнянь. - Розрахунок інтервалів стійкості елементів матриць парних порівнянь. [1, 2, 12] - Оцінювання стійкості локального ранжування альтернатив рішень.

	- Приклад розрахунку інтервалів стійкості в задачі визначення відносної привабливості альтернативних варіантів інвестування. **Завдання на СРС:** *Експериментальні дослідження методів та їх застосування при розв'язанні практичних задач*
11	**Основи теорії нечітких множин** - Нечіткі множини та їх властивості. Операції над нечіткими множинами [1, 2, 13, 14]. - Нечіткі відношення та їх властивості. Операції над нечіткими відношеннями. - Нечіткі числа та їх властивості. Операції над нечіткими числами. [1, 2, 13, 14]. Приклади. **Завдання на СРС:** *Властивості операцій над нечіткими множинами та нечіткими відношеннями. Бінарні арифметичні операції над нечіткими числами. [1, 2]*
12	**Загальний підхід до обробки нечітких оцінок експертів при аналізі аналітичних ієрархій** - Постановка задачі. Нечітка матриця парних порівнянь оцінок експертів та її властивості. - Узгоджена нечітка матриця парних порівнянь. Критерій узгодженості нечіткої матриці парних порівнянь. Класифікація методів парних порівнянь для нечітких оцінок експертів - Декомпозиційний підхід до обробки нечітких оцінок експертів при аналізі аналітичних ієрархій [1, 2, 13, 14]. Приклади. **Завдання на СРС:** *Властивості інтервальної матриці парних порівнянь. Узгоджена інтервальна матриця парних порівнянь. Оцінювання і підвищення узгодженості нечітких експертних оцінок парних порівнянь альтернатив рішень. [1, 2]*
13	**Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР з використанням нечітких оцінок експертів.** - Оцінювання альтернатив рішень за критерієм з використанням нечітких оцінок експертів: методи FRGMM та FAHP, що використовують розширені бінарні арифметичні операції. - Методи нечіткого математичного програмування. Підхід Белмана-Заде. - Модель нечіткого програмування переваг (FPP) розрахунку ваг/пріоритетів альтернатив на основі інтервальної матриці парних порівнянь. - Дослідження властивостей методу FPP. - Оцінювання узгодженості інтервальної матриці парних порівнянь. Приклади. **Завдання на СРС:** *Експериментальні дослідження методів FRGMM, FAHP та FPP. Вплив параметрів моделі FPP на розв'язок.*
14	**Методи розрахунку локальних ваг елементів ієрархічної моделі ППР з використанням нечітких оцінок експертів (2)** - Метод цільового програмування (GPM). - Нижня та верхня апроксимаційні моделі (LUAM). - Лінійні та нелінійні двохетапні моделі оптимізації розрахунку локальних ваг/пріоритетів на основі інтервальної матриці парних порівнянь. - Вплив параметрів моделей на розв'язок. - Оцінювання узгодженості нечіткої матриці парних порівнянь. - Приклади застосування вказаних методів та моделей при розв'язанні слабко структурованих задач багатокритеріального вибору альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування. **Завдання на СРС:** *Нечіткі фундаментальні шкали. [1, 2] Критерії порівняння результатів, отриманих різними методами оцінювання альтернатив за критерієм при нечітких оцінках експертів. Експериментальні дослідження методів GPM, LUAM та двохетапних. Порівняльний аналіз результатів отриманих різними методами.*
15	**Методи агрегування нечітких локальних ваг альтернатив рішень. Нормування та ранжування нечітких ваг** - Постановка задачі. Моделі агрегування нечітких пріоритетів (ваг) альтернатив рішень за розширеними дистрибутивним і мультиплікативним методами.

	- Методи нормалізації інтервальних та нечітких ваг/пріоритетів альтернатив рішень: - на основі розширених бінарних арифметичних операцій, - на основі поняття досяжності. - Методи ранжування нечітких ваг: - на основі ступенів переваги, - на основі нечітких відношень переваги. **Завдання на СРС:** *Приклади застосування методів агрегування, нормування та ранжування нечітких ваг [1, 2].*
16	**Гібридний метод розрахунку агрегованих нечітких ваг альтернатив рішень при умові взаємної залежності критеріїв рішень** - Етапи методу. - Нечіткі міри та їх властивості. - Агрегування на основі нечітких мір Сугено та Шоке. - Приклад використання гібридного методу. **Завдання на СРС:** *Метод BOCR розрахунку агрегованих нечітких ваг альтернатив рішень. Приклади використання методу BOCR.*
17	**Мережева модель підтримки прийняття рішень для розв'язання слабко структурованих задач багатокритеріального вибору альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування** - Отримання вхідних даних - Методи розрахунку локальних ваг елементів мережевої моделі ППР на основі експертних оцінок парних порівнянь - Агрегування ваг за мережевою моделлю ППР. Суперматриця та її властивості. - Приклади використання мережевої моделі. **Завдання на СРС:** *Метод ANP розрахунку агрегованих нечітких ваг альтернатив рішень на основі мережевої моделі ППР.*
18	**Мережева модель підтримки прийняття рішень (продовження). Невирішені питання** - Приклади використання методу ANP розрахунку агрегованих нечітких ваг альтернатив рішень на основі мережевої моделі ППР. - Розв'язання задач багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування з використанням вивчених методів ППР. - Невирішені питання.

Практичні заняття

Метою практичних занять є закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни, набуття умінь їх практичного використання, порівняння різних методів і моделей аналізу аналітичних ієрархій підтримки прийняття рішень, дослідження окремих властивостей цих методів, формування умінь та навичок використання комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень для оцінювання аналітичних ієрархій з метою вирішення практичних задач. В результаті виконання робіт студенти повинні вміти формувати ієрархічні та мережеві моделі для практичних задач підтримки прийняття рішень, застосовувати методи і моделі аналізу аналітичних ієрархій, організовувати роботу з особою, що приймає рішення, та експертами, застосовувати сучасні методи оцінювання альтернатив рішень на основі ієрархічних та мережевих моделей критеріїв з використанням чітких та нечітких експертних оцінок для вирішення практичних завдань підтримки прийняття рішень.

В результаті виконання робіт студенти повинні вміти розв'язувати задачі багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування з використанням вивчених методів підтримки прийняття рішень.

№ з/п	Тема практичних занять	Кількість ауд. годин
1	Порівняльний аналіз методів оцінювання альтернатив рішень на основі ієрархічних моделей критеріїв	3
2	Дослідження методів оцінювання і підвищення узгодженості експертних оцінок парних порівнянь залежно від рівня їх узгодженості	3
3	Оцінювання чутливості розв'язку на основі ієрархічної моделі підтримки прийняття рішень	3
4	Дослідження методів розрахунку пріоритетів альтернатив рішень на основі нечітких експертних оцінок парних порівнянь	3
5	Розв'язавання задач багатокритеріального вибору та оцінювання альтернатив рішень, розподілу ресурсів, рейтингування, оцінювання ризиків, вибору методу прогнозування з використанням вивчених методів підтримки прийняття рішень	6

Для виконання практичних робіт використовується open-source програмне забезпечення Python (https://www.python.org/).

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	К-ть годин СРС
1	**Методи розрахунку ваг альтернатив рішень за критерієм з використанням оцінок експертів** Метод AN парних порівнянь. Моделі оптимізації визначення пріоритетів альтернатив рішень на основі матриць парних порівнянь, метод RGMM. Міри узгодженості експертних оцінок парних порівнянь: GCI, HCR, їх властивості. Порівняння методів парних порівнянь. Експериментальні дослідження, моделювання та порівняння методів [1, 2, 6]	8
2	**Оцінювання і підвищення узгодженості експертних оцінок парних порівнянь альтернатив рішень** Експериментальні дослідження, моделювання та порівняння методів [*1, 2, 7 - 9*]	8
3	**Приклади розв'язання практичних задач на основі МАІ** Приклади побудови домінантних ієрархій з двома рівнями при розв'язанні практичних задач підтримки прийняття рішень. [1 - 5] Приклади розрахунку ваг альтернатив рішень, оцінювання і підвищення узгодженості експертних оцінок.	8
4	**Оцінювання чутливості пріоритетів альтернатив рішень за ієрархією критеріїв (цілей) до зміни ваг критеріїв (цілей)** Експериментальні дослідження, моделювання та порівняння методів. Знаходження критичних і стійких альтернатив рішень. Розрахунок діапазонів змін пріоритетів альтернатив, які призводять до змін рангів альтернатив (випадки використання дистрибутивного і мультиплікативного синтезу) [1, 2]	8
5	**Моделі розрахунку ваг альтернатив рішень за критерієм з використанням нечітких оцінок експертів** Властивості інтервальної матриці парних порівнянь. Узгоджена інтервальна матриця парних порівнянь. Нечіткі фундаментальні шкали. Критерії порівняння результатів, отриманих різними методами оцінювання альтернатив за критерієм при нечітких оцінках експертів [1, 2] Експериментальні дослідження, моделювання та порівняння методів	8
6	**Оцінювання і підвищення узгодженості нечітких експертних оцінок парних порівнянь альтернатив рішень** Експериментальні дослідження, моделювання та порівняння методів [1, 2]	8
7	**Агрегування нечітких ваг альтернатив рішень. Нормування та ранжування нечітких ваг** Експериментальні дослідження, моделювання та порівняння методів **[**1, 2**]**	8
8	**Приклади розв'язання практичних задач вибору, оцінювання, розподілу ресурсів, оцінювання сценаріїв, планування з використанням методів аналізу аналітичних ієрархій та мереж** Задачі вибору місця розташування стратегічного обладнання на підприємстві, оцінювання долі ринку компанії-виробника споживчої продукції, розподілу ресурсів між інвестиційними проектами. Стратегічне планування. Види сценаріїв. Прямий і зворотній процеси побудови і оцінювання сценаріїв з використанням методів аналізу аналітичних мереж. Приклади розв'язання практичних задач планування з використанням методів ієрархій та мереж.[1, 3, 4]	10

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Пропущені контрольні заходи оцінювання. *Кожен студент має право відпрацювати пропущені з поважної причини (лікарняний, мобільність тощо) заняття за рахунок самостійної роботи. Детальніше за посиланням: https://kpi.ua/files/n3277.pdf.*

Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання. *Студент може підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право аргументовано оскаржити результати контрольних заходів, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного.*

Календарний контроль *проводиться з метою підвищення якості навчання студентів та моніторингу виконання студентом вимог силабусу.*

Академічна доброчесність. *Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code .*

Норми етичної поведінки. *Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code .*

Інклюзивне навчання. *Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни «Сталий інноваційний розвиток» може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.*

Навчання іноземною мовою. *У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.*

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: модульна контрольна робота.

Перша частина модульної контрольної роботи містить два теоретичні питання і дві задачі.

Оцінки за теоретичні питання визначаються за шкалою:

- *«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;*
- *«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8 балів;*
- *«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6 балів;*
- *«незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.*

Оцінки за задачі визначаються за шкалою:

- *завдання виконано правильно – 10 балів;*
- *завдання виконано з незначними помилками або неточностями – 8-9 балів;*
- *завдання виконано не повністю або з суттєвими помилками – 6-7 балів;*
- *завдання не виконано – 0 балів.*

Друга частина модульної контрольної роботи містить три теоретичні питання. Оцінки за теоретичні питання визначаються за тією ж шкалою, що і для першої частини контрольної, наведені вище.

*Максимальна кількість балів за модульну КР складає 4*10 (перша частина)+3*10 (друга частина) = 70 балів.*

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 40 балів.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

1) виконання та захист 5 практичних робіт;
2) виконання модульної контрольної роботи.

Система рейтингових балів

1. Практичні роботи. Упродовж семестру студент має виконати **5 практичних робіт** (ПР). Рейтингова оцінка кожної ПР складається з 2 частин, кожна з яких оцінюється окремо.

а. Якість підготовки до роботи, її виконання та оформлення звіту.

- за умови правильно оформленого звіту з точним виконанням завдання ПР – 5 балів;
- за наявності несуттєвих неточностей в оформленні або процедурі виконання ПР – 4 бали;
- за наявності порушень в оформленні, неповного або неточного виконання ПР – 3 бали.

За несвоєчасну подачу звіту з ПР можуть нараховуватись штрафні бали: –0.5 балів за кожний тиждень запізнення, максимум –2 штрафних бали за роботу.

б. Якість захисту матеріалу. В цій частині оцінюється ступінь володіння теоретичним матеріалом теми роботи.

- відмінне володіння теоретичним матеріалом – 5 балів;
- добре володіння теоретичним матеріалом – 4 бали;
- задовільне володіння теоретичним матеріалом – 3 бали.

Максимальна кількість балів за всі ПР кредитного модулю дорівнює:
6*5 =30 балів.

2. Модульна контрольна робота.

Перша частина модульної контрольної роботи містить два теоретичні питання і дві задачі. Оцінки за теоретичні питання визначаються за шкалою:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Оцінки за задачі визначаються за шкалою:

- завдання виконано правильно – 10 балів;
- завдання виконано з незначними помилками або неточностями – 8-9 балів;
- завдання виконано не повністю або з суттєвими помилками – 6-7 балів;
- завдання не виконано – 0 балів.

Друга частина модульної контрольної роботи містить три теоретичні питання. Оцінки за теоретичні питання визначаються за тією ж шкалою, що і для першої частини контрольної, наведені вище.

Максимальна кількість балів за модульну КР складає 4*10 (перша частина)+3*10 (друга частина) = 70 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 38 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 19 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 76 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 38.

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є виконання і захист всіх практичних робіт. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також всі виконані і захищені практичні роботи.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому до балів за практичні роботи додаються бали за залікову контрольну роботу, і ця рейтингова оцінка є остаточною. Завдання контрольної роботи складається з двох теоретичних питань різних розділів робочої програми і двох практичних завдань.

Кожне теоретичне питання контрольної роботи (r_{m1}, r_{m2}) оцінюється у 10 балів відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Кожне практичне завдання контрольної роботи (r_{n1}, r_{n2}) оцінюється у 10 балів відповідно до системи оцінювання:

- завдання виконано правильно – 10 балів;
- завдання виконано з незначними помилками або неточностями – 8-9 балів;
- завдання виконано не повністю або з суттєвими помилками – 6-7 балів;
- завдання не виконано – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено в додатку А.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент, д.т.н., доц. Недашківська Надія Іванівна

Ухвалено кафедрою ММСА (протокол № 11 від 08.07.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією ІПСА (протокол № 8 від 17.06.2022 р.)

[1]Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.

Додаток А. Перелік питань на екзамен

1. Ієрархії для представлення складних систем. Навести приклади. Формалізація ієрархії як частково впорядкованої множини. Властивість покриття.
2. Повні і неповні ієрархії. Навести приклади. Функція ваги на ієрархії.
3. Методи лінійних згорток (дистрибутивний та ідеальний методи), мультиплікативний метод для агрегування на ієрархії з двома рівнями.
4. Ієрархічна композиція для ієрархії з довільною кількістю рівнів. Навести графічну інтерпретацію.
5. Етапи базового методу аналізу ієрархій (MAI).
6. Поняття матриці парних порівнянь (МПП). Адитивні та мультиплікативні МПП. Узгоджені МПП. Фундаментальна шкала парних порівнянь. Навести приклади.
7. Етап розрахунку локальних пріоритетів (ваг) елементів ієрархії. Сформулювати методи, які використовуються для розрахунку локальних ваг.
8. Етап оцінювання узгодженості експертних оцінок парних порівнянь. Навести розрахункові формули для показників узгодженості.
9. Етап розрахунку глобальних пріоритетів (ваг) елементів ієрархії. Сформулювати методи, які використовуються для розрахунку глобальних ваг.
10. Методи головного власного вектору (EM) та геометричної середньої (RGMM) для розрахунку ваг на основі узгодженої і неузгодженої мультиплікативних МПП.
11. Методи знаходження найбільш неузгоджених елементів в МПП: метод CI для укороченої МПП і метод Хі-квадрат.
12. Методи Transitiv і MoutFlow знаходження найбільш неузгоджених елементів в МПП:
13. Алгоритм коригування МПП без участі експертів.
14. Постановка задачі аналізу чутливості. Графічні методи аналізу чутливості.
15. Загальний підхід до MAI на основі нечітких експертних оцінок. Поняття інтервальної МПП. Узгоджені інтервальні МПП.
16. Метод GPM розрахунку ваг на основі інтервальної МПП.
17. Метод нечітких переваг FAHP розрахунку ваг на основі інтервальної МПП.
18. Метод LUAM розрахунку ваг на основі інтервальної МПП.
19. Метод TLGP розрахунку ваг на основі інтервальної МПП.
20. Метод нечіткого програмування переваг FPP розрахунку ваг на основі інтервальної МПП. Індекс узгодженості CI(FPP).