



ТЕОРІЯ ІГОР

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>F Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>F1 Прикладна математика</i>
Освітня програма	<i>Машинне навчання та математичне моделювання</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЄКТС / 150 год.: (46 год. – лекції, 104 год. – СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, РГР, МКР</i>
Розклад занять	<i>http://schedule.kpi.ua лекція – 1.5 рази на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: канд. техн. наук, доцент Тавров Данило Юрійович e-mail: tavrov.danylo@i111.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є засвоєння студентами концептуальних засад, математичного апарату та методів теорії ігор, потрібних для аналізу стратегічної взаємодії між раціональними агентами; формування навичок побудови та розв'язання ігрових моделей у різних прикладних галузях; розвиток стратегічного мислення та здатності прогнозувати результати складних конфліктних ситуацій.

Предмет навчальної дисципліни:

- статичні ігри з повною інформацією: стратегічна форма гри, поняття найкращої відповіді, рівновага Неша в чистих та змішаних стратегіях, домінування стратегій;
- динамічні ігри з повною інформацією: розширена (позиційна) форма гри, зворотна індукція, досконала рівновага Неша в підіграх, повторювані ігри;
- ігри з неповною інформацією: статика та динаміка взаємодії в умовах невизначеності щодо типів гравців, беєсівська рівновага Неша та її вдосконалення.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі компетентності та програмні результати навчання за освітньою програмою:

Загальні компетентності

ЗК01. Здатність до самонавчання, пошуку, оброблення та інтелектуального аналізу інформації з різних джерел, вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Фахові компетентності

ФК01. Здатність формалізувати та розв'язувати складні задачі й проблеми, які потребують оновлення й інтеграції знань, часто в умовах неповної, неточної чи недостатньої інформації та суперечливих вимог.

Програмні результати навчання

ПРН01. Використовувати та адаптовувати математичні теорії та моделі для забезпечення теоретичного підґрунтя розв'язання наукових та практичних задач.

ПРН02. Застосовувати існуючий математичний апарат, розробляти нові моделі, методи та алгоритми при вирішенні актуальних практичних задач широкого спектру.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Корисним для успішного опанування дисципліни будуть базові знання з теорії ймовірностей, математичного аналізу, дискретної математики, вміння програмувати мовою Python.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. СТАТИЧНІ ІГРИ З ПОВНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

Тема 1.1. Стратегічна форма гри та рівновага Неша в чистих стратегіях

Тема 1.2. Змішані стратегії та рівновага Неша у змішаних стратегіях

Тема 1.3. Домінування стратегій та ітераційне виключення строго домінованих стратегій

РОЗДІЛ 2. ДИНАМІЧНІ ІГРИ З ПОВНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

Тема 2.1. Розширена форма гри: дерева рішень та інформаційні множини

Тема 2.2. Зворотна індукція та досконала рівновага Неша в підіграх

Тема 2.3. Моделі багатоетапної взаємодії та ігри зі зміною черговості ходів

Тема 2.4. Повторювані ігри та народна теорема (Folk Theorem)

РОЗДІЛ 3. ІГРИ З НЕПОВНОЮ ТА НЕДОСКОНАЛОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

Тема 3.1. Статичні ігри з неповною інформацією: Бессівська рівновага Неша

Тема 3.2. Динамічні ігри з неповною інформацією: Досконала бессівська рівновага

Тема 3.3. Сигнальні ігри та умови розділення і змішування рівноваг

Тема 3.4. Застосування в економічних та соціальних моделях (аукціони, переговори)

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Bonanno G. Game Theory. 2024. 634 p. URL: https://faculty.econ.ucdavis.edu/faculty/bonanno/PDF/GT_book.pdf (access date: 25.12.2024)

2. Загальна теорія ігор: конспект лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Математичні методи моделювання, розпізнавання образів та комп'ютерного зору» спеціальності 113 Прикладна математика / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. І.М. Терещенко. Електронні текстові дані (1 файл: 3,77 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 91 с. Назва з екрана.

3. Теорія ігор: курс лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалаври, за освітніми програмами «Системний аналіз і управління», «Системи і методи

штучного інтелекту» спеціальностей 124 «Системний аналіз», 122 «Комп'ютерні науки» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Л. В. Барановська. Електронні текстові дані (1 файл: 21,06 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 245 с. Назва з екрана.

Допоміжна література

4. Osborne M. J., Rubinstein A. A Course in Game Theory. MIT Press, 1994. 352 p. URL: <https://sites.math.rutgers.edu/~zeilberg/EM20/OsborneRubinsteinMasterpiece.pdf> (access date: 25.12.2024).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчання здійснюється на основі студентоцентрованого підходу та стратегії взаємодії викладача та студента для засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок. Для лекційних занять використовуються пояснювально-ілюстративний метод та метод проблемного виконання.

За дистанційного режиму навчання заняття проводять за допомогою платформи для проведення онлайн-зустрічей Zoom.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Вступ до теорії ігор Основні питання: предмет теорії ігор та її місце в системі наук; поняття раціональності та спільного знання (common knowledge); класифікація ігор.
2	Стратегічна форма гри та рівновага Неша Основні питання: формальне визначення гри в стратегічній формі; множини гравців, стратегій та вигравів; концепція стабільної взаємодії; визначення рівноваги Неша в чистих стратегіях.
3	Функція найкращої відповіді Основні питання: оператор найкращої відповіді; зв'язок між найкращою відповіддю та рівновагою Неша; графічний метод знаходження рівноваги для ігор з неперервними множинами стратегій.
4	Приклади стратегічних ігор Основні питання: моделі виборів, війна на виснаження, аукціони.
5	Мішані стратегії Основні питання: розширення простору стратегій; поняття рандомізації; очікуваний виграв; існування рівноваги Неша у мішаних стратегіях (теорема Неша).
6	Приклади та аналіз ігор у мішаних стратегіях Основні питання: розв'язання ігор 2×2 у мішаних стратегіях; ігри без рівноваги в чистих стратегіях (Matching Pennies); інтерпретація мішаних стратегій як частот поведінки.
7	Домінування та мінімакс Основні питання: строго та слабо доміновані стратегії; ітераційне виключення домінованих стратегій; ігри з нульовою сумою та теорема мінімаксу фон Ноймана.
8	Розширена форма гри Основні питання: дерево гри; вузли прийняття рішень та термінальні вузли; інформаційні множини; визначення стратегії як повного плану дій; зворотна індукція; досконала рівновага Неша в підіграх.
9	Приклади ігор у розширеній формі Основні питання: настільні ігри; прості моделі торгів; скупка голосів; перегони.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
10	Ігри в розширеній формі з одночасними кроками та екзогенною невизначеністю Основні питання: ігри в розширеній формі з одночасними кроками; ухвалення рішень комітетом.
11	Ігри в розширеній формі з екзогенною невизначеністю Основні питання: ігри в розширеній формі з екзогенною невизначеністю; обмеження поняття досконалої рівноваги Неша в підіграх.
12	Моделі переговорів Основні питання: двостадійна модель розподілу ресурсів; нескінченні переговори за Рубінштейном; вплив фактора дисконтування на силу гравця.
13	Повторювані ігри. Частина 1 Основні питання: структура повторюваної взаємодії; фактор дисконтування та часова перевага ; народна теорема Неша.
14	Повторювані ігри. Частина 2 Основні питання: досконалі рівноваги Неша в підіграх для нескінченно повторюваних ігор; досконала народна теорема; застосування до встановлення рівня зарплати.
15	Еволюційна рівновага Основні питання: мономорфні рівноваги в чистих стратегіях; поліморфні стратегії в мішаних стратегіях; асиметричні рівноваги.
16	Модульна контрольна робота.
17	Стратегічні ігри з неповною інформацією Основні поняття: визначення бесівської гри; прості застосування; вплив інформації на рівноваги; мішані стратегії як границя чистих бесівських стратегій.
18	Приклади стратегічних ігор із неповною інформацією Основні поняття: забезпечення спільного блага; подвійний аукціон; війна на виснаження.
19	Теорія аукціонів Основні питання: класифікація аукціонів (англійський, голландський, першої та другої ціни); теорема про еквівалентність доходів; аукціони з бюджетними обмеженнями.
20	Дизайн механізмів. Частина 1 Основні питання: поняття про прямі механізми; принцип розкриття (revelation principle); оптимальні механізми з одним агентом.
21	Дизайн механізмів. Частина 2 Основні питання: оптимальні аукціони; механізми VCG; забезпечення спільного блага; оптимальний подвійний аукціон.
22	Досконала бесівська рівновага (PBE) Основні питання: вимога послідовної раціональності; система переконань (beliefs) та їх оновлення за правилом Бееса; формальне визначення PBE.
23	Типи рівноваг у сигнальних іграх Основні питання: розділяюча рівновага (separating equilibrium); змішуюча рівновага (pooling equilibrium); напіврозділяючі рівноваги; інтуїтивний критерій Чо-Крепса для відсіювання рівноваг.

6. Самостійна робота студента

Студент повинен завчасно готуватись до лекцій. Перед лекціями потрібно повторити вивчений раніше теоретичний матеріал, підготувати питання щодо нової теми для обговорення на лекції. Студент також повинен виконати протягом семестру розрахунково-графічну роботу.

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	Виконання РГР	15
2.	Підготовка до лекцій	19
3.	Опрацювання лекційного матеріалу	40
4.	Підготовка до екзамену	30
	Загалом	104

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті. Матеріал занять, які були з тих чи тих причин пропущено, потрібно опанувати самостійно. У будь-якому випадку студентам рекомендується відвідувати всі види занять, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, потрібні для виконання завдань на практичних заняттях. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, що розвивають практичні уміння та навички.

Правила написання розрахунково-графічної роботи

Студенти виконують РГР протягом семестру, розв'язуючи задачі та програмуючи моделі теорії ігор. Виконання РГР здійснюється індивідуально, у тому числі мовою Python (або будь-якою іншою). Результати РГР здаються викладачу в електронному вигляді. Під час виконання РГР допустиме використання допоміжних матеріалів, але суворо заборонено обговорювати задачі з колегами чи питати порад у третіх осіб.

Правила складання модульної контрольної роботи

Модульну контрольну роботу студенти виконують:

- в умовах очного навчання — під час відповідного лекційного заняття протягом фіксованого часу і здають у паперовому вигляді;
- в умовах дистанційного навчання — у позааудиторний час і надсилають викладачеві в електронній формі.

Під час виконання МКР допустиме використання допоміжних матеріалів, але суворо заборонено обговорювати задачі з колегами чи питати порад у третіх осіб.

Студент може спробувати переписати пропущену МКР тільки в тому випадку, якщо її було пропущено з поважної причини, що підтверджено документально. Переписування МКР відбувається за домовленістю з викладачем.

Правила складання екзамену

Екзамен студенти виконують письмово у встановлений час і здають у паперовому вигляді, якщо екзамен відбувається в очному режимі, або надсилають викладачеві в електронній формі, якщо екзамен відбувається в дистанційному режимі. Екзамен студент пише самостійно. Допустиме використання допоміжних матеріалів, але суворо заборонено обговорювати задачі з колегами чи питати порад у третіх осіб. Після письмової частини можливе усне спілкування за темою екзаменаційного білета.

Пропущені контрольні заходи

Пропущений екзамен не зараховується; у такому випадку студент отримує запис у відомості «не з'явився» та повинен скласти екзамен на додатковій сесії.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначено в 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 визначено в розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість поставити будь-яке питання, яке стосується процедури проведення та/або оцінювання контрольних заходів, та очікувати, що воно буде розглянуто згідно з наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши, із яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

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

Поточний контроль: РГР, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр на 7-ому та на 13-ому тижнях, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабуса; студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менший від 50% від максимальної кількості балів, яку може отримати студент до даного календарного контролю.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання всіх етапів РГР та семестровий рейтинг не менший від 25 балів.

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з:

- 1) балів за виконання РГР;
- 2) балів за МКР;
- 3) балів за відповідь на екзамені.

СИСТЕМА РЕЙТИНГОВИХ БАЛІВ

1. Розрахунково-графічна робота (РГР)

Контроль знань здійснюється на основі виконання РГР, яка розподілена на чотири етапи відповідно до змістових модулів курсу. Сумарна кількість балів за всі етапи становить **40 балів**.

Кожний етап містить 3 теоретичні та 2 програмні задачі. Кожна задача оцінюється в **2 бали**.

Критерії оцінювання кожної окремої задачі:

2 бали – задачу виконано повністю;

для теоретичних задач: отримано правильний аналітичний розв'язок, наведено логічне обґрунтування;

для програмних задач: код є робочим, алгоритм відповідає теоретичній моделі, результати симуляції коректно інтерпретовані;

1,5 бали – задачу виконано з незначними вадами;

для теоретичних задач: правильний хід розв'язання при наявності некритичних арифметичних помилок;

для програмних задач: алгоритм загалом правильний, але код потребує виправлення для граничних випадків або відсутня візуалізація результатів.

0 балів – задачу не виконано, або розв'язок містить принципові помилки, що свідчать про нерозуміння концепції.

2. Модульна контрольна робота (МКР)

Студенти пишуть модульну контрольну роботу пишуть під час лекційного заняття або в позааудиторний час у випадку дистанційної форми навчання. Вона містить чотири задачі, кожна з яких оцінюється в 2 бали. Загальна сума балів за МКР становить **10 балів**.

Критерії оцінювання розв'язків кожної окремої задачі:

2 бали – задачу розв'язано правильно;

1,5 бали – задачу розв'язано майже правильно, можливі незначні вади чи арифметичні помилки;

0 балів – розв'язок відсутній.

3. Бали за відповідь на екзамені

Екзаменаційний білет складається з 1 теоретичного питання (доведення певного твердження) вагою в 20 балів та 3 задач по 10 балів кожна.

Критерії оцінювання теоретичного питання екзаменаційної роботи:

20 балів – відповідь правильна, повна;

18-19 балів – відповідь майже правильна, можливі незначні вади або термінологічні помилки;

15-17 балів – у відповіді є істотні помилки;

12-14 балів – у відповіді є істотні помилки;

0 балів – відповіді немає.

Критерії оцінювання розв'язань кожної окремої задачі:

10 балів – задачу розв'язано правильно;

8-9 балів – задачу розв'язано майже правильно, можливі незначні вади чи арифметичні помилки;

6-7 балів – задачу розв'язано не повністю, існують вади;

0 балів – розв'язок відсутній.

Максимальна кількість балів за відповідь на екзамені:

20 балів × 1 теоретичне питання + 10 балів × 3 задачі = **50 балів**

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 40 + 10 = 50 \text{ балів.}$$

Із цієї суми за семестр студент може набрати певну кількість балів r_C .

Екзаменаційна складова (R_E) шкали дорівнює 50 балам, тобто складає 50% від R .

За відповідь на екзамені студент може набрати певну кількість балів r_E .

Рейтингова шкала з дисципліни складає

$$R = R_C + R_E = 100 \text{ балів.}$$

Неодмінною умовою допуску до екзамену є виконання всіх етапів РГР, а також набрані $r_C = 25$ балів.

Якщо студент не виконав умов допуску до екзамену, то він у першу відомість отримує оцінку «не допущено», а потім повинен виконати ці умови (виконувати етапи РГР доти, доки балів для допуску не стане достатньо). Після отримання допуску студент складає екзамен (на першому та/або другому перескладанні) за наведеними раніше правилами, а його остаточну рейтингову оцінку R_D розраховують за формулою: $R_D = r_C + r_E$.

За умови дистанційного семестрового контролю оцінка розраховується за формулою за умови виконання студентом усіх етапів РГР та набраних щонайменше $r_C = 25$ балів. Перерахунок стартового рейтингового балу з дисципліни у 100-у шкалу здійснюється за формулою

$$R_D = 60 + \frac{40(r_c - 25)}{25}$$

Перескладання отриманої за формулою 100-бальної оцінки не допускається. Якщо умови допуску до екзамену до кінця семестру не виконано, то студент у першу відомість отримує оцінку «не допущено», а потім виконує умови допуску (на перше перескладання) або спілкування за темами дисципліни у режимі конференції (на комісії) під час додаткової сесії.

Оцінку за дисципліну виставляють відповідно до значення R_D згідно з таблицею.

<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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав доцент кафедри ПМА, канд. техн. наук, доцент Данило ТАВРОВ.

Ухвалено кафедрою ПМА (протокол № 9 від 26.12.2024).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 8 від 03.02.2025).