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

Кафедра інформатики та програмної інженерії

Проектування програмних засобів доповненої реальності

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Другий (магістерський)***
Галузь знань	*12 Інформаційні технології*
Спеціальність	*F2 Інженерія програмного забезпечення* *F6 Інформаційні системи та технології* *F7 Комп'ютерна інженерія*
Освітня програма	*Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем* *Інженерія програмного забезпечення комп'ютерних систем* *Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем* *Інженерія квантового програмного забезпечення* *Інформаційні системи та технології* *Інтегровані інформаційні системи* *Інформаційні управляючі системи та технології* *Інформаційне забезпечення робототехнічних систем* *Комп'ютерні системи та мережі*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*1 курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*5 кредитів (150 годин, з них 32 години лекцій, 14 годин лабораторних робіт, 104 години СРС)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*екзамен/модульна контрольна робота/захист лабораторних робіт*
Розклад занять	*1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень* *1 лабораторна робота (2 години) 1 раз на 2 тижні* *Детальний розклад: https://schedule.kpi.ua*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Лабораторні роботи:
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна **«Проектування програмних засобів доповненої реальності»** спрямована на формування у студентів практичних навичок проєктування й розробки AR/XR-рішень: від архітектури застосунку та інтеграції SDK (ARKit/ARCore, Unity AR Foundation) до побудови взаємодії, візуалізації, тестування й оптимізації під мобільні та XR-пристрої. Окрему увагу приділено просторовому трекінгу, роботі з просторовими даними, оклюзії та освітленню, UX для AR, продуктивності, приватності та безпеці.

Метою навчальної дисципліни є отримання студентами знань і практичних навичок проєктування, реалізації та оцінювання AR-застосунків з урахуванням архітектурних рішень, обмежень платформ, вимог до UX, продуктивності, безпеки та життєвого циклу ПЗ.

Предмет навчальної дисципліни –методи та інструменти проєктування програмних засобів доповненої реальності (AR/XR), архітектура AR-систем, просторовий трекінг, візуалізація, взаємодія, тестування та оптимізація.

Дисципліна формує наступні **фахові компетенстності:**

- Здатність проєктувати архітектуру AR-застосунків (шари, модулі, компоненти, життєвий цикл сцен, керування станом).
- Здатність інтегрувати AR SDK та кросплатформні фреймворки (Unity AR Foundation, ARCore/ARKit, OpenXR/WebXR).
- Здатність працювати з просторовими даними: координатні системи, anchors, planes, meshing, персистентність.
- Здатність реалізовувати та налаштовувати трекінг (marker/image tracking, SLAM/VIO) і оцінювати якість позиціонування.
- Здатність проєктувати рендеринг AR-контенту: освітлення, тіні, PBR, композицію, оклюзію (depth/segmentation).
- Здатність розробляти природні AR-взаємодії та забезпечувати ергономіку й безпеку UX.
- Здатність забезпечувати продуктивність на мобільних/XR-пристроях: профілювання, оптимізація CPU/GPU/пам’яті, енергоспоживання.
- Здатність тестувати AR-функціональність (емуляція/симуляція, device testing, telemetry, A/B UX-експерименти).
- Здатність враховувати вимоги приватності/безпеки при проєктуванні AR ПЗ.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі **результати навчання**:

- Знання принципів і архітектур AR/XR-систем та сучасних платформ/стандартів.
- Вміння проєктувати та реалізовувати AR-застосунки з просторовим трекінгом, рендерингом та взаємодією.
- Вміння тестувати й оптимізувати AR-рішення з урахуванням продуктивності, UX та приватності.

Досвід проєктування AR-застосунків, інтеграції SDK, роботи з просторовими даними та трекінгом, побудови AR-UX, профілювання й оптимізації, а також підготовки рішення до релізу та супроводу

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями з об'єктно-орієнтованого програмування, структурування коду, алгоритмів та структур даних, основ комп'ютерної графіки, Git та командної розробки.

Набуті знання та навички можна використати при працевлаштуванні та у практичній діяльності за спеціальністю.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ до дисципліни

Розділ 1 Основи AR/XR та проєктування

Тема 1.1 Екосистема AR/XR: пристрої, платформи, стандарти

Тема 1.2 Архітектура AR-застосунків: модулі, життєвий цикл, дані

Тема 1.3 Координатні системи, сенсори, калібрування

Розділ 2 Відстеження та просторове сприйняття

Тема 2.1 Marker/Image tracking, feature tracking

Тема 2.2 SLAM/VIO: трекінг камери та стабільність пози

Тема 2.3 Plane detection, scene reconstruction, meshing

Тема 2.4 Anchors та персистентність (world maps, cloud anchors)

Розділ 3 Візуалізація та взаємодія

Тема 3.1 Рендеринг в AR: освітлення, тіні, PBR

Тема 3.2 Оклюзія та композиція: depth/segmentation

Тема 3.3 Взаємодія: touch/gesture, gaze, voice

Розділ 4 Продуктова інженерія та якість

Тема 4.1 UX для AR, безпека та етика

Тема 4.2 Оптимізація продуктивності (CPU/GPU/energy)

Тема 4.3 Тестування AR: симуляція, device testing, telemetry

Тема 4.4 Приватність та безпека даних (camera data, permissions)

Розділ 5 Масштабування та сучасні тренди

Тема 5.1 Geospatial AR, VPS, навігація

Тема 5.2 Мультикористувацький AR та мережеві сценарії

Тема 5.3 WebXR/WebAR та кросплатформність (OpenXR)

Тема 5.4 AI в AR: семантика сцени, генеративні інтерфейси

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Schmalstieg D., Hollerer T. Augmented Reality: Principles and Practice. Addison-Wesley, 2016. Адреса розміщення: https://books.google.com/books?q=Augmented+Reality%3A+Principles+and+Practice+Schmalstieg+Hollerer.

Додаткова література

2. Khronos Group. OpenXR Specification (офіційна документація). Адреса розміщення: https://registry.khronos.org/OpenXR/.
3. Unity Technologies. AR Foundation Manual та API (офіційна документація). Адреса розміщення: https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@latest/.
4. Apple Developer Documentation: ARKit / RealityKit / visionOS. Адреса розміщення: https://developer.apple.com/documentation/arkit ; https://developer.apple.com/documentation/realitykit ; https://developer.apple.com/documentation/visionos.
5. Google Developers: ARCore Documentation (Geospatial API). Адреса розміщення: https://developers.google.com/ar ; https://developers.google.com/ar/develop/geospatial.
6. Google Developers: Streetscape Geometry (Unity/ARCore). Адреса розміщення: https://developers.google.com/ar/develop/unity-arf/geospatial/streetscape-geometry.
7. MDN Web Docs: WebXR Device API (Immersive Web). Адреса розміщення: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebXR_Device_API.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

5.1 Тематика лекцій

Теми лекцій та перелік основних питань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

№	Назва	К-ть годин
1	**AR/XR як інженерний продукт** **Вимоги, обмеження, метрики успіху, ризики.** Представлення зображень, алгоритми корекції яскравості.	**2**
2	**Платформи та стандарти** **ARKit/ARCore/WebXR, Unity AR Foundation, OpenXR.** Операція згортки, згорткові фільтри	**2**
3	**Архітектура AR-додатка** **Модулі, патерни, залежності, кросплатформність.** Тривімірна реконструкція об’єктів	**2**
4	**Математика 3D для AR** **Координати, перетворення, поза, кватерніони (огляд).** Визначення та математичний апарат згорткового шару. Шар пулінгу.	**2**
5	**Трекинг та сенсори** **VIO/SLAM, drift, стабільність, життєвий цикл сесії.** Історія архітектур згорткових нейронних мереж. Сучасні згорткові нейронні мережі.	**2**
6	**Plane detection, anchors, hit-testing** **Стабілізація контенту, масштаб, помилки.** Сучасні підходи збільшення ефективності нейронних мереж. Задача детекції об’єктів.	**2**
7	**Image/Object tracking** **Marker-based підходи, калібрування, обмеження.** Автоенкодери. Задача семантичної сегментації. Задача розпізнавання облич.	**2**
8	**Depth/mesh & scene reconstruction** **Occlusion, relocalization, персистентність.** Генеративно змагальні нейронні мережі.	**2**

№	Назва	К-ть годин
9	**Рендеринг у AR Camera background, композитинг, PBR, light estimation.** Архітектури CGAN та CycleGAN.	**2**
10	**Взаємодія та просторовий UI Жести, hand tracking, gaze/voice, доступність.** Визначення рекурентного шару. Архітектури GRU та LSTM.	**2**
11	**3D-ресурси та asset-pipeline. LOD, компресія, стримінг, оптимізація шейдерів.** Архітектура Transformer. BERT, GPT.	**2**
12	**Shared AR та мережа. Синхронізація стану, latency, конфлікти, протоколи.** Дифузійні моделі. Stable Diffusion.	**2**
13	**Persistent & Geospatial AR. Cloud/geospatial anchors, мапінг, локалізація.** Особливості розгортання.	**2**
14	**AI у AR. Семантика сцени, on-device ML, генерація/адаптація контенту.** Інженерія запитів для великих мовних моделей та дифузійних моделей	**2**
15	**Тестування та QA AR. Симуляція, device farms, регресії трекінгу/рендерингу.** Управління з прогнозуючими моделями.	**2**
16	**CI/CD та реліз. Аналітика, crash reporting, rollout/rollback, супровід.** Навчання з підкріпленням, глибоке навчання з підкріпленням.	**2**

5.2 Тематика лабораторних та практичних занять

Таблиця 2 Лабораторні роботи

№	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Unity AR Foundation: трекінг, plane detection, anchors, hit-testing. Розміщення контенту.	4
2	Occlusion та освітлення: depth/mesh, тіні, профілювання і оптимізація 3D-сцени.	4
3	Geospatial/Persistent/Shared AR: cloud/geospatial anchors, синхронізація стану.	4
4	Виконання модульної контрольної роботи	2

6. Самостійна робота студента

У рамках самостійної роботи, студенти опрацьовують матеріал щодо деталей реалізацій методів машинного навчання, найкращих практик щодо організації коду підготовки даних, організації коду роботи алгоритмів. Усі навчальні матеріали (тексти лекцій, методичні вказівки до виконання практичних робіт) розміщені в електронному вигляді на сайті (https://classroom.google.com). Навчальний контент доступний із будь-якого місця в мережі Інтернет.

Таблиця 3. Питання, які виносяться на самостійне опрацювання

№	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	К-ть годин
	Тема 1.2 OpenXR як стандарт: профілі, рантайми, extension-модель, сумісність.	4
	Тема 1.3 Архітектурні патерни AR: DI, модульність, plugin-підхід, feature flags.	10
	Тема 2.1 Математика 3D і калібрування: кватерніони, reprojection, вирівнювання координат.	10
	Тема 2.2 Стійкість трекінгу: drift, relocalization, обробка деградації та UX-fallback.	10
	Тема 2.3 Scene reconstruction: depth/mesh, occlusion strategies, семантична сцена.	10
	Тема 3.1 Рендеринг та оптимізації: PBR, batching, shaders, LOD, memory/asset management.	10
	Тема 3.2 Дизайн взаємодії та просторовий UI: ergonomics, accessibility, comfort, гайдлайни.	10
	Тема 4.1 Shared AR: authoritative model, синхронізація, latency compensation, конфлікти.	10
	Тема 4.2 Persistent/Geospatial AR: cloud anchors, мапінг, координати на рівні міста, якість.	10
	Тема 5.1 Тестування та QA AR: симуляція сенсорів, автоматизація, device farms, метрики.	10
	Тема 5.2 Безпека/приватність/етика: permissions, data minimization, threat modeling, compliance.	10

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Як викладач, так і студент зобов'язані дотримуватись Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Основні положення політики:

- впродовж занять студенти можуть задавати питання стосовно матеріалу, що викладається; студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури проведення та оцінювання контрольних заходів;
- студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, аргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень;
- у випадку виявлення факту академічної недоброчесності робота не зараховується;
- заохочувальні бали виставляються за: активну участь на лекціях, кількість заохочуваних балів на більше 10;
- штрафні бали за невчасне виконання та здачу лабораторних робіт відсутні, студент має право здавати та захищати лабораторні роботи не пізніше останнього практичного заняття семестру.

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті. Порядок визнання таких результатів регламентується Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті (https://osvita.kpi.ua/index.php/node/179). Можуть бути зараховані окремі змістовні модулі або теми дисципліни. В такому разі здобувач звільняється від виконання відповідних завдань, отримуючи за них максимальний бал відповідно до рейтингової системи оцінювання.

Політика щодо академічної доброчесності. Обов'язковою умовою виконання завдань з освітньої компоненти є дотримання політики та принципів академічної доброчесності (https://kpi.ua/academic-integrity), які, у тому числі, викладено у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (https://kpi.ua/code), Положенні про систему запобігання академічному плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського (https://osvita.kpi.ua/node/47). У разі виявлення дублювання робіт, плагіату роботи здобувачі отримують нульовий рейтинг.

Політика використання штучного інтелекту. Використання штучного інтелекту (далі, ШІ) регламентується «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (https://osvita.kpi.ua/node/1225). Усі навчальні завдання з дисципліни мають бути результатом власної оригінальної роботи здобувача.

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

8.1 Поточний контроль

Поточний контроль успішності засвоєння знань виконується шляхом виконання ними: лабораторних робіт, МКР, завдань, що видані для самостійної проробки. Таким чином, семестровий рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- лабораторні роботи;
- одну модульну контрольну роботу;
- самостійну роботу;
- відповідь на іспиті.

8.2 Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Лабораторні роботи

Вагові бали кожної лабораторної роботи наведені у таблиці 4. Сумарний ваговий бал за даний контрольний захід складає **45 *балів***.

Критерії оцінювання лабораторних робіт включають якість її виконання, захисту та оформлення звіту (таблиця 4).

Таблиця 4 – Вагові бали та критерії оцінювання лабораторних робіт

Назва роботи	Бали			
	Виконання	Захист	Звіт	Сума
Unity AR Foundation: трекінг, plane detection, anchors, hit-testing. Розміщення контенту.	8	7		15
Occlusion та освітлення: depth/mesh, тіні, профілювання і оптимізація 3D-сцени.	8	7		15
Geospatial/Persistent/Shared AR: cloud/geospatial anchors, синхронізація стану.	8	7		15
Разом	***24***	***21***		***45***

Критерії оцінювання комп'ютерних практикумів 1-5:

"*відмінно*" – робота виконана та захищена без зауважень, максимальний балів;

"*добре*" – достатньо повне виконання роботи з деякими похибками, 80% від максимальної кількості балів;

"*задовільно*" – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації), 60% від максимальної кількості балів;

"*незадовільно*" – при виконанні або під час захисту роботи були виявлені помилки, -0 балів.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з тестових питань та виконується студентами протягом 2-х аудиторних годин.

Ваговий бал МКР – 15 балів. Кожне з 15 тестових питань оцінюється на 1 бал за вірну відповідь і 0 за невірну.

Іспит

На іспиті студент виконуж письмову роботу, яка містить чотири теоретичні питання. Теоретичні питання оцінюються в 10 балів.

Умови доступу до іспиту.

Для доступу до іспиту, студент повинен отримати позитивні оцінки з усіх лабораторних робіт та модульної контрольної роботи.

Заохочувальні бали за:

- виконання додаткових завдань – 10 балів.

Умови позитивної проміжної атестації

На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо він отримав позитивну оцінку за 2 лабораторні роботи.

На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо він отримав позитивну оцінку за 3 лабораторні роботи.

Розрахунок шкали рейтингу R:

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає 60 балів. Екзаменаційна складова шкали складає 40 балів.

Формула розрахунку балів рейтингової шкали:

$$R = R_л+R_м+R_і=100 \text{ балів.}$$

Для отримання студентом відповідних оцінок за університетською шкалою його рейтингова оцінка R переводиться згідно з таблицею 5.

Таблиця 5

Бали	**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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль розміщений в системі «Електронний кампус» та оприлюднюються в Google Classroom по дисципліні.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц., к.т.н. Ліщук К.І.

Ухвалено кафедрою ІПІ (протокол № 2/1 від 10.10.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № № 3 від 17.10.2025 р.)