МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РОБОТОТЕХНІКИ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету
_____ Анатолій ТКАЧУК
«28» серпня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор
_____ Надія КОВАЛЬЧУК
«29» серпня 2026 р.

СИЛАБУС

з освітнього компонента «Інформаційні системи в робототехніці»
ступінь вищої освіти – бакалавр
галузь знань – 13 Механічна інженерія
спеціальність – 131 Прикладна механіка
освітня програма – Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи

Кафедра робототехніки

Силабус склав(ла) доцент кафедри робототехніки робототехніки, к.т.н., доцент Наталія ГУЛІЄВА

Силабус затверджений на засіданні кафедри робототехніки, протокол № 1 від «28» серпня 2026 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент Борис ПРИДАЛЬНИЙ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення освітньої програми «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи», протокол № 1 від «28» серпня 2026 р.

Гарант ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи» к.т.н., доцент Борис ПРИДАЛЬНИЙ

Схвалено науково-методичною радою університету, протокол № 1/а від «29» серпня 2026 р.

Затверджений силабус онлайн:
https://e.lntu.edu.ua/syllabus/4129

Луцьк – 2026

СИЛАБУС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА «Інформаційні системи в робототехніці»

Освітня програма	Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи
Галузь знань / Спеціальність	13 Механічна інженерія / 131 Прикладна механіка
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Статус дисципліни	вибіркова
Мова викладання	українська
Обсяг	5 кредитів ECTS / 150 годин, семестр 5
Форма контролю	залік
Викладач(і)	к.т.н., доцент Наталія ГУЛІЄВА електронна пошта: n.huliieva@lntu.edu.ua

1. Мета і завдання дисципліни

Мета: формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок щодо розроблення, впровадження та експлуатації інформаційних систем у робототехніці, а також підготовка фахівців, здатних застосовувати сучасні цифрові технології для створення інтелектуальних робототехнічних комплексів.

Завдання: 1. Ознайомлення з основними поняттями, принципами побудови, структурою та функціональними можливостями інформаційних систем у робототехніці.
2. Вивчення архітектури інформаційних систем, призначених для керування, моніторингу, діагностування та координації роботи промислових роботів і роботизованих комплексів.
3. Засвоєння принципів інформаційної взаємодії між промисловими роботами, датчиками, виконавчими механізмами, контролерами та комп’ютерними системами.
4. Вивчення методів збирання, передавання, оброблення, зберігання та візуалізації даних про функціонування роботизованого обладнання.
5. Ознайомлення з промисловими комунікаційними мережами, протоколами обміну даними та технологіями інтеграції роботизованих систем.
6. Формування навичок використання програмних засобів для розроблення, налаштування та тестування інформаційних систем у робототехніці.
7. Вивчення принципів інтеграції інформаційних систем із програмованими логічними контролерами (PLC), системами SCADA, MES та іншими засобами автоматизації виробництва.
8. Опанування методів моделювання інформаційних потоків і процесів взаємодії компонентів роботизованих технологічних комплексів.
9. Вивчення принципів використання баз даних для зберігання технологічної інформації, результатів роботи роботів і даних технічної діагностики.
10. Ознайомлення з технологіями промислового Інтернету речей (IIoT), хмарними та периферійними обчисленнями в роботизованих виробничих системах.
11. Вивчення можливостей застосування штучного інтелекту та методів аналізу даних для оптимізації роботи роботизованого обладнання й підтримки прийняття технічних рішень.
12. Формування вмінь використовувати інформаційні системи для моніторингу технічного стану обладнання, виявлення несправностей і прогнозування відмов.
13. Засвоєння основних принципів забезпечення інформаційної та кібербезпеки роботизованих систем, захисту даних і контролю доступу.
14. Розвиток навичок аналізу ефективності інформаційних систем за показниками надійності, швидкодії, точності оброблення даних і продуктивності роботизованих комплексів.

Пререквізити: Цифрові технології та штучний інтелект

2. Компетентності

СК01 — Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та

методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

СК07 — Здатність застосовувати комп’ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки.

СК08 — Здатність до просторового мислення і відтворення просторових об’єктів, конструкцій та механізмів у вигляді проекційних креслень та тривимірних геометричних моделей.

СК09 — Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

3. Структура дисципліни, розподіл годин, зв'язок тем з компетентностями

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**СК**
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи побудови та функціонування інформаційних систем у робототехніці								
1	Тема 1. Загальна характеристика інформаційних систем у робототехніці.	2/2	2/–	6/8	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК07
2	Тема 2. Архітектура робототехнічних інформаційних систем.	2/–	2/2	6/8	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК01
3	Тема 3. Датчики та системи збору даних у робототехніці.	2/2	2/–	6/8	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК08
4	Тема 4. Мікроконтролери та обчислювальні платформи роботів.	2/–	2/2	6/8	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК08
5	Тема 5. Програмне забезпечення робототехнічних систем.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК09
6	Тема 6. Комп’ютерний зір у робототехніці.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК01
7	Тема 7. Системи навігації та локалізації роботів.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК07

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**СК**
8	Тема 8. Бази даних і керування інформацією в робототехніці.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК08
Змістовий модуль 2. Сучасні інформаційні технології, інтелектуальні системи та безпека в робототехніці								
9	Тема 9. Мережеві технології та Інтернет речей у робототехніці.	2/2	2/–	6/8	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК09
10	Тема 10. Штучний інтелект у робототехнічних інформаційних системах.	2/–	2/2	6/8	10/10	МН2, МН4	МО2, захист практичної роботи	СК01
11	Тема 11. Людино-машинний інтерфейс у робототехніці.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2	СК07
12	Тема 12. Інформаційна безпека робототехнічних систем.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2	СК08
13	Тема 13. Моделювання та симуляція робототехнічних систем.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2	СК09
14	Тема 14. Промислова робототехніка та автоматизовані системи.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2	СК07
15	Тема 15. Перспективи розвитку інформаційних систем у робототехніці.	2/–	2/–	6/10	10/10	МН2, МН4	МО2, МО4	СК08
	Разом	**30/6**	**30/6**	**90/138**	**150/150**			

Легенда: СК — спеціальна (фахова) компетентність (номер за п. 2). Повне формулювання кожного коду наводиться в ОП / стандарті спеціальності.

Методи навчання: МН2 — практичний метод (лабораторні та практичні заняття); МН4 — робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату).

Методи оцінювання: МО2 — усне або письмове опитування; МО4 — тестування.

4. Результати навчання

Знати:

– основні поняття, принципи побудови, функціонування та класифікацію інформаційних систем у робототехніці;

– архітектуру робототехнічних інформаційних систем, їхні основні компоненти та принципи взаємодії;

– принципи роботи сенсорів, датчиків і систем збору, оброблення та передавання даних у робототехнічних комплексах;

– призначення, характеристики та особливості використання мікроконтролерів і обчислювальних платформ у робототехніці;

– сучасні програмні засоби та середовища розроблення робототехнічних систем, зокрема інструменти моделювання й програмні платформи для керування роботами;

– основи комп’ютерного зору, методи розпізнавання об’єктів і оброблення зображень у робототехнічних системах;

– принципи навігації, локалізації та визначення положення роботів у робочому просторі;

– методи організації, зберігання, оброблення та використання даних у робототехнічних інформаційних системах;

– основні мережеві технології, протоколи передавання даних, концепції Інтернету речей та хмарної робототехніки;

– методи штучного інтелекту, машинного навчання та нейронних мереж, що застосовуються для керування роботами й підтримки автономного прийняття рішень;

– принципи побудови людино-машинних інтерфейсів, засоби візуалізації інформації та способи взаємодії оператора з робототехнічними системами;

– основні загрози інформаційній безпеці робототехнічних систем і методи захисту даних, автентифікації та безпечного обміну інформацією;

– програмні засоби моделювання та симуляції робототехнічних систем, принципи створення цифрових двійників і віртуального тестування;

– принципи інтеграції робототехнічних інформаційних систем із промисловим обладнанням, системами автоматизованого керування та моніторингу виробництва;

– сучасні тенденції розвитку інформаційних систем у робототехніці, зокрема автономної та колективної робототехніки, технологій Industry 4.0 і хмарних сервісів.

Вміти:

– аналізувати структуру, призначення та функціональні можливості інформаційних систем у робототехнічних комплексах;

– визначати склад і взаємозв’язки основних компонентів робототехнічної інформаційної системи відповідно до поставлених завдань;

– добирати сенсори, датчики та обчислювальні платформи для забезпечення необхідних функцій робототехнічних систем;

– організовувати збір, оброблення, зберігання та передавання даних від сенсорів і виконавчих пристроїв;

– використовувати програмні засоби для розроблення, налаштування та тестування робототехнічних інформаційних систем;

– застосовувати методи комп’ютерного зору для оброблення зображень, виявлення та розпізнавання об’єктів;

– використовувати інформацію від сенсорів для визначення положення робота, його локалізації та навігації в робочому просторі;

– розробляти базові структури зберігання даних і застосовувати засоби роботи з базами даних у робототехнічних системах;

– обирати мережеві технології та протоколи для організації обміну даними між роботами, контролерами й іншими пристроями;

– застосовувати базові методи штучного інтелекту для розпізнавання об’єктів, аналізу даних і підтримки прийняття рішень у робототехнічних системах;

– проєктувати та оцінювати людино-машинні інтерфейси з урахуванням вимог ергономіки, зручності використання та безпеки;

– виявляти потенційні загрози інформаційній безпеці й обирати відповідні засоби захисту даних та каналів зв’язку;

– використовувати програмні симулятори для моделювання поведінки роботів, перевірки алгоритмів і оцінювання ефективності їх роботи;

– інтегрувати інформаційні системи роботів із засобами автоматизованого керування, моніторингу та управління виробничими процесами;

– алізувати результати функціонування робототехнічних інформаційних систем, виявляти недоліки та обґрунтовувати напрями їх удосконалення.

5. Цілі сталого розвитку

ЦСР 4 – Якісна освіта

ЦСР 8 – Гідна праця та економічне зростання

ЦСР 9 – Промисловість, інновації та інфраструктура

ЦСР 11 – Сталий розвиток міст і громад

ЦСР 12 – Відповідальне споживання та виробництво

ЦСР 17 – Партнерство заради сталого розвитку

6. Неформальна освіта

Рекомендовані курси, тренінги, стажування та інші: результати навчання, здобуті у формальній, неформальній чи інформальній освіті, можуть бути визнані відповідно до процедур ЛНТУ. Підтвердженнями можуть бути сертифікати тематичних тренінгів, вебінарів чи онлайн-курсів разом з описом досягнутих результатів навчання та, за потреби, коротке верифікаційне завдання або портфоліо.

7. Критерії та форми контролю

Оцінювання — за 100-бальною шкалою (національна шкала / ЄКТС). Підсумковий бал = поточний контроль (40 %) + модульний контроль (60 %).

Академічна доброчесність: самостійне виконання завдань; коректне посилання на джерела; позначення частин тексту, згенерованих засобами ШІ. Порушення академічної доброчесності не толеруються.

8. Зміст тем

Тема 1. Загальна характеристика інформаційних систем у робототехніці.

Інформаційні системи є основою сучасних робототехнічних комплексів та забезпечують збір, обробку і передачу даних. У лекції розглядаються поняття інформаційної системи, її складові та роль у робототехніці. Особлива увага приділяється взаємодії апаратного і програмного забезпечення роботів.

Тема 2. Архітектура робототехнічних інформаційних систем.

Розглядаються типові архітектури інформаційних систем роботів: централізовані, розподілені та гібридні. Аналізуються принципи побудови модулів управління, сенсорних підсистем та комунікаційних каналів. Також вивчаються вимоги до надійності та масштабованості систем.

Тема 3. Датчики та системи збору даних у робототехніці.

Лекція присвячена класифікації датчиків, які використовуються в робототехнічних системах. Вивчаються принципи роботи сенсорів відстані, положення, температури, зору та інерційних

модулів. Окремо розглядаються методи збору, фільтрації та первинної обробки даних.

Тема 4. Мікроконтролери та обчислювальні платформи роботів.

У темі аналізуються сучасні апаратні платформи для робототехнічних систем. Розглядаються особливості використання мікроконтролерів, одноплатних комп'ютерів і промислових контролерів. Вивчаються критерії вибору обчислювальної платформи для різних типів роботів.

Тема 5. Програмне забезпечення робототехнічних систем.

Розглядаються основні програмні середовища та операційні системи для робототехніки. Аналізуються принципи створення програм керування роботами та інтеграції модулів у єдину систему. Значна увага приділяється використанню фреймворку ROS.

Тема 6. Комп'ютерний зір у робототехніці.

Лекція охоплює методи отримання та аналізу візуальної інформації роботами. Розглядаються алгоритми розпізнавання об'єктів, обробки зображень і навігації за допомогою камер. Також аналізуються практичні приклади використання комп'ютерного зору в автономних роботах.

Тема 7. Системи навігації та локалізації роботів.

У темі розглядаються методи визначення положення роботів у просторі. Вивчаються GPS-навігація, SLAM-алгоритми та інерційні системи орієнтації. Окремо аналізуються проблеми точності та стабільності навігаційних систем.

Тема 8. Бази даних і керування інформацією в робототехніці.

Лекція присвячена організації та зберіганню даних у робототехнічних системах. Розглядаються реляційні та нереляційні бази даних, а також принципи роботи з потоками сенсорної інформації. Аналізуються підходи до оптимізації обробки великих обсягів даних.

Тема 9. Мережеві технології та Інтернет речей у робототехніці.

Вивчаються сучасні мережеві протоколи та технології взаємодії роботів через мережу. Розглядаються концепції Інтернету речей та хмарної робототехніки. Також аналізуються питання затримок передачі даних і кібербезпеки.

Тема 10. Штучний інтелект у робототехнічних інформаційних системах.

Лекція знайомить із застосуванням методів штучного інтелекту для керування роботами. Розглядаються алгоритми машинного навчання, нейронні мережі та адаптивні системи. Особлива увага приділяється автономному прийняттю рішень роботами.

Тема 11. Людино-машинний інтерфейс у робототехніці.

Розглядаються способи взаємодії людини з робототехнічними системами. Аналізуються графічні інтерфейси, голосове керування та системи доповненої реальності. Вивчаються принципи побудови ергономічних і безпечних інтерфейсів.

Тема 12. Інформаційна безпека робототехнічних систем.

У темі досліджуються загрози та ризики для робототехнічних інформаційних систем. Розглядаються методи захисту даних, автентифікації та безпечного передавання інформації. Також аналізуються приклади кібератак на роботизовані комплекси.

Тема 13. Моделювання та симуляція робототехнічних систем.

Лекція присвячена програмним засобам моделювання роботів і середовищ їх роботи. Розглядаються цифрові двійники, симулятори руху та тестування алгоритмів. Аналізуються переваги віртуального моделювання перед фізичними експериментами.

Тема 14. Промислова робототехніка та автоматизовані системи.

У темі вивчаються інформаційні системи, що використовуються в промислових роботах. Розглядаються системи моніторингу виробництва, автоматизованого керування та інтеграції роботів у виробничі лінії. Також аналізуються сучасні тенденції Industry 4.0.

Тема 15. Перспективи розвитку інформаційних систем у робототехніці.

Лекція охоплює сучасні тренди та перспективні напрями розвитку робототехнічних систем. Розглядаються автономні роботи, колективна робототехніка та інтеграція з хмарними сервісами.

Аналізуються етичні, соціальні та економічні аспекти розвитку робототехніки.

9. Опис ІЗ/КПІЗ

Не передбачено навчальним планом.

10. Самостійна робота

1. Архітектура та класифікація інформаційних систем у робототехніці.
2. Сенсорні системи роботів і технології збору даних.
3. Мікроконтролери та обчислювальні платформи в робототехніці.
4. Програмні платформи та операційні системи для робототехнічних комплексів.
5. Комп’ютерний зір у робототехнічних інформаційних системах.
6. Інформаційне забезпечення навігації та локалізації мобільних роботів.
7. Бази даних та управління інформацією в робототехнічних системах.
8. Мережеві технології та протоколи обміну даними в робототехніці.
9. Інтернет речей і хмарна робототехніка.
10. Застосування штучного інтелекту в робототехнічних інформаційних системах.
11. Людино-машинні інтерфейси робототехнічних систем.
12. Інформаційна безпека та кіберзахист робототехнічних комплексів.
13. Моделювання та симуляція робототехнічних інформаційних систем.
14. Інтеграція робототехнічних інформаційних систем у промислове виробництво.
15. Перспективи розвитку інформаційних систем у робототехніці.

11. Загальні вимоги

Освітній процес регулюється академічними правилами ЛНТУ. Здобувачі освіти зобов’язані ознайомитися з вимогами, визначеними Кодексом академічної доброчесності ЛНТУ та Політикою етичного використання штучного інтелекту в ЛНТУ, і дотримуватися принципів академічної доброчесності та етичного використання штучного інтелекту в освітній діяльності.

Академічна доброчесність. Учасники освітнього процесу зобов’язані дотримуватися Закону України «Про академічну доброчесність» від 18.12.2025 № 4742-IX та внутрішніх нормативних документів ЛНТУ. Не допускаються академічний плагіат, фабрикація, фальсифікація, привласнення авторства, несамостійне виконання завдань, а також недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом.

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту можуть використовуватися для пошуку ідей, пояснення методів, попереднього структурування, мовного редагування та допоміжного аналізу неконфіденційних даних, якщо конкретне завдання не передбачає повністю самостійного виконання. Здобувач освіти має зазначати використаний інструмент, мету та етап його застосування, перевіряти факти й розрахунки та самостійно обґрунтовувати висновки.

12. Література

І. Навчально-методичні матеріали та розробки

Праці інших авторів:

1. Бернацький А. Практичне програмування роботів: Robot Operating System: навч. посібник. К.: Ліра-К, 2025. 192.

2. Бернацький А. Практичне програмування роботів: Gazebo Military Edition: навч. посібник. К.: Ліра-К, 2025. 232.

3. Joseph L., Cacace J. Mastering ROS for Robotics Programming – Second Edition: Design, build, and simulate complex robots using the Robot Operating System 2nd ed. Edition, 2018. 580.

ІІ. Наукові праці

Праці автора силабуса:

4. Самчук Л. М., Придальний Б. І., Гулієва Н. М., Сичук В. А. Аналітичний огляд підходів до забезпечення точності позиціонування промислових роботів у зварювальних операціях. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2026. № 1 (26). С. 1-10. DOI: 10.36910/2zmncs77. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/4810

5. Придальний Б. І., Самчук Л. М., Гулієва Н. М., Сичук В.А. Підвищення надійності роботизованих виробничих систем на основі діагностики відмов, прогностичного обслуговування та поточного моніторингу. Наукові нотатки. 2026. Вип. 85. С. 138–144. DOI: https://doi.org/10.36910/775.2413966.2026.85.18.

6. Huliieva N., Lishchyna N., Pasternak V., Huliieva Z. Development of a system for predicting failures of bagging machines. Informatyka, Automatyka, Pomiary W Gospodarce I Ochronie Środowiska. 2025. № 15(4). P. 10–13. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/4230

7. Самчук Л. М., Повстяна Ю. С., Гулієва Н. М. UML-Аналіз та розробка інформаційної системи складського обліку автозапчастин. Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2025. № 59. С. 213-120. https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-59-27

8. Гулієва Н. М., Батюк, Д. Р., Грибок Н. О., Гулієва З. Н. Розрахунок конічного з’єднання за допомогою мови програмування C#. Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. 2023. Вип. 15, № 2. С. 58-66. https://doi.org/10.15673/atbp.v15i2.2526

9. Huliieva N., Pasternak V. Isothermal mechanical Cycling of Saponite–Titanium Composites in Conditions of Complex Stressed State. Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. 2022. № 59 (6). P. 12-21. Scopus. https://doi.org/10.2478/lpts-2022-0043 (Published Online: 07 Jan 2023)

10. Huliieva N., Lishchyna N., Pasternak V., Huliieva Z. Equipping CNC Machines with Evaluating Key Site Performance Metrics Using Google Pagespeed Insights. The 14 th IEEE International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT’2024. (Athens, 11-13 October 2024.) Athens, 2024. P. 1-6. https://easychair.org/publications/preprint/qSlb/open

11. Ruban A., Pasternak V., Huliieva N. Prediction of the Structural Properties of Powder Materials by 3D Modeling Methods. Materials Science Forum. 2022. № 1068. P. 231-238. URL: https://doi.org/10.4028/p-18k386

Праці інших авторів:

12. Sacks R., Brilakis I., Pikas E., Xie H. S., Girolami M. Construction with digital twin information systems. DataCentric Engineering. 2020. Vol. 1. Article e14. https://doi.org/10.1017/dce.2020.16

13. Juarez M. G., Botti V. J., Giret A. S. Digital twins: Review and challenges. Journal of Computing and Information Science in Engineering. 2021. Vol. 21, № 3. Article 030802. https://doi.org/10.1115/1.4050244

14. Mihai S., Yaqoob M., Hung D. V., Davis W., Towakel P., Raza M., Nguyen H. X. Digital twins: A survey on enabling technologies, challenges, trends and future prospects. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2022. Vol. 24, № 4. P. 2255–2291. https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3208773

15. Wagg D. J., Worden K., Barthorpe R. J., Gardner P. Digital twins: State-of-the-art and future directions for modeling and simulation in engineering dynamics applications. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering. 2020. Vol. 6, № 3. Article 030901. https://doi.org/10.1115/1.4046739

16. Kaptosv L. RESTful API Design for Geospatial Logistics Platforms Using Type Script and Laravel. Journal of Information, Technology and Policy. 2025. P. 1–13. https://doi.org/10.62836/jitp.2025.515

17. Korablyov M., Lutskyy S., Ivanisenko I., Fomichov O. System-Information Models of Digital Twins : Proceedings of the International Conference on WorldS4. 2023. Singapore: Springer Nature Singapore. P. 101–109. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8031-4_10

18. Wang W., Guo H., Li X., Tang S., Li Y., Xie L., Lv Z. BIM information integration based VR modeling in digital twins in Industry 5.0. Journal of Industrial Information Integration. 2022. Vol. 28. Article 100351. https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100351.

19. Al-Sehrawy R., Kumar B. Digital twins in architecture, engineering, construction and operations: A brief review and analysis. У: Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. 2020. Cham: Springer International Publishing. P. 924–939. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_64

20. Ryzhakova G., Malykhina O., Pokolenko V., Rubtsova O., Homenko O., Nesterenko I., Honcharenko T.Construction project management with digital twin information system. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2022. Vol. 12, № 10. P. 19–28. https://doi.org/10.46338/ijetae1022_03

21. Mohamed N., Al-Jaroodi J., Jawhar I., Kesserwan N. Leveraging digital twins for healthcare systems engineering. IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 69841–69853. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3292119

22. Du J., Zhu Q., Shi Y., Wang Q., Lin Y., Zhao D. Cognition digital twins for personalized information systems of smart cities: Proof of concept. Journal of Management in Engineering. 2020. Vol. 36, № 2. Article 04019052. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000740.

23. Bickford J., Van Bossuyt D. L., Beery P., Pollman A. Operationalizing digital twins through model-based systems engineering methods. Systems Engineering. 2020. Vol. 23, № 6. P. 724–750. https://doi.org/10.1002/sys.21559

24. Опірський І.Р., Хохлачова Ю.Є., Стефанків А.В., Шевчук Ю.А. Аналіз технічних особливостей реалізації шифрування даних на SD-картах в Android. Сучасний захист інформації. 2025. Вип. 1, № 61. С. 219–228. https://doi.org/10.31673/2409-7292.2025.016526

25. Poperehnyak S., Syvachenko I., Shevchuk Y. Enhancing pseudorandom number generation using environmental sensor-based entropy sources. Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems (CPITS 2025): Proceedings of the Workshop. 2025. Vol. 3991. P. 363–380. URL: https://ceur-ws.org/Vol-3991/paper26.pdf (date of access: 08.05.2026).

26. Dietz M., Pernul G. Digital Twin: Empowering Enterprises Towards a System-of-Systems Approach. Business &Information Systems Engineering. 2020. Vol. 62, № 2. P. 179–184. https://doi.org/10.1007/s12599-019-00624-0