


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор


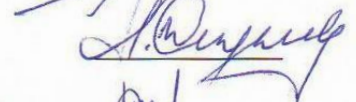
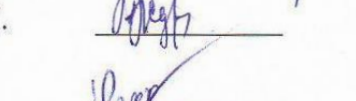

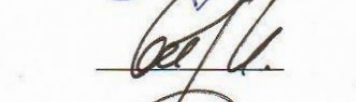


Юрій КОТЛЯР
“ ” _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**«Моделювання нелінійних об'єктів і структурних засобів
комп'ютеризованих RTS-систем та дронів»**

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
Галузь знань 12 Інформаційні технології
Рівень вищої освіти – третій (доктор філософії)

Розробник	Трунов О. М.
Завідувач кафедри розробника	Сіделев М. І.
Завідувач кафедри спеціальності	Журавська І. М.
Гарант освітньої програми	Чуйко Г. П.
Декан факультету	Бойко А. П.
Начальник НМВ	Шкірчак С. І.

Миколаїв – 2022 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Характеристика дисципліни	
Найменування дисципліни	МНО RTS та дронів	
Галузь знань	12 Інформаційні технології	
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія	
Спеціалізація (якщо є)		
Освітня наукова програма	Комп'ютерна інженерія	
Рівень вищої освіти	доктор філософії	
Статус дисципліни	вибіркова	
Курс навчання	2-й	
Навчальний рік	2023–2024	
Номер(и) семестрів (триместрів):	Денна форма	Заочна форма
	4-й	---
Загальна кількість кредитів ЄКТС/годин	3 кред. /90 год.	
Структура дисципліни: – лекції – семінарські заняття (практичні) – годин самостійної роботи студентів	Денна форма	Заочна форма
	20	---
	10 60	
Відсоток аудиторного навантаження	33 %	
Мова викладання	Українська, англійська	
Форма проміжного контролю (якщо є)		
Форма підсумкового контролю	Екзамен	

1. Мета, завдання, компетентності та програмні результати навчання з дисципліни

Мета:

утворити знання про форми і методи будови моделей для окремих нелінійних об'єктів і систем у різних формах представлення. Опанувати засоби аналітичної кількісної оцінки та набути навички будови алгоритмів перетворення до форм придатних для застосування у структурі систем автоматичного керування (САК) і автоматизованих систем керування (АСК).

Завдання:

Опанувати сутність та ознаки класифікації моделей, методи побудови та критерії оцінки якості моделей за переліком ознак та критеріїв. Методи перетворень до математичних та інших форм придатних до алгоритмізації. Опанувати сутність алгоритмізації процесів. Та опанувати практичні приклади постановки і розв'язку задач впровадження моделі у процесі впровадження комп'ютерно-інтегрованих технологій і будови САК та АСК нелінійними технологічними об'єктами, систем реального часу (англ. Real-Time System, RTS) та дронами різного призначення.

В результаті вивчення дисципліни студент
має знати:

- основні методи створення моделі лінійних та нелінійних об'єктів та перетворення до форм придатних до розв'язку задач її застосування;
- основні ознаки оцінки якості створеної моделі;
- сутність алгоритму і алгоритмізації та основні типи алгоритмів;
- принципи будови моделей кінематики динаміки для створення САК та АСК і керування нелінійними технологічними об'єктами, RTS та дронів;

має вміти:

- створювати і перетворювати модель від концептуальної до форми придатної до впровадження у алгоритм САК;
- вміти моделювати елементи та системи і оцінювати їх якість та оцінювати вплив показників якості на стійкість, точність і достовірність і інші характеристики роботи САК.

Інтегральна компетенція

ІК Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері комп'ютерної інженерії та комп'ютерних технологій, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення на основі модельного представлення та моделювання.

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Спеціальні компетентності:

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерної інженерії та суміжних галузей.

СК02. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проєкти в комп'ютерній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проєкти.

СК05. Здатність ефективно застосовувати методи аналізу, математичне моделювання, виконувати натурні та обчислювальні експерименти при проведенні наукових досліджень у сфері комп'ютерної інженерії.

Програмні результати навчання:

РН04. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми комп'ютерної інженерії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

PH05. 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.

PH07. Застосовувати загальні принципи та методи математики, інформатики та інших наук, а також сучасні методи та інструменти, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для провадження досліджень у сфері комп'ютерної інженерії.

PH08. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках.

Об'єкти вивчення та діяльності:

– аналогові та цифрові комп'ютери та комп'ютерні системи, локальні, глобальні комп'ютерні мережі та мережа Інтернет, кіберфізичні системи, Інтернет речей, системи та засоби оброблення великих даних і штучного інтелекту, IT-інфраструктури, методи та способи подання, отримання, зберігання, передавання, опрацювання та захисту в них інформації, математичні моделі обчислювальних процесів та технології виконання обчислень, архітектура та організація їх функціонування, інтерфейси та протоколи взаємодії їх компонентів, методи та технології людино-машинної взаємодії та кооперації, доданої та віртуальної реальності;

– інформаційні процеси, технології, методи, способи, інструментальні засоби та системи для дослідження, проєктування, налагодження, виробництва й експлуатації комп'ютерів та комп'ютерних систем і мереж, кіберфізичних систем, Інтернету речей, IT-інфраструктур, розроблення, верифікації та розгортання програмного забезпечення та систем у хмарних та інших середовищах, а також процедури та засоби підтримки та керування життєвим циклом, забезпечення якості, надійності та безпеки.

2. Програма навчальної дисципліни

Денна форма:

№ з/п	Теми	Лекції, годин	Практичні	Самостійна робота
1	Тема 1. Моделі, класифікація, оцінка якості	2	1	5
2	Тема 2. Методи побудови моделі шляхом виокремлення елементів об'єкта або процесу в структурі RTS	2	1	5
3	Тема 3 Наукові основи встановлення векторно-матричного зв'язку між векторами в різних системах координат	2	2	6
4	Тема 4. Методи розв'язку нелінійних задач (чисельні та аналітичні): Ньтона-Канторовича, квазілінеаризації та рекурентної апроксимації.	2	1	5

№ з/п	Теми	Лекції, годин	Практичні	Самостійна робота
5	Тема 5. Наближенні методи для перетворення моделі у диференційній формі до алгебраїчних форм для нелінійних та лінеаризованих задач	2	1	5
6	Тема 6 Обробка цифрових даних та побудова апроксимаційних функцій як моделей за множинами експериментальних значень	2	1	5
7	Тема 7. Методи імітаційного моделювання	2	2	6
	Всього за дисципліною:	20	10	60

Зміст навчальної дисципліни

2.1. План лекцій

№ з/п	Тема заняття / план
1	Тема 1. Моделі, класифікація, оцінка якості Лекція 1 Моделі, типи, форми, класифікація та оцінка їх якості 1.1. Поняття моделі, класифікаційні ознаки та класифікація 1.2. Адекватність та критерії її оцінки. 1.3. Геометрична нерівність 1.4. Постановка задачі про оцінку нижньої границі величини адекватності
2	Тема 2. Методи побудови моделі шляхом виокремлення елементів об'єкта або процесу в структурі RTS Лекція 2 Методи виокремлення елементів як інструмент формування моделі 2.1 Відокремлення та кінематична схема як інструмент складання моделі механічних вузлів і агрегатів інтегрованих КС кіберфізичних систем 2.2 Відокремлення елементарного нескінченно малого об'єму деталі як інструмент формування моделі технологічного процесу лазерних систем. 2.3 Відокремлення елемента електричних кіл як інструмент опису коливань із струмонезалежними і залежними елементами.
3	Тема 3 Наукові основи встановлення векторно-матричного зв'язку між векторами в різних системах координат Лекція 3 Наукові основи опису кінематики маніпуляторів та роботів 3.1. Основні математичні засади опису руху точки і ланки роботів 3.2. Матриці повороту в різних координатах 3.3. Моделі кінематики та завдання механіки маніпуляторів 3.4. Кінематичний аналіз складових ланок маніпулятора. Метод Денавіта і Хартенберга. Лекція 4 3.5. Базова, напівзв'язана і зв'язані системи координат та диференційні моделі руху у них. 3.6. Рішення прямої задачі динаміки автономного безекіпажного апарату Лекція 5 3.7. Динаміка маніпуляторів промислових роботів. 3.8. Силловий розрахунок маніпулятора, складання рівнянь динаміки маніпулятора.

№ з/п	Тема заняття / план
4	<p>Тема 4. Методи розв'язання нелінійних задач (чисельні та аналітичні): Ньютона-Канторовича, квазілінеаризації та рекурентної апроксимації.</p> <p>Лекція 6 Методи чисельні та аналітичні: Ньютона-Канторовича, квазілінеаризації та рекурентної апроксимації.</p> <p>4.1 Методи знаходження кореня</p> <p>4.2. Методи наближеного розв'язку нелінійних алгебраїчних рівнянь та систем</p> <p>4.3. Методи розв'язку нелінійного диференційного рівняння</p>
5	<p>Тема 5. Наближенні методи для перетворення моделі у диференційній формі до алгебраїчних форм для нелінійних та лінеаризованих задач</p> <p>Лекція 7</p> <p>5.1. Трирівневий компаратор</p> <p>5.2. Представлення розвинення у ряд Тейлора із застосуванням трирівневих компараторів</p> <p>5.3. Представлення нелінійних диференційних моделей рекурентною алгебраїчною послідовністю</p>
6	<p>Тема 6 Обробка цифрових даних та побудова апроксимаційних функцій як моделей за множинами експериментальних значень</p> <p>Лекція 8</p> <p>6.1. Доведення вибору форми апроксимаційної функції</p> <p>6.2 Апроксимація як задача мінімізації з обмеженнями</p> <p>6.3 Метод спрямлення координат</p> <p>6.4 Застосування апроксимації для перетворення нелінійних моделей</p>
7	<p>Тема 7. Методи імітаційного моделювання</p> <p>Лекція 9 Випадкові процеси та імітаційне моделювання</p> <p>7.1. Математична ймовірність. Функція розподілу, щільність ймовірності розподілу.</p> <p>7.2. Умова нормування розподілу неперервної випадкової величини</p> <p>7.3. Ймовірність попадання неперервної випадкової величини в проміжок. Достовірність</p> <p>Лекція 10 Характеристики ймовірнісних процесів</p> <p>7.4. Математичне сподівання</p> <p>7.5. Середнє квадратичне відхилення</p> <p>7.6. Вибірки. Порівняння вибірок</p> <p>7.7. Критерій Стюдента, Фішера</p>

2.2. План практичних занять

№ з/п	Тема заняття / план	Годин
1	<p>Тема 1. Моделі, класифікація, оцінка якості</p> <p>Практичне 1 Моделі, типи, форми, класифікація та оцінка їх якості.</p> <p>1.1 Моделі, класифікаційні ознаки</p> <p>1.2 Критерії оцінки</p> <p>1.3 Адекватність як інтегральний критерій оцінки і його аналітичний вигляд</p>	1
2	<p>Тема 2. Методи побудови моделі шляхом виокремлення елементів об'єкта або процесу в структурі RTS</p> <p>Практичне 2 Методи виокремлення елементів як інструмент формування моделі</p>	1

№ з/п	Тема заняття / план	Години
	<p>2.1 Відокремлення та кінематична схема як інструмент складання моделі механічних вузлів і агрегатів інтегрованих КС кіберфізичних систем</p> <p>2.2 Відокремлення елементарного нескінченно малого об'єму деталі як інструмент формування моделі технологічного процесу лазерних систем.</p> <p>2.3 Відокремлення елемента електричних кіл як інструмент опису коливачів із струмонезалежними і залежними елементами.</p>	
3	<p>Тема 3 Наукові основи встановлення векторно-матричного зв'язку між векторами в різних системах координат</p> <p>Практичне 3 Наукові основи опису кінематики маніпуляторів та роботів</p> <p>3.1. Основні математичні засади опису руху точки і ланки роботів</p> <p>3.2. Матриці повороту в різних координатах</p> <p>3.3. Моделі кінематики та завдання механіки маніпуляторів</p> <p>3.4. Кінематичний аналіз складових ланок маніпулятора. Метод Денавіта і Хартенберга.</p>	1
4	<p>Практичне 4</p> <p>3.5. Базова, напівзв'язана і зв'язані системи координат та диференційні моделі руху у них.</p> <p>3.6. Рішення прямої задачі динаміки автономного безекіпажного апарату</p> <p>Практичне 5</p> <p>3.7. Динаміка маніпуляторів промислових роботів. 3.8. Силовий розрахунок маніпулятора, складання рівнянь динаміки маніпулятора.</p>	2
5	<p>Тема 4. Методи розв'язку нелінійних задач (чисельні та аналітичні): Ньютона-Канторовича, квазілінеаризації та рекурентної апроксимації.</p> <p>Практичне 6 Методи чисельні та аналітичні: Ньютона-Канторовича, квазілінеаризації та рекурентної апроксимації.</p> <p>4.1 Методи знаходження кореня</p> <p>4.2. Методи наближеного розв'язку нелінійних алгебраїчних рівнянь та систем</p> <p>4.3. Методи розв'язку нелінійного диференційного рівняння</p>	1
6	<p>Тема 5. Наближенні методи для перетворення моделі у диференційній формі до алгебраїчних форм для нелінійних та лінеаризованих задач</p> <p>Практичне 7</p> <p>5.1. Трирівневий компаратор</p> <p>5.2. Представлення розвинення у ряд Тейлора із застосуванням трирівневих компараторів</p> <p>5.3. Представлення нелінійних диференційних моделей рекурентною алгебраїчною послідовністю</p>	1
7	<p>Тема 6 Обробка цифрових даних та побудова апроксимаційних функцій як моделей за множинами експериментальних значень</p> <p>Практичне 8</p> <p>6.1. Доведення вибору форми апроксимаційної функції</p> <p>6.2 Апроксимація як задача мінімізації з обмеженнями</p> <p>6.3 Метод спрямлення координат</p> <p>6.4 Застосування апроксимації для перетворення нелінійних моделей</p>	1
8	<p>Тема 7. Методи імітаційного моделювання</p> <p>Практичне 9 Випадкові процеси та імітаційне моделювання</p> <p>7.1. Математична ймовірність. Функція розподілу, щільність ймовірності розподілу.</p> <p>7.2. Умова нормування розподілу неперервної випадкової величини</p>	2

№ з/п	Тема заняття / план	Годин
	7.3. Імовірність попадання неперервної випадкової величини в проміжок. Достовірність Практичне 10 Характеристики ймовірнісних процесів 7.4. Математичне сподівання 7.5. Середнє квадратичне відхилення 7.6. Вибірки. Порівняння вибірок 7.7. Критерій Стюдента, Фішера	
	Разом	10

2.3. Завдання для самостійної роботи

Практичне завдання № 1

Розв'яжіть диференційне рівняння у звичайних похідних із змінними коефіцієнтами та наведіть алгоритм та код програми на одній із відомих вам мов або у середовищі MATLAB одним із чисельних методів Ейлера або Рунге-Кутта.

Надайте код програми, таблицю із двадцяти значень прикладу відповідно до таблиці 1.

Звіт оформити у файлі MS Word.

Практичне завдання № 2

За допомогою MATLAB GUIDE (GUI development environment – середовище розробки) для графічного проектування графічних інтерфейсів користувача побудуйте графіки одновимірних моделей (таблиця 1).

Наведіть графік, програму – код, що її релізував.

За допомогою MATLAB тривимірної графіки з допомогою функцій *surf*, *plot3* чи *mesh* побудуйте графіки та поверхні, що представляють ваші моделі Таблиця 1

Наведіть графік, програму – код, що її реалізував.

Звіт оформити у файлі MS Word.

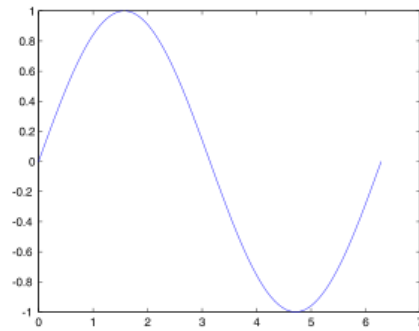
Приклади:

Графіки і програмування графічних інтерфейсів користувача.

MATLAB підтримує створення застосунків з властивостями графічних інтерфейсів користувача. MATLAB включає GUIDE (GUI development environment – середовище розробки) для графічного проектування графічних інтерфейсів користувача. Код:

```
x = 0:pi/100:2*pi;
y = sin(x);
plot(x,y)
```

дає наступний результат

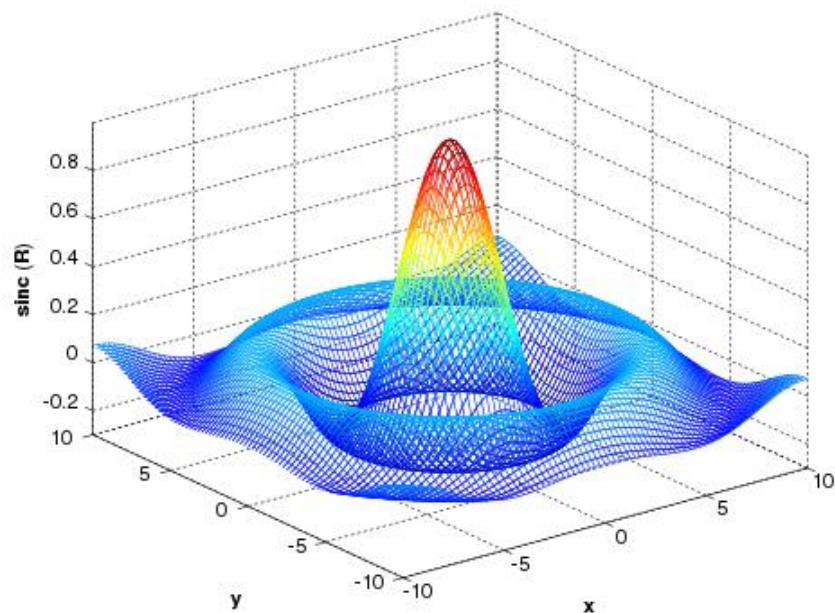


Програми на MATLAB можуть також будувати тривимірні графіки з допомогою функцій *surf*, *plot3* чи *mesh*.

```
[X,Y] = meshgrid(-10:0.25:10,-10:0.25:10);
f = sinc(sqrt((X/pi).^2+(Y/pi).^2));
mesh(X,Y,f);
axis([-10 10 -10 10 -0.3 1])
xlabel('\bfx')
ylabel('\bfy')
zlabel('\bfsinc ({\bfR})')
hidden off
```

```
[X,Y] = meshgrid(-10:0.25:10,-10:0.25:10);
f = sinc(sqrt((X/pi).^2+(Y/pi).^2));
surf(X,Y,f);
axis([-10 10 -10 10 -0.3 1])
xlabel('\bfx')
ylabel('\bfy')
zlabel('\bfsinc ({\bfR})')
```

Цей код створює 3D **каркасну модель** в двовимірній ненормованій функції *sinc*



Дані про експериментальні значення задані таблично.

Нехай дано: $X = [0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5]$,

$Y = [5,332; 4,488; 2,432; 1,803; 2,223; 2,467; 4,127; 5,091]$.

X	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5
Y	5.332	4.488	2.432	1.803	2.223	2.467	4.127	5.091

Доведіть, що одна із трьох видів функцій (парабола, степенева, експоненціальна) краще за інші та знайдіть значення коефіцієнтів апроксимації.

Практичне завдання № 4

В MATLAB для наближення даних у сенсі найменших квадратів використовується функція *polyfit*, у вхідних аргументах котрої вказуються вектори з даними, а вихідним є вектор коефіцієнтів поліному, починаючи зі старшого ступеню. Функція *polyfit* може бути й з великим числом вхідних та вихідних аргументів, що може знадобитися для покращення якості наближення та отримання деякої додаткової інформації про нього. Навести приклад використання наближення даних з використанням функцій *polyfit(x,y,n)* та *polyval(p,x)*.

Нехай дано: $X = [0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5]$,

$Y = [5,332; 4,488; 2,432; 1,803; 2,223; 2,467; 4,127; 5,091]$.

X	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5
Y	5.332	4.488	2.432	1.803	2.223	2.467	4.127	5.091

Практичне завдання № 5

У якості об'єкта моделювання розглянемо типову компоновку кінематичної схеми маніпулятора промислового робота, що наведено на рис. 1. Така компоновка відповідає роботу, що працює у циліндричній системі координат. Компоновка враховує три основні степені рухливості маніпулятора, що працює у циліндричній системі координат.

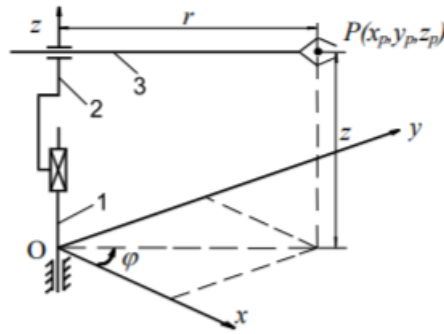


Рисунок 1 – Кінематична схема маніпулятора у циліндричній системі координат

Три узагальнені координати r , φ , z дозволяють визначити координати x_p , y_p , z_p точки P маніпулятора (наприклад, полюса схвата):

$$x_p = r \cos \varphi; y_p = r \sin \varphi; z_p = z;$$

Якщо привод нульової, першої та третьої ланок рухаються за законами:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; z = z_0 + v t + \frac{a_z t^2}{2}; r = r_0 + v t + \frac{a t^2}{2},$$

то за яким законом буде рухатись точка P схвату? Зазначте, що закон зміни кутового прискорення є рішенням системи диференціальних рівнянь динаміки ротора та приводу, але зараз, для спрощення задачі, рекомендується покласти константою 1 рад/с^2 , а $z = 0,1 \text{ м/с}^2$. Початкові координати і швидкості ланок позначають буквами з нульовим нижнім індексом.

На основі отриманих моделей кінематики маніпулятора розв'язують пряму та зворотню задачу кінематики. Її можна розв'язати аналітично

Практичне завдання № 6

У якості об'єкта моделювання розглянемо типову компоновку кінематичної схеми робота, що наведено на рис. 2. Така компоновка відповідає роботу, що працює у сферичній системі координат.

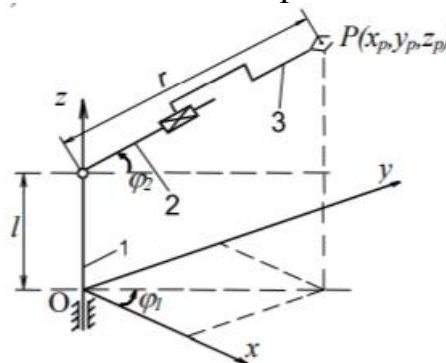


Рисунок 2 – Кінематична схема маніпулятора, з сферичною системою координат

Три узагальнені координати r , φ_1 , φ_2 дозволяють визначити координати x_p , y_p , z_p точки P маніпулятора (наприклад, полюса схвата):

$$x_p = r \cos \varphi_1 \cos \varphi_2; y_p = r \sin \varphi_1 \cos \varphi_2; z_p = l + r \sin \varphi_2;$$

Три узагальнені координати r , φ , z дозволяють визначити координати x_p , y_p , z_p точки P маніпулятора (наприклад? полюса схвату):

$$x_p = r \cos \varphi; y_p = r \sin \varphi; z_p = z;$$

Якщо привод нульової, першої та третьої ланок рухаються за законами:

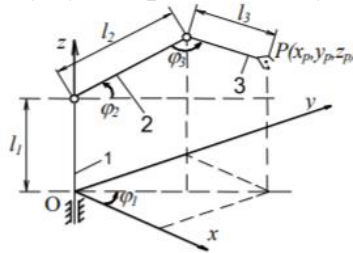
$$\varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; z = z_0 + v t + \frac{a_z t^2}{2}; r = r_0 + v t + \frac{a t^2}{2},$$

то за яким законом буде рухатись точка P схвату? Зазначте, що закон зміни кутового прискорення є рішенням системи диференціальних рівнянь динаміки ротора та приводу, але зараз, для спрощення задачі, рекомендується покласти константою 1 рад/с^2 , $a_z = 0,1 \text{ м/с}^2$. Початкові координати і швидкості ланок позначають буквами з нульовим нижнім індексом.

На основі отриманих моделей кінематики маніпулятора розв'язують пряму та зворотню задачу кінематики. Її можна розв'язати аналітично

Практичне завдання № 7

У якості об'єкта моделювання розглянемо типову компоновку кінематичної схеми робота, що наведено на рисунку рис. 3. Така компоновка відповідає шарнірному роботу, у котрого всі ступені обертальні.



$$\begin{aligned} x_p &= l_2 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3); \\ y_p &= l_2 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3); \\ z_p &= l_1 + l_2 \cdot \sin \varphi_2 + l_3 \cdot \sin(\varphi_2 + \varphi_3). \end{aligned} \quad (3)$$

Три узагальнені координати r , φ , z дозволяють визначити координати x_p , y_p , z_p точки P маніпулятора (наприклад, полюса схвату):

$$x_p = r \cos \varphi; y_p = r \sin \varphi; z_p = z;$$

Якщо привод нульової, першої та третьої ланок рухаються за законами:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; z = z_0 + v t + \frac{a_z t^2}{2}; r = r_0 + v t + \frac{a t^2}{2},$$

то за яким законом буде рухатись точка P схвату? Зазначте, що закон зміни кутового прискорення є рішенням системи диференціальних рівнянь динаміки ротора та приводу, але зараз, для спрощення задачі, рекомендується покласти константою 1 рад/с^2 , $a_z = 0,1 \text{ м/с}^2$. Початкові координати і швидкості ланок позначають буквами з нульовим нижнім індексом.

На основі отриманих моделей кінематики маніпулятора розв'язують пряму та зворотню задачу кінематики. Її можна розв'язати аналітично.

2.4. Забезпечення освітнього процесу

Лабораторія «Датчики сенсори робототехнічних систем». Оснащення: струмовихрові датчики, ємнісні датчики, тензодатчики, прилади виміру складу оксиду вуглецю, відстані; мікроскопи мобільні, цифрові осцилографи, RLC-метри, інфрачервоні камери, датчики температури.

Спеціалізована аудиторія комп'ютерно-інтегрованих технологій. Оснащено проектором, екраном, комп'ютерами, захватом та маніпулятором підводного апарата, бездротовими камерами, кроковими двигунами та драйверами, лінійними приводами, дроном, мобільними автономними маніпуляторами та машинками, керованими по WiFi-каналю.

Описи завдань розміщено у системі дистанційного навчання Moodle для PhD-програми.

3. Підсумковий контроль

1. Моделі, типи, форми, класифікація.
2. Адекватність та критерії її оцінки.
3. Геометрична нерівність. Постановка задачі про оцінку нижньої границі величини адекватності.
4. Методи побудови моделі шляхом виокремлення елементів об'єкта або процесу в структурі RTS
5. Відокремлення штока плунжера як інструмент складання його моделі руху в складі паливного насоса.
6. Виокремлення елементарного нескінченно малого об'єму деталі як інструмент формування моделі технологічного процесу термообробки деталей.
7. Виокремлення елементу струни як інструмент будови опису коливань.
8. Побудова моделей елементів RTS.
9. Опис роботи та побудова моделі виштовхувача у формі ДУ другого порядку.
10. Розв'язок ДУ та початкові умови.
11. Модель електромагнітного гальма. Опис роботи та побудова моделі гальма у формі ДУ другого порядку. Розв'язок ДУ та початкові умови.
12. Наукові основи опису кінематики маніпуляторів та роботів.
13. Основні математичні засади опису руху точки і ланки роботів.
14. Матриці повороту.
15. Основні математичні засади опису руху точки ланки відносно ланки, що рухається.
16. Однорідні координати і матриці перетворень.
17. Побудова моделей кінематики та механіки маніпуляторів.
18. Моделі кінематики та завдання механіки маніпуляторів.

19. Кінематичний аналіз складових ланок маніпулятора. Метод Денавіта і Хартенберга.
20. Представлення матриці переходу з системи O_i в систему O_{i-1} через добуток матриць.
21. Представлення положення деякої довільної точки M в системі координат суміжної ланки. Рішення прямої задачі кінематики для довільної точки M .
22. Динаміка маніпуляторів промислових роботів. Силовий розрахунок маніпулятора, складання рівнянь динаміки маніпулятора.
23. Методи чисельні та аналітичні: Ньютона-Канторовича, квазілінеаризації та рекурентної апроксимації.
24. Методи знаходження кореня.
25. Методи наближеного розв'язку нелінійних алгебраїчних рівнянь та систем.
26. Методи розв'язку нелінійного диференційного рівняння.
27. Наближенні методи для перетворення моделі у диференційній формі до алгебраїчних форм для нелінійних та лінеаризованих задач.
28. Трирівневий компаратор. Представлення розвинення у ряд Тейлора із застосуванням трирівневих компараторів.
29. Представлення нелінійних диференційних моделей рекурентною алгебраїчною послідовністю.
30. Обробка цифрових даних та побудова апроксимаційних функцій як моделей за множинами експериментальних значень.
31. Апроксимація. Доведення вибору форми апроксимаційної функції.
32. Метод найменших квадратів.
33. Метод спрямлення координат.
34. Застосування апроксимації для перетворення нелінійних моделей.
35. Методи імітаційного моделювання.
36. Математична ймовірність. Функція розподілу, густина (щільність) ймовірності розподілу. Умова нормування розподілу неперервної випадкової величини.
37. Ймовірність попадання неперервної випадкової величини в проміжок.
38. Достовірність.
39. Характеристики ймовірнісних процесів.
40. Математичне сподівання.
41. Середнє квадратичне відхилення.
42. Вибірки. Порівняння вибірок. Критерій Стюдента, Фішера

4. Критерії оцінювання та засоби діагностики результатів навчання

№ з/п	Вид діяльності (завдання)	Максимальна кількість балів
1	Індивідуальні домашні завдання	20

	Задання № 1, 2 (10 балів · 2)	
2	Індивідуальні самостійні завдання. Задання № 3, 4(10 балів · 2)	20
3	Індивідуальні самостійні завдання. Задання № 5 (10 балів)	10
4	Практичні завдання виконані на парі (2 балів · 5)	10
4	Екзамен	40
	Всього	100

***Критерії оцінювання завдань
для досягнення максимальної кількості балів***

Перевірка отриманих знань та навичок студентами відбувається шляхом проведення усного опитування на практичних заняттях та виконання самостійних домашніх завдань (індивідуальне завдання).

Поточна рейтингова оцінка складається з балів, які студент отримує протягом засвоєння даної дисципліни □ виконання та захисту домашніх завдань, виступи на практичних заняттях. Якщо студент успішно (з позитивними за національною шкалою оцінками) виконав передбачені в даній дисципліні всі види навчальної роботи, то він допускається до екзамену.

Протягом семестру студент виконує три види завдань: Розв'язок задач за темами дисципліни в аудиторії; Розв'язок задачі за темами дисципліни в домашніх умовах та захищаються в аудиторії; презентація роботи у вигляді доповіді.

Якщо при виконанні студентом допускаються незначні неточності, то кількість балів зменшуються на 5 %. Якщо при виконанні студентом допускаються значні неточності, але принципи не викривлено то на 10 %, якщо помилки суттєві, то бали зменшуються на 20 %.

Форма підсумкового контролю навчання – екзамен.

Оцінювання роботи студентів здійснюється за принципами рейтингової системи. Вся робота за семестр оцінюється у 100 балів. Сорок балів студент отримує за умов якісного складання екзамену. Якщо проходження підсумкового контролю оцінується на «добре» або «задовільно», це відповідає 20 балам і 15 балам. Розподіл максимальної кількості балів по питанням здійснюється рівномірно – 10 балів за кожне питання. Задачі оцінюється таким чином: одна задача 3,33 бали а три – 10 балів.

Білету для підсумкового контролю:

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук
Кафедра АКІТ, Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Дисципліна «Моделювання нелінійних об'єктів і структурних засобів
комп'ютеризованих RTS-систем та дронів»

Білет № 0

1. Детерміновані моделі. Моделі, типи, форми, класифікація.
 2. Однорідні координати і матриці перетворень.
 3. Способи будови емпіричних моделей
- Д-р техн. наук, професор _____ О. М. Трунов
“ _____ ” _____ 202__р.
Зав. кафедрою _____
“ _____ ” _____ 202__р.

5. Рекомендовані джерела інформації

Основні

1. Великодний С. С. Моделювання систем. Конспект лекцій. Ч. 1. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2021. 92 с. URL: http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/9494/1/VelykodniySS_Modelyuvannya_skladnykh_protseviv_ta_system_1ch_KL_2021.pdf.
2. Виклюк Я. І., Камінський Р. М., Пасічник В. В. Моделювання складних систем : посіб. Львів : Новий Світ – 2000, 2020. 404 с.
3. Моделювання процесів і систем. Лабораторний практикум: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О. В. Савчук, О. М. Моргаль. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 220 с.
4. Обод І. І., Заволодько Г. Е., Свид І. В. Математичне моделювання систем : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ»; Друкарня МАДРИД, 2019. 268 с.
5. Уривський Л. О., Мошинська А. В., Осипчук С. О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 202 с.

Додаткові

6. Антонюк А. О. Моделювання систем : навч. посіб. / Ун-т держ. фіск. служби України. Ірпінь : Ун-т ДФС України, 2019. 412 с.
7. Моделювання систем в середовищі GPSS World : навч. посіб. / Я. І. Соколовський, Ю. В. Шабатура, Я. І. Виклюк [та ін.] ; за ред. В. В. Пасічника. Львів : Новий Світ – 2000, 2020. 288 с.
8. Trunov A., Beglytsia V., Gryshchenko G., Ziuzin V., Koshovyi V. Methods and tools of formation of general indexes for automation of devices in rehabilitative medicine for post-stroke patients. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4, No. 2 (112). P. 35–46. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239288. ISSN 1729-3774.
9. Byelozyorov Z., Trunov A. Increasing quality of the wireless module for monitoring and supervision of sound series of the expanded purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 6, No. 5 (114). P. 28–40. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.247658. ISSN 1729-3774.
10. Trunov A. Koshovyi V. The formation of method for evaluation of integral parameters of the patient's condition monitoring, forecasting of consolidated data. Advanced Information and Communication Technologies (AICT) : Proc. of the IEEE 4th Int. Conf., Lviv, Sept. 21–25, 2021. P. 189–192. DOI: 10.1109/AICT52120.2021.9628986.
11. Trunov A., Byelozyorov Z. Formation of a model for determining the coordinates according to the registration of the characteristic phases of the wave sources of sound anomalies. CSIT Proc. 2021. Vol. 1. P. 251–254. DOI: 10.1109/CSIT52700.2021.9648802.
12. Trunov A., Kazan P., Aliksieiev V., Korolova O., Sliusarenko O., Dronyuk I. Functioning model of the ground robotic complex. CSIT Proc. 2021. Vol. 2. P. 128–131. DOI: 10.1109/CSIT52700.2021.9648595.
13. Trunov A., Byelozyorov Z.O., Maltsev S.I., Skoroid M. Formation of a method for estimating the error of determining the coordinates of the source of a sound anomaly. CEUR Workshop Proc. 2022. Vol. 3137. P. 164–174.