

# Human-Robot Interaction and Autonomous Systems

AI 616

Master of Science in Artificial intelligence

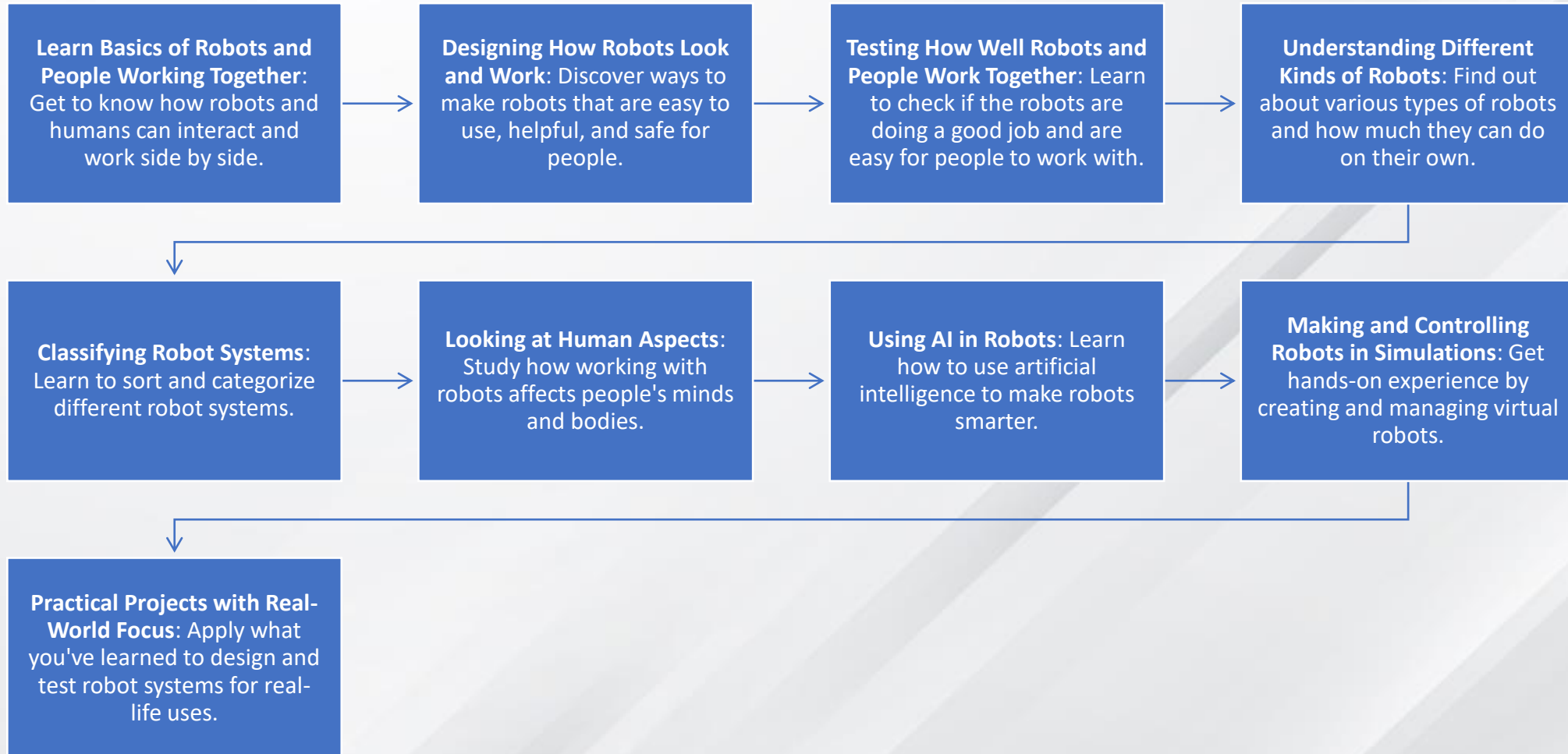
Prepared by Dr. Khaled Eskaf

## Lecture 1





## Learning Objectives





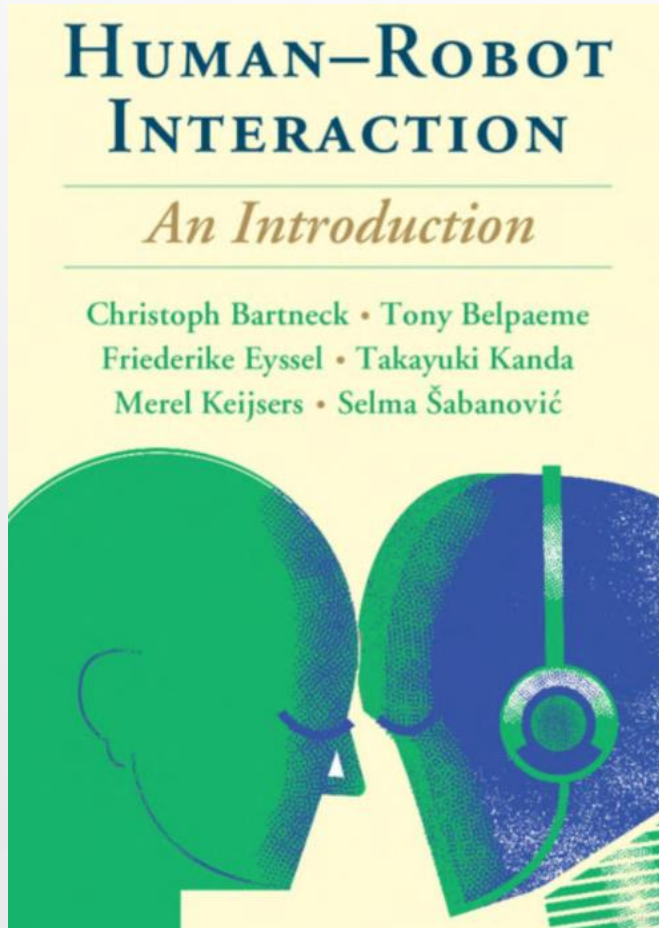
## Course Outlines

| Module                                     | Content                                                                                         | Simulation Lab                                                                        |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Introduction to Robotics</b>         | - Fundamentals of Robot Control -<br>Classification of Robotics -<br>Exploration of Robot Types | - Basic Robot Control - Modeling<br>Robot Classes - Simulating<br>Various Robot Types |
| <b>2. Advanced HRI Studies</b>             | - Introductory to Advanced<br>Concepts in HRI                                                   | - Basic to Complex HRI<br>Scenarios                                                   |
| <b>3. Social Dynamics in Robotics</b>      | - Architectures for Social<br>Interaction - Case Studies and<br>History of HRI                  | - Social Interaction Simulations -<br>Historical Evolution in HRI                     |
| <b>4. Strategic HRI System Design</b>      | - Core Principles and<br>Communication Strategies in HRI                                        | - Designing Interfaces -<br>Communication Protocol<br>Simulations                     |
| <b>5. HRI Efficiency and Effectiveness</b> | - Metrics for Mission Effectiveness<br>and Human Factors                                        | - Implementing and Analyzing<br>HRI Metrics                                           |
| <b>6. Innovative HRI System Design</b>     | - Exploring Innovative Designs<br>and Real-World Applications                                   | - Testing Innovative Designs -<br>Simulating Diverse Scenarios                        |
| <b>7. HRI System Classification</b>        | - Developing Comprehensive<br>Classifications                                                   | - Classification Application and<br>Case Studies                                      |
| <b>8. Human Factors in HRI</b>             | - Analyzing Ergonomics and<br>Human Factors                                                     | - Ergonomic Simulations -<br>Scenario-Based Human Factor<br>Analysis                  |
| <b>9. Robotics and AI Integration</b>      | - Theoretical Concepts and<br>Practical AI Applications                                         | - AI Algorithm Implementation -<br>AI-Driven HRI Modeling                             |
| <b>10. HRI Case Studies</b>                | - Mobile Assistive Robot Studies                                                                | - Designing and Testing Mobile<br>Assistive Robots                                    |

# Human-Robot Interaction An

## Introduction

By [Christoph Bartneck](#), [Tony Belpaeme](#), [Friederike Eysel](#), [Takayuki Kanda](#), [Merel Keijsers](#), [Selma Šabanović](#) · 2020

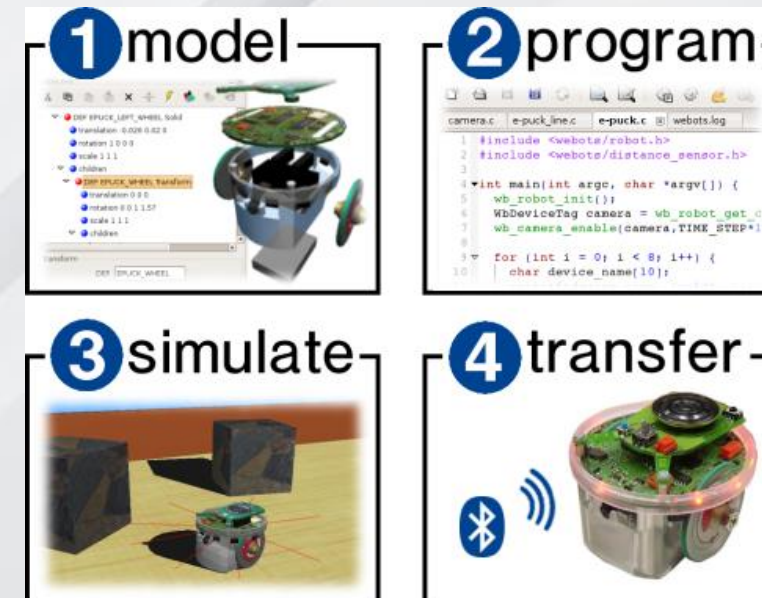


**Webots**

robot simulation

**Webots** is an open source and multi-platform desktop application used to **simulate** robots

<https://cyberbotics.com/>



# A Brief History of Robots

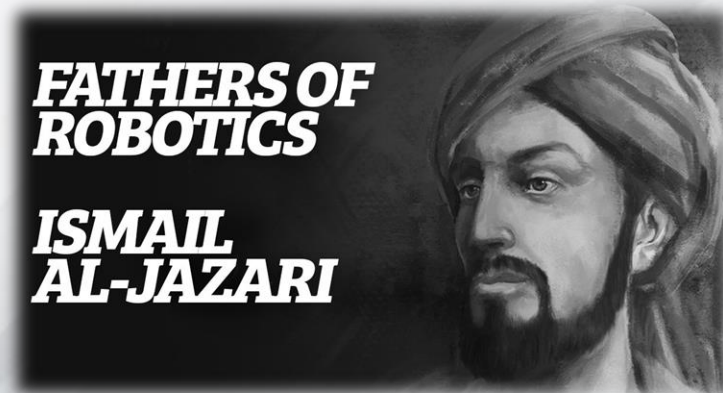
## Introduction: The Dawn of Robotics

Welcome to our exciting exploration into the world of robotics! Today, we embark on a fascinating journey, delving into the rich history that shapes modern robotics. From ancient innovations to cutting-edge technology, robotics is a field that has continually evolved, revolutionizing how we interact with machines.

### Ismail Al-Jazari: The Father of Robotics

Let's travel back to the 12th century, where Ismail Al-Jazari, a brilliant inventor, laid the groundwork for what we now call robotics. His ingenious creations, documented in his famous book, "The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices," include automata and mechanical devices that are considered the earliest forms of robotic technology.

Highlight: The remarkable 'Automaton Band,' a boat with four automatic musicians, demonstrates early concepts of programmable machines.



## 2. The Foundation of Modern Computation: Al-Khwarizmi

Al-Khwarizmi: The Father of the Algorithm

Moving forward, we meet a pivotal figure in the history of computation, Al-Khwarizmi. His work in the 9th century introduced the concept of the algorithm, a term derived from his name, which is the cornerstone of programming and control systems in robotics.

Impact: Without algorithms, the sophisticated programming that drives today's robots would not be possible.

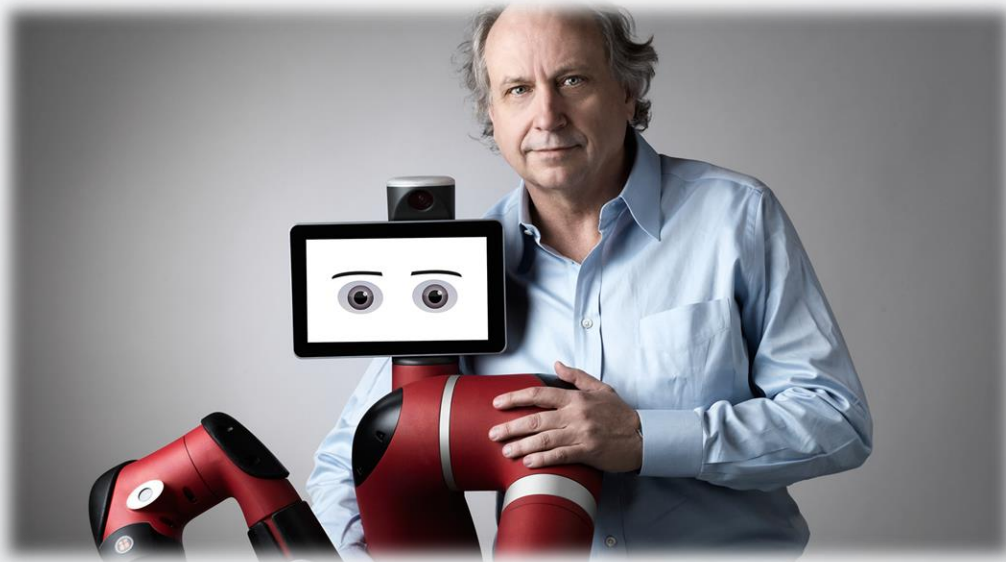


### 3. Contemporary Robotics: Standing on the Shoulders of Giants

#### Modern Innovators and Influencers

In our journey, we see the influence of these historical figures in contemporary robotics. Modern robotics pioneers, like **Rodney Brooks** with his work on autonomous robots, and **Hiroshi Ishiguro** with his human-like androids, are building upon the foundations laid by Al-Jazari and Al-Khwarizmi.

Current Trends: Today, robotics is a blend of engineering, computer science, and artificial intelligence, creating machines that can assist, enhance, and sometimes even replicate human actions.



Rodney Allen Brooks is an Australian roboticist, Fellow of the Australian Academy of Science, author, and robotics entrepreneur,

## HUMAN-LIKE ROBOT

Professor Dr. Hiroshi Ishiguro, the Director of the Intelligent Robotics Laboratory of the Department Systems Innovation, in the Graduate School of Engineering Science, at Osaka University, Japan interviewed by Ira Pastor ambassador IdeaXme.

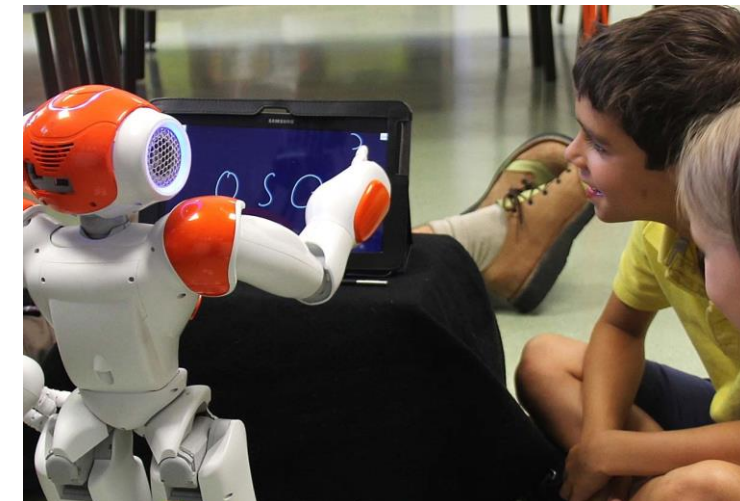




**MIDOCEAN**  
UNIVERSITY

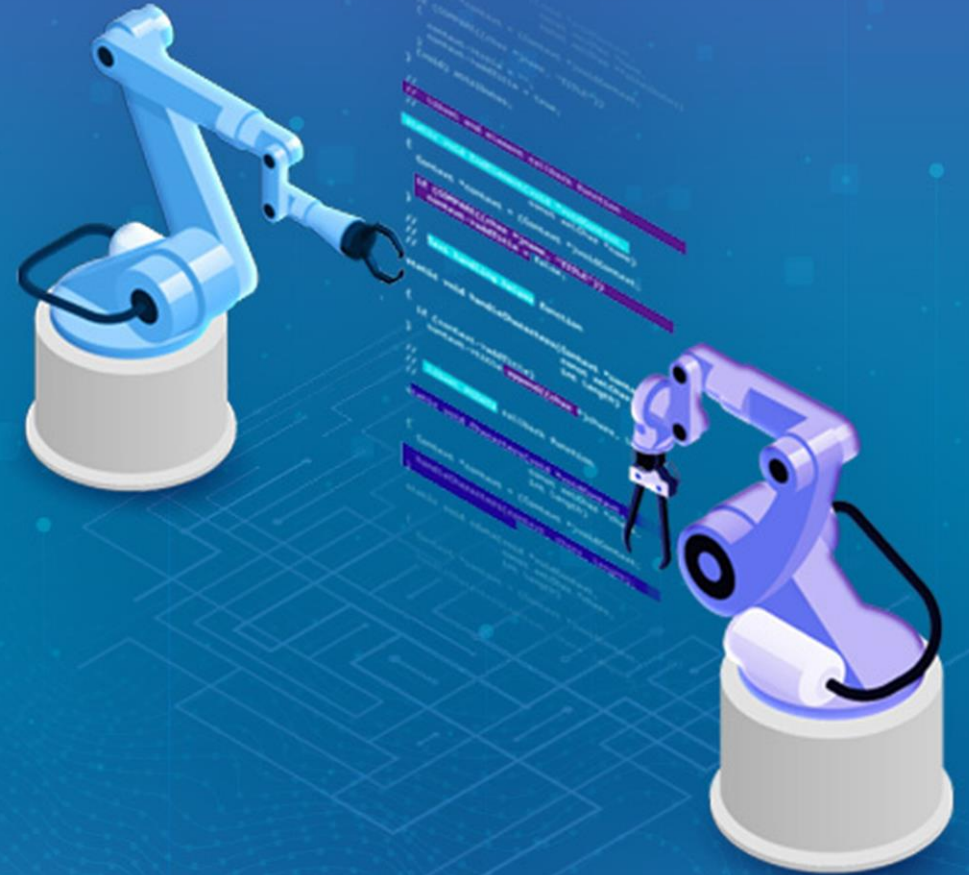


[www.midocean.ae](http://www.midocean.ae)



# Robot Control Basics

Learn various methods and techniques of modern robot control.



# Introduction to Robot Control

Objective: Understanding the Fundamentals of Robot Control

## 1. What is Robot Control?

### 1. Definition:

**1. Robot Control refers to the various methods and algorithms that enable a robot to perceive, navigate, and interact with its environment.**

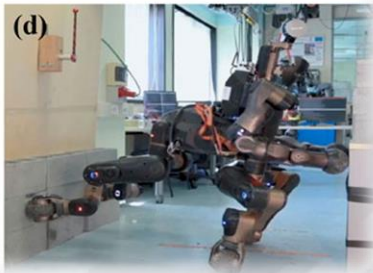
### 2. Simplified Explanation:

1. Think of it as teaching a robot how to understand and respond to the world around it.

ما هو التحكم بالروبوت؟  
تعريف:

يشير التحكم في الروبوت إلى الأساليب والخوارزميات المختلفة التي تمكن الروبوت من إدراك بيئته والتنقل فيها والتفاعل معها.  
شرح مبسط:

فكر في الأمر على أنه تعليم الروبوت كيفية فهم العالم من حوله والاستجابة له.



## 2. Why is Robot Control Important?

### 1. Key to Robot Performance:

1. Efficiency: Ensures that the robot can complete tasks quickly and accurately.
2. Safety: Critical for preventing accidents, especially when robots work near humans.
3. Functionality: Determines the range and quality of tasks a robot can perform.

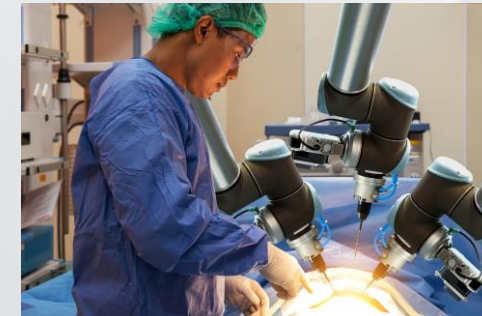
### 2. Everyday Examples:

1. A robot vacuum navigating around your house without bumping into furniture.
2. An industrial robot arm assembling parts with precision.

ما أهمية التحكم بالروبوت؟  
مفتاح أداء الروبوت:

الكفاءة: تضمن قدرة الروبوت على إكمال المهام بسرعة ودقة.  
السلامة: أمر بالغ الأهمية لمنع وقوع الحوادث، خاصة عندما تعمل الروبوتات بالقرب من البشر.  
الوظيفة: تحدد نطاق ونوعية المهام التي يمكن للروبوت القيام بها.  
أمثلة يومية:

مكنسة كهربائية روبوتية تتنقل في أرجاء منزلك دون الاصطدام بالأثاث.  
ذراع روبوتية صناعية تقوم بتجميع الأجزاء بدقة.



### 3.The Role of Control Systems in Robotics

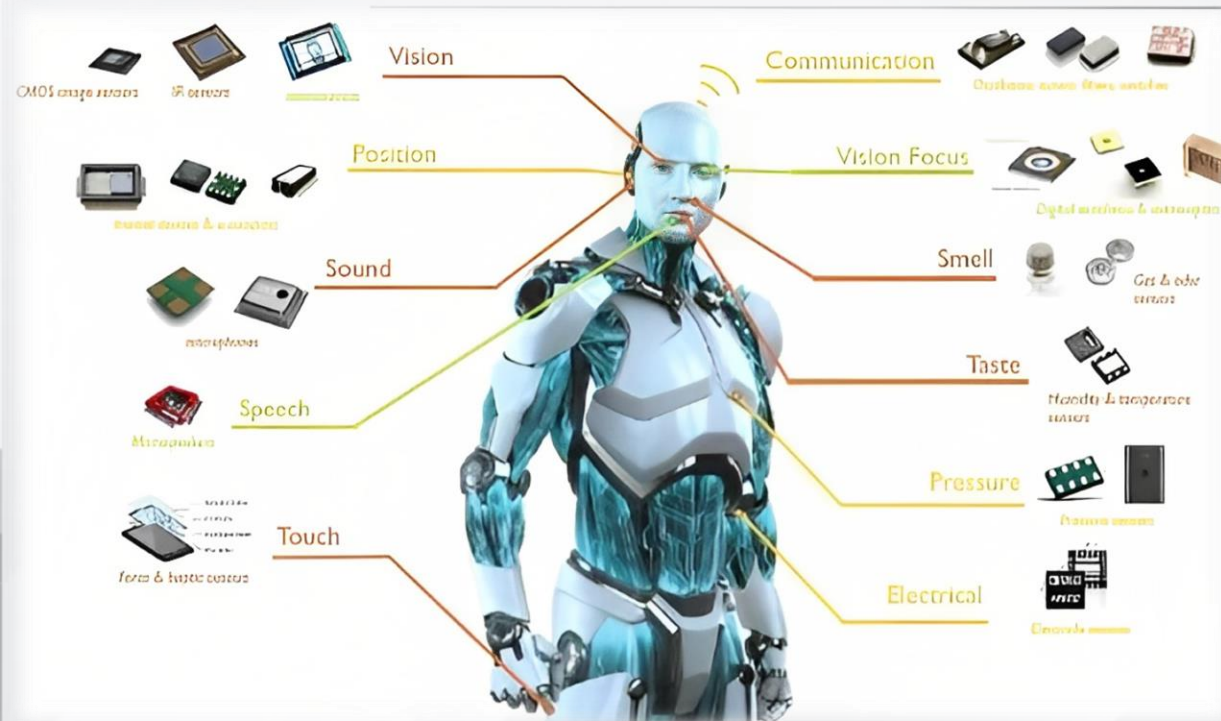
#### 1. Central to Robotic Applications:

1. Control systems act as the brain of a robot, making decisions based on the programming and sensors.

#### 2. Real-Life Implications:

1. From simple automated toys to complex machines in manufacturing and healthcare, control systems define how effectively a robot can operate.

(Beginner's Perspective: Similar to how we use our senses and brain to decide how to move and act, robots use control systems to guide their actions.)



دور أنظمة التحكم في الروبوتات  
المركزية للتطبيقات الروبوتية:  
تعمل أنظمة التحكم بمثابة عقل الروبوت، حيث تتخذ القرارات بناءً على البرمجة وأجهزة الاستشعار.

آثار الحياة الحقيقية:  
من الألعاب الآلية البسيطة إلى الآلات المعقدة في التصنيع والرعاية الصحية، تحدد أنظمة التحكم مدى فعالية الروبوت في العمل.  
منظور المبتدئين:

على غرار الطريقة التي نستخدم بها حواسنا وعقولنا لتحديد كيفية التحرك والتصرف،  
تستخدم الروبوتات أنظمة التحكم لتوجيه أفعالها.

# Basic Concepts in Robot Control

Objective: Core Concepts in Robotic Movement

**Kinematics:** علم الحركة

•**Definition:**

- Kinematics in robotics refers to the study of the motion of robots **without** considering the forces that cause this motion.
- It involves understanding how a robot moves from one point to another.

•**Simplified Explanation:**

- Imagine a robot arm that needs to reach a specific spot – kinematics helps us calculate the path and angles needed to get there.

•**Example:**

- Calculating the position of a robotic arm in a factory assembly line to ensure it reaches the right spot to pick up or place items.

الحركية : علم الحركة  
تعريف:

تشير علم الحركة في علم الروبوتات إلى دراسة حركة الروبوتات دون النظر إلى القوى المسببة لهذه الحركة. إنه ينطوي على فهم كيفية انتقال الروبوت من نقطة إلى أخرى.

شرح مبسط:

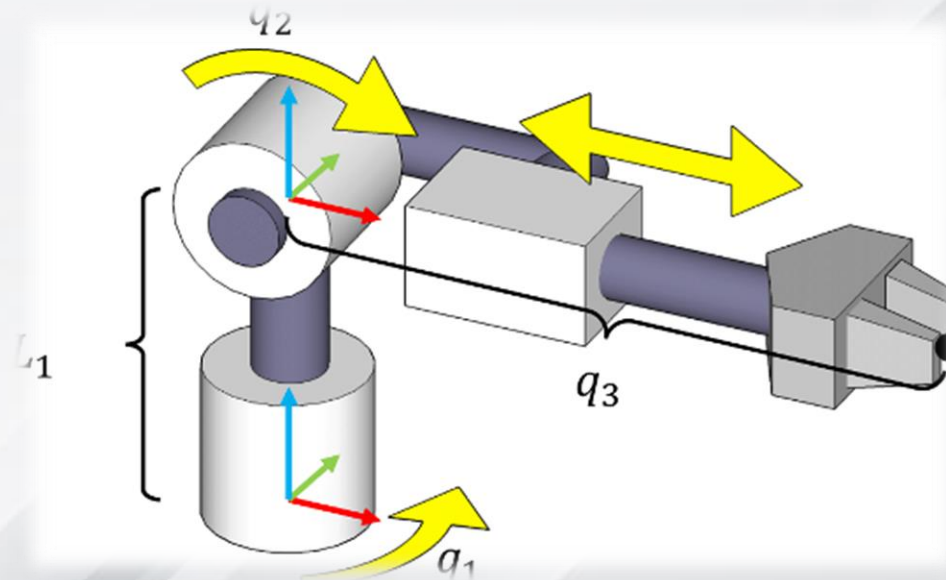
تخيل ذراعًا آليًا يحتاج إلى الوصول إلى مكان محدد -تساعدنا الحركية في حساب المسار والزوايا اللازمة للوصول إلى هناك. مثال:

حساب موضع الذراع الآلية في خط تجميع المصنع للتأكد من وصولها إلى المكان الصحيح لالتقاط العناصر أو وضعها.

# EXAMPLE

For example, if we move the robot's arm up, down, or in a circle, we're seeing kinematics in action - it's all about the movements, not what's making them happen!

على سبيل المثال، إذا قمنا بتحريك ذراع الروبوت لأعلى أو لأسفل أو في دائرة، فإننا نرى الحركات الحركية أثناء العمل - الأمر كله يتعلق بالحركات، وليس بما يجعلها تحدث!



# Dynamics:

## •Definition:

- Dynamics is about the forces and torques that cause the motion of robots. It considers the physical principles that govern movement.
- This includes how a robot's motors and gears work together to produce motion.

## •Simplified Explanation:

- Think of dynamics as understanding why and how a robot moves. For instance, how hard a robot should push or turn to move.

## •Example:

- Analyzing how a robot's wheels interact with the ground to move a robot forward, or how its motors adjust to lift a heavy object.

الديناميكيات :

تعريف:

تدور الديناميكيات حول القوى وعزم الدوران التي تسبب حركة الروبوتات. ويأخذ في الاعتبار المبادئ المادية التي تحكم الحركة.

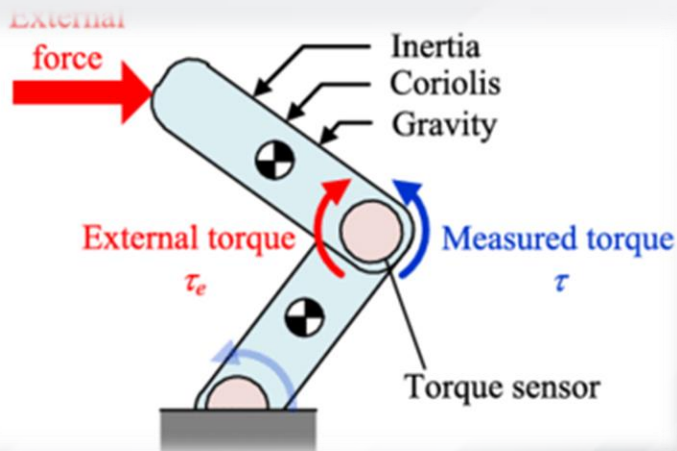
يتضمن ذلك كيفية عمل محركات الروبوت وتروسه معًا لإنتاج الحركة.

شرح مبسط:

فكر في الديناميكيات على أنها فهم لماذا وكيف يتحرك الروبوت. على سبيل المثال، مدى القوة التي يجب أن يدفع بها الروبوت أو يستدير للتحرك.

مثال:

تحليل كيفية تفاعل عجلات الروبوت مع الأرض لتحريك الروبوت للأمام، أو كيفية ضبط محركاته لرفع جسم ثقيل.



**1.Forces:** This is like a push or a pull. If you push a toy car, it moves, right? That's a force. Robots use forces to move their arms, legs, or wheels.

**2.Torques:** This is a twisty force. Think of opening a jar of cookies by twisting the lid - that's using torque. Robots use torques to turn their heads or twist their arms.

Now, how do robots get these powers? They have motors and gears, kind of like the muscles and bones in your body.

•**Motors:** These are like robot muscles. They help the robot to move. When the robot wants to lift its arm, the motor works like your muscle does when you lift something.

•**Gears:** These are like the bones in your hand that help you grab and hold things. Gears work with the motors to control how fast or how strong the robot's movement should be.

When robots move, they have to think about how hard to push or pull, and how much to twist, just like you decide how hard to throw a ball or turn a doorknob. All of this helps the robot to walk, pick things up, or do a fun dance!

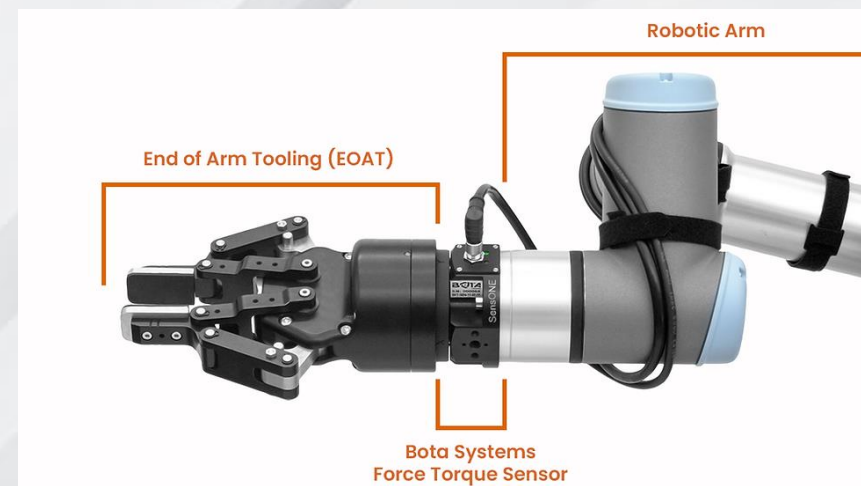
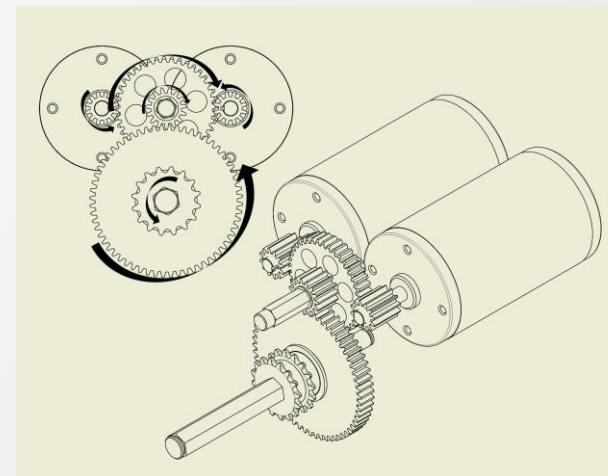
So, robot dynamics is like learning the best ways to use robot superpowers (forces and torques) with their muscles and bones (motors and gears) to move around and do cool stuff!

تستخدم الروبوتات **القوة** لتحريك أذرعها أو أرجلها أو عجلاتها. إذا قمت بدفع سيارة لعبة، فإنها تتحرك، أليس كذلك؟ هذه قوة. مثل الدفع أو السحب: القوى تستخدم الروبوتات **عزم الدوران** لإدارة رؤوسها أو لف. وهذا باستخدام عزم الدوران -فكر في فتح وعاء من البسكويت عن طريق لف الغطاء. هذه قوة ملتوية: عزم الدوران أذرعها.

والآن، كيف تحصل الروبوتات على هذه القوى؟ لديهم **محركات** وتروس، مثل العضلات والعظام في جسمك عندما يريد الروبوت رفع ذراعه، يعمل المحرك بنفس الطريقة التي تعمل بها عضلاتك عندما ترفع. أنها تساعد الروبوت على التحرك. تشبه عضلات الروبوت: المحركات شيئاً ما.

تعمل **التروس** مع المحركات للتحكم في مدى سرعة أو قوة حركة الروبوت. تشبه العظام الموجودة في يدك، وتساعدك على الإمساك بالأشياء والإمساك بها: التروس كل هذا. عندما تتحرك الروبوتات، عليها أن تفكر في مدى صعوبة الدفع أو السحب، ومدى قوة الالتواء، تمامًا مثلما تقرر مدى صعوبة رمي الكرة أو إدارة مقبض الباب! يساعد الروبوت على المشي أو التقاط الأشياء أو القيام برقصة ممتعة.

للتحرك والقيام (المحركات والتروس) مع عضلاته وعظامه (القوى وعزم الدوران)لذا، فإن ديناميكيات الروبوت تشبه تعلم أفضل الطرق لاستخدام القوى الخارقة للروبوت بأشياء رائعة!



# Control Algorithms in Robotics

Objective: The Role of Control Algorithms in Robotics

## What are Control Algorithms?

### •Definition:

- Control Algorithms in robotics are sets of step-by-step instructions that guide a robot's actions and decisions.
- They are like recipes that tell the robot how to respond to various situations.

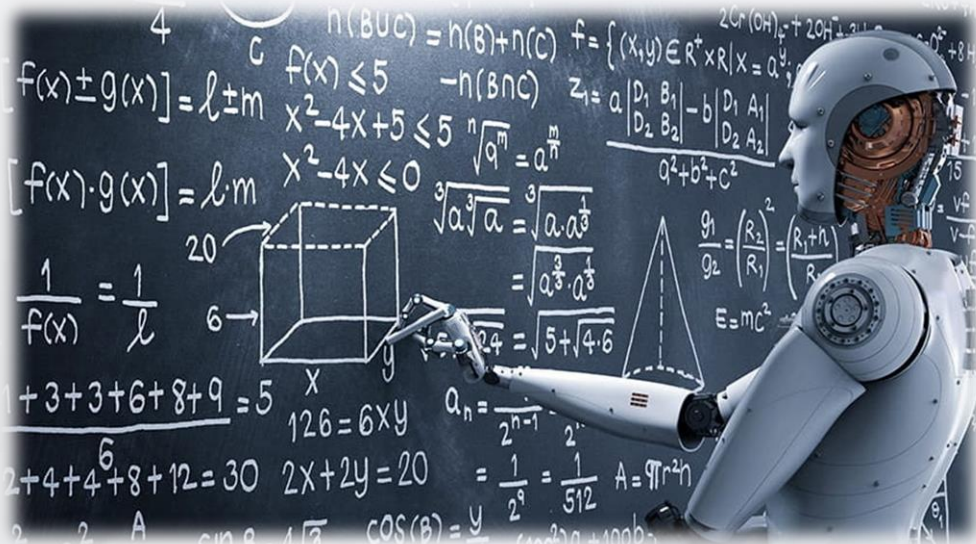
### •Simplified Explanation:

- Imagine telling a friend how to get to a nearby store – you give specific instructions (turn left, go straight, etc.). Control algorithms do the same for robots, guiding them on what to do and when.

ما هي خوارزميات التحكم؟  
تعريف:

خوارزميات التحكم في الروبوتات هي مجموعات من التعليمات خطوة بخطوة التي توجه تصرفات الروبوت وقراراته. إنها مثل الوصفات التي تخبر الروبوت بكيفية الاستجابة للمواقف المختلفة. شرح مبسط:

تخيل أنك تخبر صديقًا بكيفية الوصول إلى متجر قريب - فأنت تعطي تعليمات محددة (اتجه يسارًا، اتجه مباشرة، وما إلى ذلك). (تفعل خوارزميات التحكم الشيء نفسه بالنسبة للروبوتات، حيث توجهها بشأن ما يجب فعله ومتى.



## Examples of Control Algorithms in Robotics:

### •Line-Following Algorithm:

- A basic but practical example where a robot follows a predefined path, like a line on the floor. Used in automated guided vehicles in factories.

### •Obstacle Avoidance Algorithm:

- This algorithm helps a robot detect and navigate around obstacles. Imagine a robot vacuum that changes direction when it encounters a chair leg.



أمثلة على خوارزميات التحكم في الروبوتات:

خوارزمية تتبع الخط:

مثال أساسي ولكن عملي حيث يتبع الروبوت مسارًا محددًا مسبقًا، مثل خط على الأرض. تستخدم في المركبات الموجهة الآلية في المصانع.

خوارزمية تجنب العوائق:

تساعد هذه الخوارزمية الروبوت على اكتشاف العوائق والتنقل حولها. تخيل مكنسة كهربائية روبوتية تغير اتجاهها عندما تصطدم بساق الكرسي.



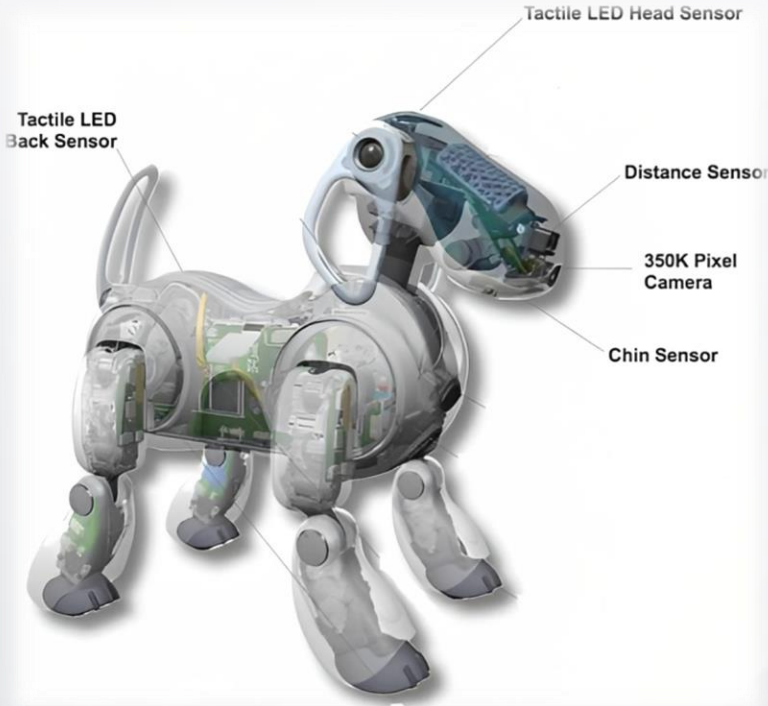
# Key Insight: Algorithms as the 'Brains' of Robots

## •Importance:

- Algorithms are crucial because they determine how a robot interprets data from its sensors and then decides what actions to take.

## •In Real Life:

- Just as our brains process information and make decisions, control algorithms serve a similar purpose for robots, making them smart and responsive.



البصيرة الرئيسية: الخوارزميات باعتبارها "أدمغة" الروبوتات  
أهمية:

تعتبر الخوارزميات حاسمة لأنها تحدد كيفية تفسير الروبوت للبيانات من أجهزة الاستشعار الخاصة به ومن ثم تحديد الإجراءات التي يجب اتخاذها. في الحياة الحقيقية:

مثلما تقوم أدمغتنا بمعالجة المعلومات واتخاذ القرارات، فإن خوارزميات التحكم تخدم غرضًا مشابهًا للروبوتات، مما يجعلها ذكية وسريعة الاستجابة.

# Practical Example - Robotic Car Movement

Objective: Step-by-Step Example: Programming a Robotic Car

## Steps:

### 1. Programming the Robotic Car:

#### 1. Action: Writing Simple Code

1. We start by writing a basic code snippet. This code will send a command to the robotic car's motor to start moving. (For Beginners: Think of this like writing a note telling someone to start walking forward).

Code Example:

```
motor.start(speed);
```

This line of code 'tells' the car's motor to start running at a specified speed.

مثال عملي - حركة السيارة الروبوتية  
الهدف: مثال خطوة بخطوة: برمجة سيارة روبوتية  
خطوات  
برمجة السيارة الروبوتية:  
الإجراء:

كتابة تعليمات برمجية بسيطة نبدأ بكتابة مقتطف التعليمات البرمجية الأساسي. سيرسل هذا الرمز أمرًا إلى محرك السيارة الآلية لبدء التحرك. للمبتدئين: فكر في هذا مثل كتابة ملاحظة تطلب من شخص ما أن يبدأ في المضي قدمًا.

## Executing the Code:

### •Action: Uploading and Running the Code

- Next, we upload this code to the robotic car's microcontroller - the car's brain.
- **Visualization:** Imagine transferring your written note to a robot and watching it read and follow your instructions.
- **Observation:**
  - Watch how the car responds. Does it move forward smoothly, or does it stutter?

تنفيذ الكود: الإجراء: تحميل التعليمات البرمجية وتشغيلها

## Adjusting the Code:

### •Action: Modifying Parameters for Different Outcomes

- Based on our observations, we can adjust the code to change the car's speed or direction.
- **Experimentation:**
  - Try increasing the speed value in the code, or add commands for the car to stop or turn.
- **Code Adjustment Example:**

```
motor.start(newSpeed);  
motor.turn(direction);
```

تعديل الكود: الإجراء: تعديل المعلمات لنتائج مختلفة

Adjust 'newSpeed' and 'direction' to see different movement patterns.

# TYPES OF ROBOTS



## AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS (AMRS)

Moves through an environment autonomously without a guided path.



## AUTOMATED GUIDED VEHICLES (AGVS)

Moves through an environment following a guided path.



## ARTICULATED ROBOTS

Has rotary joints that often resemble a human arm.



## HUMANOIDS

Resemble humans, also called an android.



## COBOTS

Intended for direct interaction with humans within a shared space.



## HYBRIDS

Consists of both electronic and biological elements.

# Robotics Classification - Capabilities and Applications

**Objective:** Understanding Robotics: Capabilities and Applications

## •Operational Capabilities

- **Industrial Robots:** For manufacturing tasks like assembly and welding.
- **Service Robots:** Used in non-industrial settings such as homes, hospitals.

## •Application Areas

- **Medical Robots:** In surgeries and rehabilitation.
- **Military Robots:** For surveillance and defense.
- **Space Robots:** Employed in space exploration and operations.

تصنيف الروبوتات – القدرات والتطبيقات  
الهدف: فهم الروبوتات: القدرات والتطبيقات التشغيلية  
الروبوتات الصناعية :  
لمهام التصنيع مثل التجميع واللحام.  
روبوتات الخدمة :  
تستخدم في البيئات غير الصناعية مثل المنازل والمستشفيات. مجالات  
التطبيق الروبوتات الطبية :  
في العمليات الجراحية وإعادة التأهيل.  
الروبوتات العسكرية: للمراقبة والدفاع.  
الروبوتات الفضائية: تستخدم في استكشاف الفضاء وعملياته.



# Robotics Classification - Locomotion and Autonomy

**Objective:** Exploring Robotics: Locomotion Methods and Autonomy Levels

## •Locomotion Methods

- **Wheeled Robots:** Common in various environments, stable and efficient.
- **Legged Robots:** Navigate uneven terrain, from bipedal to multi-legged.
- **Aerial and Aquatic Robots:** Specialized for air and water environments.

تصنيف الروبوتات – الحركة والاستقلالية  
الهدف:

استكشاف الروبوتات: طرق الحركة ومستويات الحكم الذاتي  
طرق الحركة

الروبوتات ذات العجلات: شائعة في بيئات مختلفة، مستقرة وفعالة.  
الروبوتات ذات الأرجل: تنتقل في التضاريس غير المستوية، من ثنائية الأقدام إلى متعددة الأرجل.  
الروبوتات الجوية والمائية: متخصصة في البيئات الهوائية والمائية.



## •Levels of Autonomy

- **Manual Robots:** Fully controlled by humans.
- **Semi-Autonomous Robots:** Some tasks independently, some human input needed.
- **Fully Autonomous Robots:** Operate without human intervention.

## •Special Mentions

- **Humanoid, Collaborative (Cobots), and Swarm Robots:** Highlighting advanced, cooperative, and collective robot types.

مستويات الحكم الذاتي

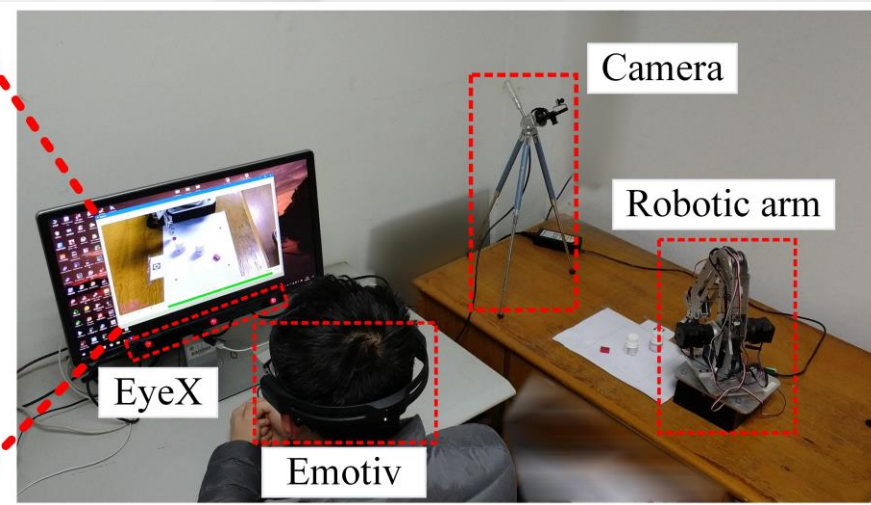
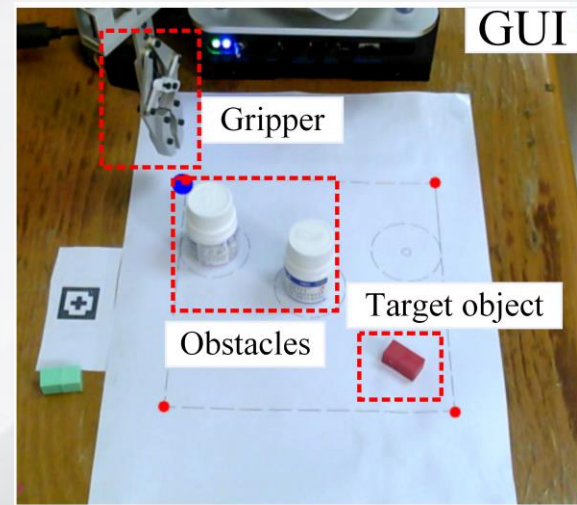
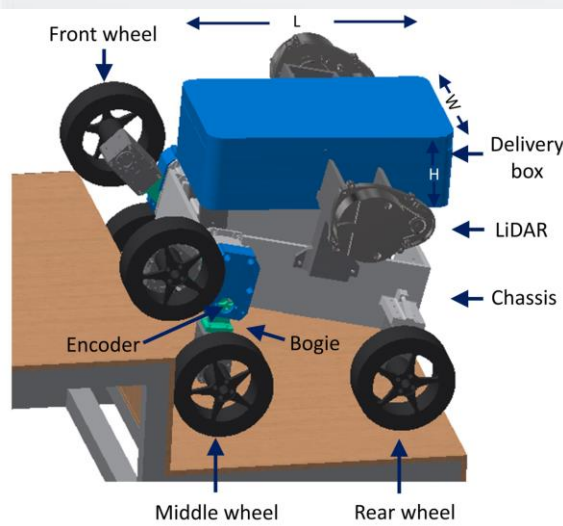
الروبوتات اليدوية: يتم التحكم فيها بالكامل من قبل البشر.

الروبوتات شبه المستقلة: بعض المهام بشكل مستقل، وبعض المدخلات البشرية مطلوبة.

الروبوتات المستقلة بالكامل: تعمل دون تدخل بشري.

إشارات خاصة

الروبوتات البشرية والتعاونية (الروبوتات) (والروبوتات السريعة: تسليط الضوء على أنواع الروبوتات المتقدمة والتعاونية والجماعية).



## PROFESSIONAL

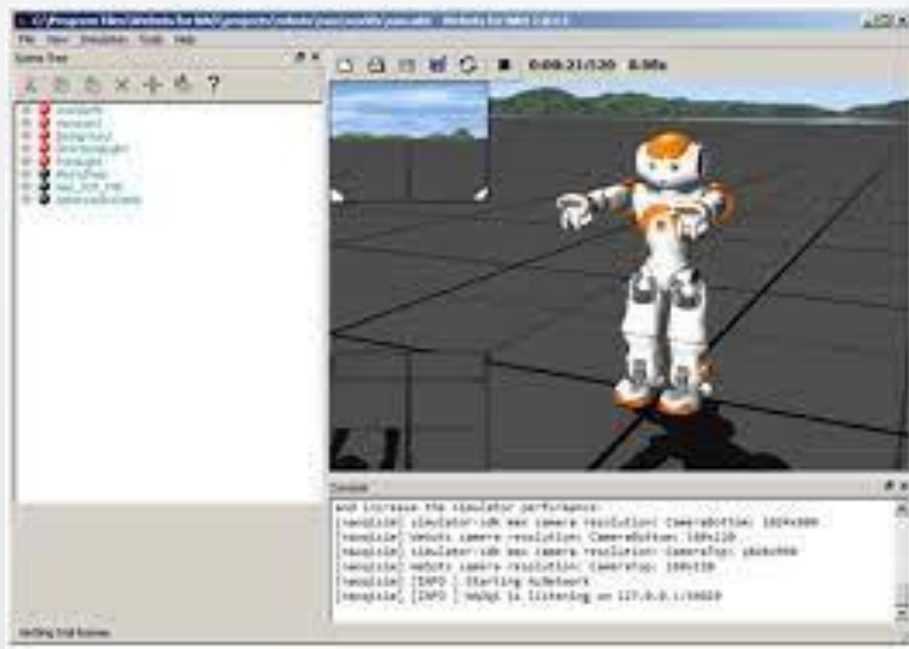


## PERSONAL





**Webots**  
robot simulation





مجموعة جامعة  
الجميع الذكية  
للتعليم القابضة

MIDOCEAN  
UNIVERSITY



# Thank You

