

كيف تبني «روبوت» حقيقي؟

١- مفاهيم أساسية

مهندس علاء خميس

مدرس مساعد بكلية هندسة البترول - جامعة قناة السويس

بدون ذكاء اصطناعي.
Centralized Control: آلات متعددة
بتحكم مركزي باستخدام عقل واحد.
Distributed Robot Systems:
منظومة «روبوتات» موزعة.
Swarm Systems: منظومات
«روبوتات» متعددة.

وسوف نعطي فكرة مبسطة عن
منظومات «الروبوتات» المتعددة.. على
أن نركز - فيما بعد - على
«الروبوت» أحادي الهيكل والعقل.

منظومات «الروبوت» المتعددة Multi-Robot Systems

في عام ١٩٩٦ أرسل «الروبوت»
Pathfinder Rover - شكل رقم
(٣) - أول صور فوتوغرافية عن
كوكب المريخ.. وذاعت شهرته
باعتباره أول «روبوت» يصل إلى
الكوكب الأحمر. وتعتزم وكالة
أبحاث الفضاء الأمريكية NASA..
إرسال نموذجيين محسنين من
هذا «الروبوت» - العام المقبل
٢٠٠٣ - إلى كوكب المريخ لدراسة
المناطق المحتمل وجود ماء بها
واحتمالية وجود حياة على سطح
هذا الكوكب.. وسيكون لكل «روبوت»
منهما القدرة على التجوال بسرعة
١٠٠ م/يوم.. ويزن الواحد منهما
١٣٠ كجم.. ومن المتوقع أن يمكثا على
سطح المريخ ٩٠ يوماً.

وفي منظومات «الروبوتات»
المتعددة.. يستخدم أكثر من «روبوت»
لأداء مهمة أو عدة مهام تتضافر لإتمام
المهمة المكلفة بها المنظومة بهدف
زيادة اعتماديتها.. وتقليل زمن
إتمام المهمة من خلال توزيعها على
«روبوتات» متعددة. يلخص الشكل
رقم (٤) التقسيمات العددية
للروبوتات المتعددة.



شكل رقم (٣): الروبوت "Attila"



شكل رقم (١): الروبوت "Pathfinder"

الاصطناعي - بأنه علم يهدف إلى
تصنيع آلة لها القدرة على القيام
بمهام تتطلب ذكاءً إذا ما قام بها
الإنسان. وبنظرة سريعة في حياتنا..
نجد أن هناك مهاماً كثيرة تتطلب
ذكاءً لتأديتها يمكن تأديتها باستخدام
الحاسب - مثل عملية حسابية معقدة
- إلا أن هناك مهاماً أخرى يقوم بها
الإنسان بدون تفكير.. يصعب أو
يكاد يكون مستحيلًا تنفيذها
باستخدام الآلة.. مثل التعرف على
وجه إنسان. لذلك.. فإن أبحاث
الذكاء الاصطناعي تتركز حالياً على
مهام التعرف والحدس والحكم
المنطقي.

منظومات «الروبوت»

يتكون «الروبوت» من جزئين
أساسيين هما: الهيكل Body باعتباره
آلة ميكانيكية - والعقل Brain الذي
يميز «الروبوت» عن بقية الآلات
الميكانيكية بحيث يمكنه أداء مهام
بنفس الأسلوب الذي يؤديها بها
الإنسان.. مثل «الروبوتات» التي
تقوم بتقديم الرعاية الصحية
بالمستشفيات والتي يمكنها القيام
بوظيفة المرشد السياحي داخل
المتاحف.. إلخ. يوضح الشكل رقم
(٢) العلاقة بين هذين الجزئين
والذين يمكن من خلالهما توضيح
التطور في منظومات «الروبوت»..
ومن المصطلحات التي تضمنها هذا
الشكل:

AI: منظومة ذكاء اصطناعي.
DAI: منظومة ذكاء اصطناعي
موزعة.
Robotics: منظومة تتكون من
«روبوت» واحد.
Multi-agent: آلة بها منظومة ذكاء
اصطناعي موزعة.
Machine: آلة لا تتمتع بالذكاء
الاصطناعي.
Multiple-Machines: آلات متعددة

تركيبه العام.

إلا أن هناك من العوامل.. ما يجعل
قدرات «الروبوت» محدودة.. مثل:

- تغير البيئة المحيطة وعدم قابليتها
للتوقع أو المحاكاة أو التمثيل الدقيق..

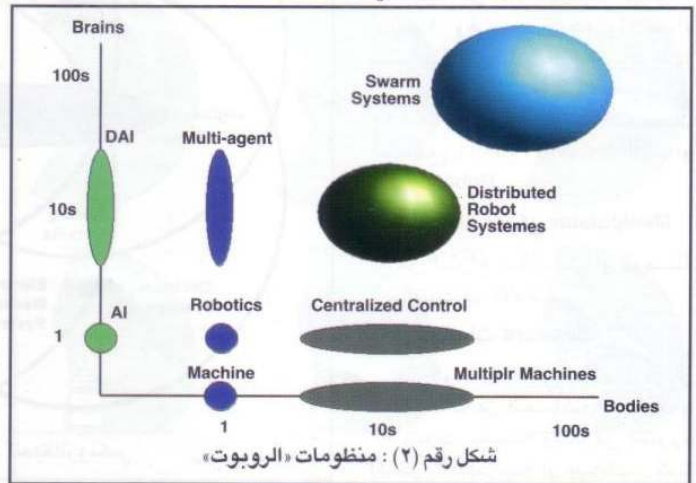
- بساطة النماذج المستخدمة وعدم
دقتها لاستحالة الحصول على نموذج
مثالي ودقيق بنسبة ١٠٠٪ للبيئة.

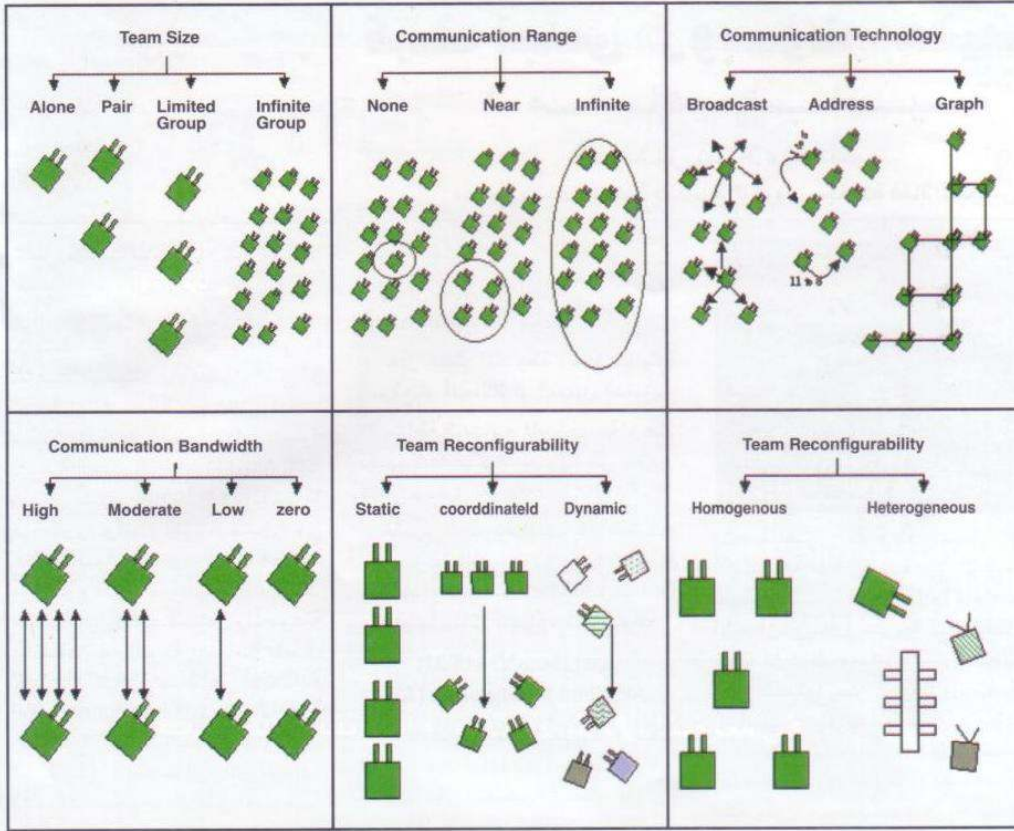
- القدرة المحدودة للنهائيات الطرفية
للروبوت» التي يؤدي بها المهمة
المكلف بها Robot Effectors
وقابليتها للتأثر بالضوضاء المحيطة.

الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence (AI)

هناك أجهزة متعددة - مثل
الحاسبات - لها قدرة محدودة إلى
حد ما على التفكير واتخاذ القرار..
مما يجعل العلماء يتطلعون إلى تطوير
آلات تتمتع بخاصية الذكاء
الاصطناعي حتى يكون لها قدرات
عقلية مثل الإنسان. وقد بدأت أبحاث
الذكاء الاصطناعي على يد العالم
الرياضي الإنجليزي "Alan Turing"
(1912 - 1954) بمعهد "MIT" حيث
ابتكر اختبار "Turing" لتحديد مدى
ذكاء آلة ما.. وهو ما اصطلح على
تسميته بلعبة المحاكاة.. حيث يقوم
إنسان ما بتوجيه مجموعة من
الأسئلة كتابة إلى الآلة وإلى إنسان
آخر في غرف منفصلة.. وإذا لم
يتمكن السائل من تحديد مكان الآلة
فحينئذ تكون الآلة ذكية. وبعد ذلك..
قدم العالم "Marvin Minsky" تعريفاً
دقيقاً لهذا المصطلح - الذكاء

من حيث الشكل العام.. يمكننا
تقسيم «الروبوتات» إلى نوعين
أساسيين.. النوع الأول منها يشبه
الإنسان في تركيبه العام وهو ما
شاعت تسميته بالإنسان الآلي أو
Humanoid.. أما النوع الثاني فيتخذ
أشكالاً متعددة تجمع بينها خاصية
ذاتية الحركة أو Self-moving
ويطلق عليها Automat. وإذا نظرنا
إلى «الروبوتات» التي ظهرت في
أفلام الخيال العلمي.. نجد معظمها
من النوع الأول حيث تتميز بقدرات
فائقة على الإحساس والمعرفة
والتفاعل مع البيئة المحيطة بفضل
تقنيات الذكاء الاصطناعي Artificial
Intelligence (AI) المبالغ في
وصفها. أما في عالم «الروبوت»
الحقيقي.. فنجد أن «الروبوتات»
قدرات محدودة على المعرفة
والإحساس والتفاعل مع البيئة
المحيطة. لذا.. فإن علماء معهد "MIT"
الأمريكي يرون أنه من الأوقع البدء
في تصنيع «روبوتات» لها قدرة
الحشرات العقلية قبل محاولة تصنيع
«روبوتات» لها قدرة الإنسان على
المعرفة والإدراك واتخاذ القرار.
ومن هنا كان تفضيلهم إطلاق لفظ
«الحشرات الاصطناعية» أو Arti-
cial Insects على مصطلح (AI).
ويصور الشكل رقم (١) «الروبوت»
Attila المصنع في معهد "MIT"
والذي يتمتع بـ ١٩ درجة حرية
حركة Degree of Freedom (DOF)
ويحتوي على ٦٠ حساس
Sensor و ٨ شرائح دقيقة Mi-
crosips.. ويتخذ شكل الحشرة في





شكل رقم (٤) : تقسيمات منظومات «الروبوتات» المتعددة

– **النهاية الطرفية End-Effector**: عادة ما تكون اليد المتصلة بذراع «الروبوت» مختلفة عن اليد البشرية.. فقد يمكن أن تكون ماسكاً Gripper أو أنبوبية فراغية أو مقصاً أو مشربطاً أو موقد لحام Blowtorch أو أي شيء يساعد في أداء المهمة المكلف بها «الروبوت». ويمكن في بعض أنواع «الروبوت» تغيير هذا الجزء ليطبق المهمة المبرمج لأدائها.

– **الذراع Arm**:

هو الجزء من «الروبوت» الذي تثبت به النهاية الطرفية والحساسات لتمكينه من أداء المهمة المبرمج عليها.. وهي ذات أشكال وأحجام مختلفة. ويطلق على «الروبوتات» التي لها أذرع تشبه الذراع البشري (كتف - كوع - رسغ - أحياناً أصابع) Jointed-arm Robots.. أو Robotic Arm.

– **المعالج الميكانيكي Manipulator**:

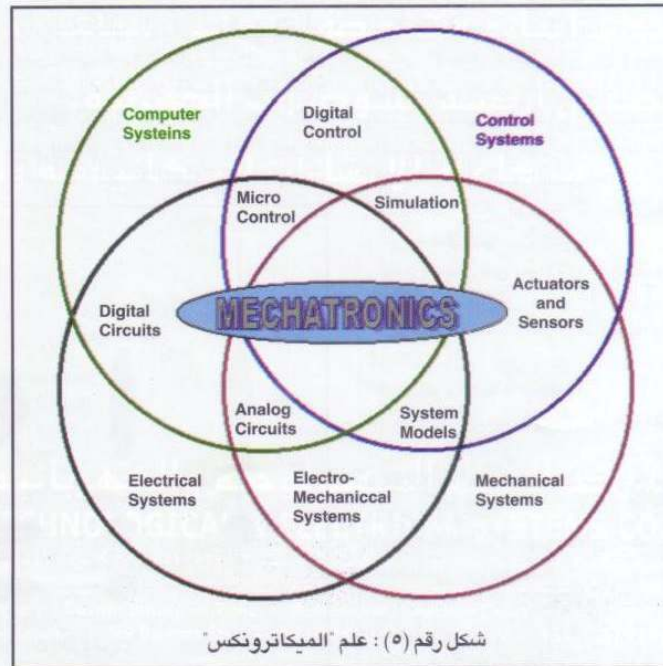
هو الذراع الميكانيكي أو الوصلة التي تثبت بها الأداة.

– **الحساسات Sensors**:

هي الوحدات التي يمكنها إرسال معلومات عن البيئة المحيطة أو «الروبوت» نفسه وذلك في صورة إشارات كهربية أو بيانات.. كما

ولأسفل درجة حرية خامسة.. وتعطي حركته لليمين واليسار الدرجة السادسة. وإذا أخذنا في الاعتبار حركة الكف والأصابع.. يمكننا ملاحظة درجات حرية حركة أخرى. يوضح الشكل رقم (٧) «روبوت» يتمتع بست درجات حرية حركة.

الكتف بدرجتين من حرية الحركة حيث يمكنه الدوران لأعلى أو لأسفل أو للأمام أو للخلف في اتجاهين زاويين.. أما الجزء السفلي من الذراع فنجد أنه يتمتع بثلاث درجات حرية.. ويوفر دوران الرسغ درجة حرية الحركة الرابعة.. بينما توفر حركة الرسغ لأعلى



شكل رقم (٥) : علم «الميكاترونكس»

«الروبوت» أحادي الهيكل والعقل

إن بناء «روبوت» حقيقي ليس بالأمر السهل.. خاصة إذا تفهنا الفرق بين «الروبوت» والآلة العادية.. حيث يعرف «الروبوت» الحقيقي على أنه آلة ذاتية التحكم.. تحتاج عادة إلى أمر بداية تشغيل من المشغل البشري للبدء في أداء مهام متعددة.. لذا.. فإن درجة التعقيد في عملية بناء «روبوت» حقيقي تعتمد على المتطلبات الواجب توافرها في «الروبوت» مثل ذاتية الحركة المطلقة.. وبالتالي القدرة على اكتشاف البيئة المحيطة والتعامل مع متغيراتها.. أو الحاجة مثلاً للقدرة على التخاطب وفهم اللغات الحية أو الرغبة في توفير حاسة اللمس أو الشم.. إلخ.

مصطلحات شائعة

قبل البدء في عملية بناء «روبوت» حقيقي.. يجب معرفة وفهم بعض المصطلحات شائعة الاستخدام..

– **الميكاترونكس Mechatronics**:

هو العلم الذي يجمع العناصر الأساسية لعلوم الهندسة الميكانيكية والكهربية والالكترونيات وهندسة التحكم وعلوم الحاسب - شكل رقم (٥).

– **نطاق العمل Working Envelop**:

يتحدد نطاق العمل «لروبوت» ما من خلال شكل منظومته الميكانيكية.. حيث أن لكل وصله من وصلات «الروبوت» الميكانيكية مدى حركة محدد. ويتجمع مدى الحركة لكل الوصلات.. يمكن تحديد نطاق عمل «الروبوت» والذي يمكن تعريفه على أنه كل النقاط الفراغية التي يمكن أن يصل إليها في الفراغ المحيط به. يوضح الشكل رقم (٦) نطاق عمل أحد «الروبوتات».

– **درجة حرية الحركة Degree of Freedom (DOF)**:

تعرف درجة حرية حركة «الروبوت» على أنها اتجاه «الروبوت» عند تحرك أحد وصلاته الميكانيكية.. حيث تشير كل وصله إلى درجة حرية حركة. ومعظم «الروبوتات» حالياً لها خمس أو ست درجات حرية حركة حسب التطبيق. وعلى سبيل المثال.. فإن المحاكاة لحركة اليد والرسغ في الإنسان تتطلب ٦ من درجات حرية الحركة. فإذا نظرنا إلى الجزء العلوي من ذراع الإنسان.. نجد أنه يتحرك مرتكزاً على وصلة

جدول رقم (١): الأدوات المطلوبة لبناء «روبوت» حقيقي

اسم الأداة	نوع الأداة
مسطرة لقياس الأبعاد. منشار معادن للقطع. زوايا للقطع في خطوط مستقيمة. منقاب بسرعات مختلفة. منجلة لتثبيت الأجزاء المراد ثقبها. مطرقة مخلبية. مفاتيح ربط. نظارة واقية.	أساسية
مكبس ثقب. منشار كهربى لتسهيل القطع. مقرضة للألواح المعدنية. قدمة قياس. أداة لحام صغيرة.	اختيارية
مكواة لحام بقدرة ٢٥-٣٠ وات. ملتي أميتر رقمي أو تناظري. مجس منطقي Logic Probe. مولد نبضات منطقي Logic Pulsar. راسم نبذبات Oscilloscope Dual-trace 20-25 MHz عداد تردد Ferquency Meter 50 MHz max. لوحة اختبار Breadboard	أدوات الكترونية

تم الحصول عليها من عملية التحليل.. حيث يتم تقسيم الصورة إلى مستطيلات ثنائية البعد ومثلثات (Blocks World).

وحدة القدرة Power Unit:

ويناط بهذه الوحدة توفير القدرة اللازمة لحركة «الروبوت».. وتتخذ أشكالاً مختلفة: كهربية - هيدروليكية - هوائية.

الأدوات المطلوبة

تشكل الأجزاء الميكانيكية نسبة ٧٥٪ من «الروبوت».. بينما تشكل المكونات الالكترونية والكهروميكانيكية نسبة الـ ٢٥٪ المتبقية. ويخص الجدول رقم (١).. الأدوات المطلوبة لعملية بناء «روبوت» حقيقي.

هذه العملية ٦ خطوات أساسية هي: الإحساس Sensing - المعالجة المبدئية Preprocessing - التقطيع Segmentation - الوصف De-scription - التمييز Recognition - التفسير Interpretation.

وتوفير خاصية الرؤية في «الروبوت».. لابد من القيام بثلاث مهام أساسية:

- نقل الصورة Image Reansfor-mation باستخدام الكاميرات.
- تحليل الصورة Image Anly-sis باستخدام تقنية تسمى Pixel Differentiation لتحديد غرض معين في الصورة.
- فهم الصورة Image Under-standing.. بترجمة المعلومات التي

الحساسات في رسغ «الروبوت» لقياس القوة والعزم بين ذراعه السفلى والنهاية الطرفية.

وحدة التحكم Controller:

وهو الكمبيوتر أو الشريحة الالكترونية التي تصدر أوامر الحركة والتوجيه «للروبوت».. وتعتبر بمثابة العقل له. وتقوم وحدة التحكم بتنفيذ برنامج التحكم لأداء مهام معينة. ومعظم «الروبوتات» الآن تستهدف مهاماً محددة. وفي المستقبل ومع التوسع في إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي في وحدات التحكم.. سوف يكون «للروبوتات» القدرة على القيام بمهام لم يسبق برمجتها عليها. ويتوقع أيضاً أن تتمكن من برمجة نفسها لتكون أكثر ذاتية. ويمكن برمجة «الروبوت» بطريقتين:

On-line Programming:

وفيها يتم إرسال أوامر التشغيل من خلال برنامج معين إلى وحدة التحكم مباشرة و«الروبوت» في حالة تشغيل.

Off-line Programming:

وذلك من خلال كمبيوتر متصل «بالروبوت» باستخدام برنامج محاكاة Simulation.. وبالتالي يمكن «للروبوت» الاستمرار في أداء مهمته حتى الانتهاء من إعداد البرنامج وإرساله إلى وحدة التحكم.

الرؤية بالحاسب Computer Vision: تلعب منظومات الرؤية باستخدام الحاسب في منظومات «الروبوت» الذكية دوراً مهماً للغاية لما توفره من قدرة على الاستجابة والتفاعل مع البيئة المحيطة بأسلوب مرن وذكي.. مثلما توفر الصور ثلاثية الأبعاد في البيئة الحقيقية عملية استخراج وتحديد وفهم المعلومات. وتشمل

يمكنها توفير تغذية مرتدة Feed back محدودة «للروبوت» تساعده على أداء وظيفته.. ومن أشهر الحساسات المستخدمة:

الحساسات التقاربية Proximity Sensors:

وتستخدم للإحساس بوجود أجسام على مسافة ثابتة قريبة من الوحدة بدون تلامس بين الوحدة والغرض. ومن أكثر الأنواع استخداماً لتحقيق هذه الخاصية.. حساسات الأشعة تحت الحمراء Infrared Sensors (IR).

حساسات المدى Range Sensors:

وتستخدم لقياس المسافة بين نقطة معينة ومجموعة من النقاط في مدى الرؤية.. حيث تعتمد فكرة عملها على استخدام وحدتين من الكاميرات التليفزيونية أو مرسل ومستقبل صوتي.

الحساسات الصوتية Acoustic Sensors: وهي حساسات تعتمد على استخدام الموجات فوق الصوتية Ultrasonic.. والتي يمكن من خلال انعكاسها تحديد المسافة بين الوحدة والأغراض المحيطة.

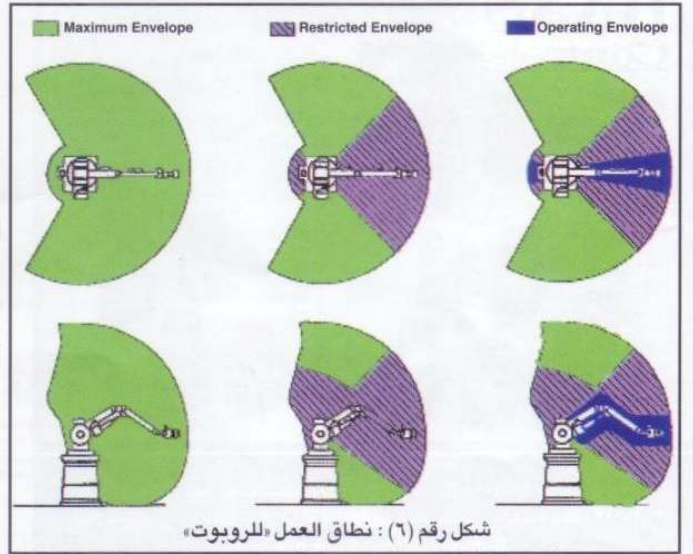
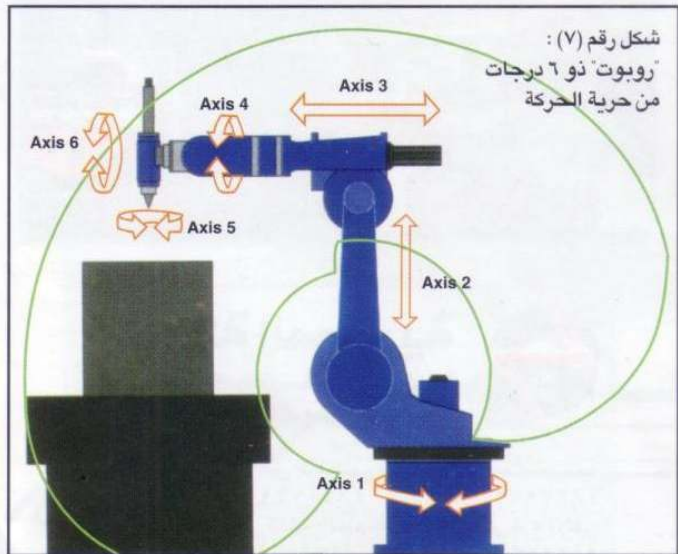
حساسات التلامس Tactile or Touch Sensors (Bumpers):

وتعتمد هذه الحساسات على التلامس بين الوحدة والجسم.. ومن أبسط أنواعها Microswitch. وعادة ما توضع هذه الحساسات في النهاية الطرفية «للروبوت» لتوفير حاسة اللمس.

حساسات القوة Force Sensors:

ويتم من خلالها قياس ثلاث مركبات للقوة ومثلها للعزم المؤثر بين جسمين. وتستخدم هذه

شكل رقم (٧): «روبوت» ذو ٦ درجات من حرية الحركة



شكل رقم (٦): نطاق العمل «للروبوت»