

كيف تبني "روبوت" حقيقي؟

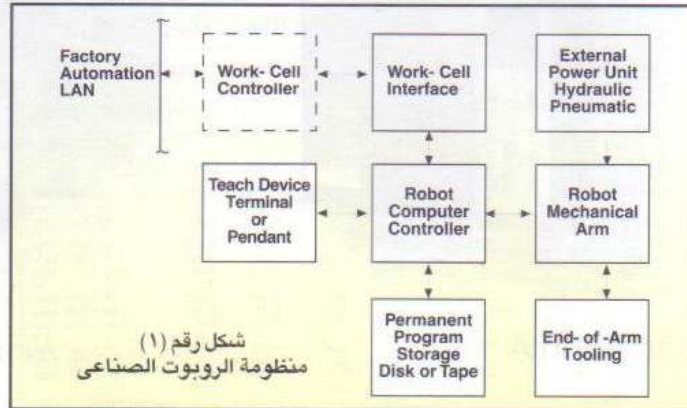
١٤- الذراع الروبوتية .. مفاهيم أساسية

د. علاء خميس

كلية هندسة البترول - جامعة قناة السويس

- **النهاية الطرفية End-Effector** : عادة ماتكون اليد المتصلة بذراع الروبوت مختلفة عن اليد البشرية.. حيث يمكن أن تكون ماسك Gripper أو أنبوبة فراغية أو مقص أو مشرط أو موقد لحام Blowtorch.. بمعنى أي شيء يساعد الروبوت على أداء المهمة المكلف بها. ويمكن لبعض أنواع الروبوت تغيير هذا الجزء عندما تكون مبرمجة على أداء مهام مختلفة.

- **درجة حرية الحركة Degree of Freedom (DOF)** : وتعرف بأنها اتجاه الروبوت عند تحرك أحد وصلاته الميكانيكية.. حيث تشير كل وصله إلى درجة حرية حركة معينة. فعلى سبيل المثال.. يجب أن يتمتع الروبوت بسبع درجات حرية حركة لمحاكاة حركة الذراع واليد في الإنسان. فإذا نظرنا إلى الكتف Shoulder.. نجد أن له ثلاث درجات حرية حركة (أعلى - أسفل وأمام - خلف ودوران).. ويتمتع الكوع Elbow بدرجة حرية حركة واحدة.. ويوفر دوران الرسغ درجة حرية الحركة الخامسة.. بينما توفر حركة الرسغ لأعلى ولأسفل درجة حرية سادسة.. وتعطى حركته لليمين ولليسار الدرجة السابعة. وإذا أخذنا في الاعتبار حركة الأصابع.. يمكن ملاحظة درجات حرية حركة أخرى. وبالنسبة للروبوت.. فإن عدد درجات حرية الحركة يعتمد على شكل الروبوت. وحالياً.. فإن معظم الروبوتات لها خمس أو ست درجات



العلوم.. كالبيوميكانيك والتحليل الحركي والتعلم والتطور الحركي وغيرها. ومن أهم القواعد العامة المستمدة من علمي التشريح والحركة:

- تحويل علم الحركة في الإنسان إلى علم خاص بالحركة المجردة للوحدات الروبوتية الخاصة بالروبوت البشري.. وهو ما يعرف بعلم الكينماتيكية الأنثروبوتية -Anthrobot Kinematics ic

- تحديد المواقع المناسبة للمحركات ووحدات الحركة الضرورية في المفاصل.

- توفير تشحيم ذاتي Self-lubrication للوصلات.

- توزيع الأحمال لضمان اتزان حركة الروبوت.

في هذا العدد.. سنعرض بعض المفاهيم الأساسية المتعلقة بالذراع الروبوتية.. نتبعها في العدد القادم بالأنواع المختلفة للذراع الروبوتية.

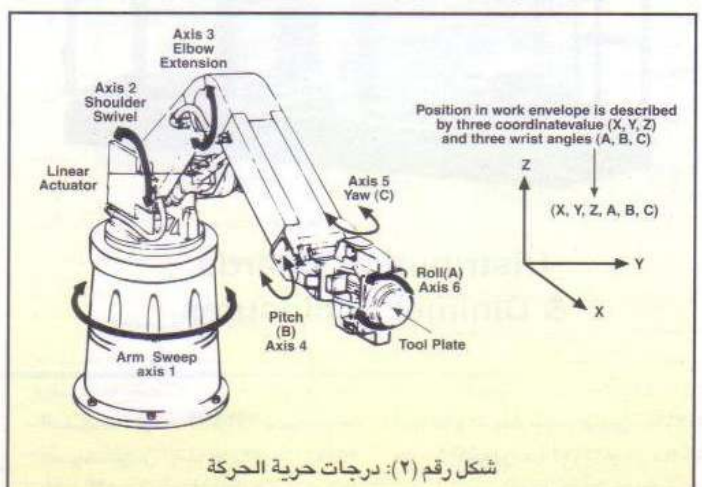
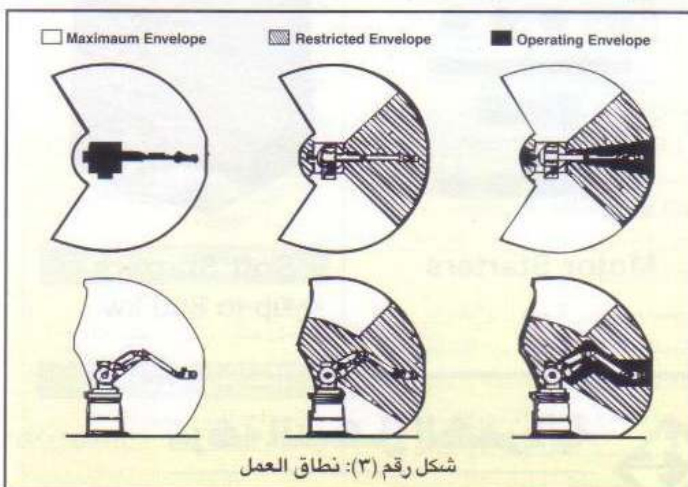
بمنظومة تحكم موزع باستخدام وصلة بينية تربط خلية العمل بشبكة نطاق محلي LAN.

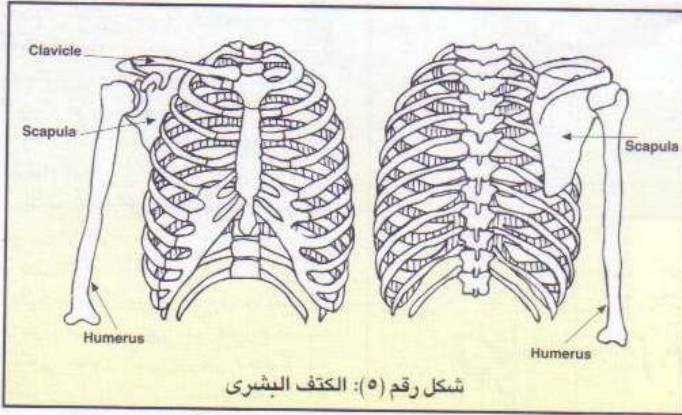
وقد استوحى مصممو الأذرع الروبوتية الكثير من الأفكار والقواعد من خلال دراسة علمي التشريح Anat-omy والحركة Kinesiology.. والأول يبحث في تركيب بناء الإنسان العضوي وأجزائه.. أما الثاني فيعرف بأنه ميدان دراسة الأسس والقوانين الميكانيكية والتشريحية والمبادئ الفسيولوجية المتعلقة بحركة الإنسان للوصول به إلى أعلى مستوى في الكفاءة الحركية. وأحياناً يتم تعريف علم الحركة على أنه علم يوضح ويحلل حركات الإنسان العشوائية والمقيدة ويسخر المقيد منها لإنعاشه ويستخدم للحفاظ على الصحة العامة والإنتاج اليدوي والدفاع عن النفس والتفاهم الاجتماعي وتغيير الحركات العشوائية إلى حركات مقيدة. لذا.. نجد أن علم الحركة هو علم جامع للعديد من

اعتمد دخول الروبوتية إلى عالم الصناعة على عدة مبررات.. مثل المبررات الإنسانية التي تتعلق بإبعاد العاملين عن أماكن العمل غير الصحية أو الخطرة بغرض تقليل الحوادث وتحسين ظروف العمل.. ومبررات اقتصادية كالارتفاع في معدل الإنتاجية وتقليل تكاليف العمل وإيجاد البديل لمشكلة النقص في الأيدي العاملة المدربة.. ومبررات تنافسية تتعلق بتحسين نوعية المنتج.

وقد أحدث دخول الروبوت ثورة هائلة في عالم الصناعة وبشكل خاص في بعض التطبيقات.. مثل عمليات التجميع واللحام (لحام القوس الكهربائي ولحام النقطة).. وعمليات التشغيل الميكانيكي ومناولة وترتيب المواد على منصات النقل. وتتطلب هذه العمليات تزويد الروبوت بمناول ميكانيكي Manipulator أو ذراع روبوتية متعددة المهام وقابل لإعادة البرمجة ومصمم لنقل المواد من خلال حركات مبرمجة ومختلفة لتأدية مهام متعددة.

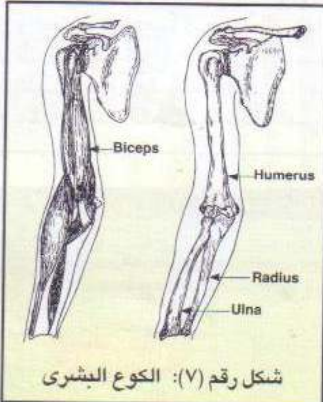
يوضح الشكل رقم (١) الوحدات الأساسية التي يتكون منها الروبوت الصناعي.. والتي تشمل على ذراع ميكانيكي روبوتية مثبت في نهايته الطرفية أداة تساعد على أداء المهمة المكلف بها الروبوت.. ويتم تشغيله بواسطة وحدة قدرة هيدروليكية أو هوائية أو كهربائية. تشمل المنظومة أيضاً وحدة تحكم حاسوبية ووحدة طرفية للبرمجة.. بالإضافة إلى وحدة تخزين. ويمكن ربط الروبوت



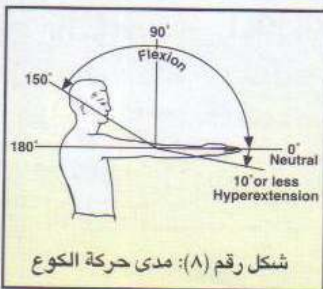


شكل رقم (٥): الكتف البشري

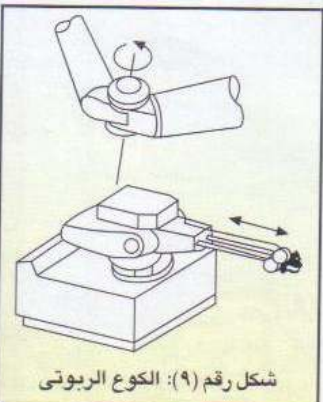
اتزان وصلة الكتف. يحدث ميل وانعراج لوح الكتف حول نقطة مركز مستقل بالقرب من مركز القفص الصدري مما يجعل حركة الكتف البشري خالية من النقاط الشاذة Singularity-Free. ولما كانت معظم عضلات الكتف توجد في الجذع Torso وليس في وصلة الكتف.. مما يوفر أداءً عالياً للوصلة لعدم تحميل



شكل رقم (٧): الكوع البشري



شكل رقم (٨): مدى حركة الكوع



شكل رقم (٩): الكوع الروبوتي

عمل الذراع باستخدام نظام احداثيات يتكون من ثلاثة محاور حركة انتقالية (X,Y,Z) وثلاثة محاور حركة دورانية (A,B,C) - شكل رقم (٢).

ترقيم المحاور:

يتم ترقيم محاور الحركة بشكل تزايدى بدءاً من القاعدة وحتى النهاية الطرفية للذراع - شكل رقم (٢).

دورة التشغيل Duty Cycle:

هي النسبة بين زمن التشغيل الفعلي والزمن الكلي لعمل الذراع في ظروف التشغيل والتحميل المثبتة.

الحمل الأجر Payload:

هي الكتلة التي يمكن للذراع نقلها في نطاق العمل.. وتمثل مجموع وزني الأداة المثبتة في النهاية الطرفية للذراع بالإضافة إلى وزن الجزء المراد نقله.

المواصفات القياسية:

في عام ١٩٤٨.. تم وضع المواصفة R15 بواسطة جمعية الصناعات الروبوتية - Robotic Industries Association (RIA) والتي تتبع المواصفات الاجرائية التي أقرها المعهد القومي الأمريكي للمواصفات ANSI والخاصة بالوصلات البينية (الكهربية والميكانيكية) و نظم البرمجة والاتصال وتبادل المعلومات وضبط الأداء والسلامة للروبوتات الصناعية.

الذراع البشري Human Arm:

يحتوي الذراع البشري على مفصلين أساسيين.. هما الكتف والكوع (في الروبوتية عادة ما يتم اعتبار الرسغ كجزء من آلية الماسك (Gripper).

الكتف البشري Human Shoulder:

يتكون الكتف - شكل رقم (٥) - من مفصل كرة ومقيس Ball-and-Sockets Joint يوفر ثلاث درجات حرية حركة (الميل Pitch - الانعراج Yaw - والقدرة على الدوران Roll) لعظمة العضد Humerus. يتصل مفصل الكتف بلوح الكتف Scapula وتعمل الترقوة Clavicle على حفظ

وتعمل الترقوة Clavicle على حفظ



شكل رقم (٤): النقاط الشاذة

الدقة Accuracy:

تمثل المسافة الفاصلة بين الوضع الحالي للذراع والنقطة المراد الوصول إليها في نطاق العمل بعد توقف الذراع عن الحركة.

التكرارية Repeatability:

هي قدرة الروبوت على تكرار نفس المهمة في حدود الدقة المسموح بها. وفي عمليات التجميع.. يوصى باختيار ذراع روبوتية بقدرة تكرارية تصل إلى -٠.٠١٣ سم.

النقاط الشاذة Singularity:

وهي المشكلة الديناميكية الأساسية المصاحبة لحركة كتف الذراع الروبوتية.. وتمثل مساحة في نطاق العمل الخاص بالمفصل يجب على النهاية الطرفية تجنبها أو تغيير السرعة بشكل مفاجيء عند المرور بها- تسمى أيضاً الاستعصاء Jamming أو فقد درجة حرية الحركة-

ويحدد موضع هذه المساحة في نطاق العمل جزئياً كفاءة المفصل. وفي الشكل رقم (٤-٤).. نجد أن مخروط النقاط الشاذة يمنع النهاية الطرفية من الوصول إلى جزء كبير من نطاق العمل. ويحدث الشذوذ عندما يكون الساعد Forearm في وضع محاذاة رأسية مع الخصر Waist - شكل رقم (٤-ب) - حيث يكون الساعد غير قادر على الحركة بشكل مباشر في اتجاه متجه الميل Pitch المطلوب. لذا.. يجب تعديل اتجاه انعراج الذراع Yaw بالدوران ٩٠ - شكل رقم (٤-ج).

الفراهة Dexterity:

عادة ما يتم قياس كفاءة الذراع بقياس القوة التي يوفرها لرفع أو تناول الأحمال.. بالإضافة إلى الدقة والقدرة التكرارية. من المعاملات التي تحدد كفاءة الذراع أيضاً.. دراجة الفراهة والتي تعرف على أنها درجة مرونة التحكم في نطاق العمل. ويقصد بالمرونة هنا.. القدرة على توفير حركة خالية من النقاط الشاذة.

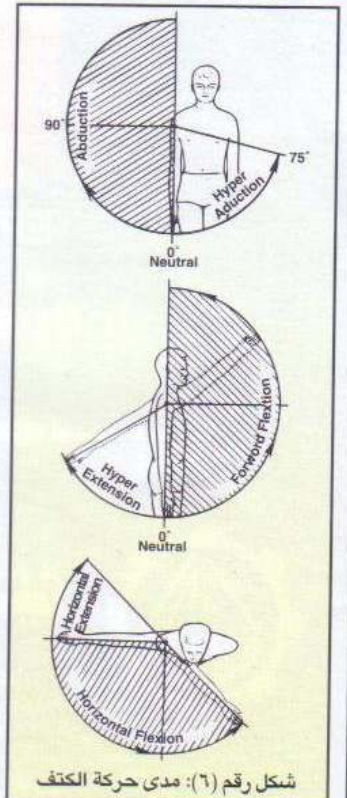
نظام الإحداثيات:

يمكن تعريف كل النقاط في نطاق

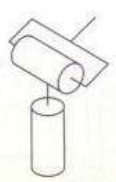
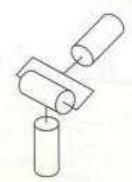
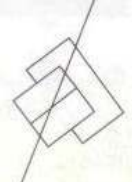
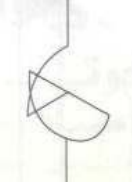
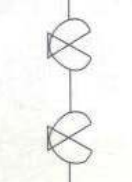

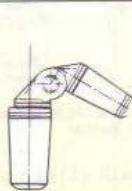
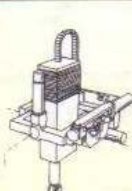


حرية حركة حسب التطبيق المستخدم فيه الروبوت. يوضح الشكل رقم (٢) روبوت صناعي يتمتع بست درجات حرية حركة (دوران القاعدة - انثناء الكتف - انثناء الكوع - ميل الرسغ وانعراجه ودورانه).

نطاق العمل Working Envelop:

يتحدد نطاق العمل لروبوت ما من خلال شكل منظومته الميكانيكية.. حيث أن لكل مفصل من مفاصل الروبوت الميكانيكية مدى حركة محدد. وبجميع مدى الحركة لكل المفاصل.. يمكن تحديد نطاق عمل الروبوت والذي يمكن تعريفه على أنه كل النقاط الفراغية التي يمكن أن يصل إليها في الفراغ المحيط به- شكل رقم (٢).



شكل رقم (٦): مدى حركة الكتف

				
				
Roll-Pitch	Roll-Pitch-Roll	Gimbal, Single Center	U-Joint, Single Center	Double U-Joint
360° Roll 180° Pitch Standard Design, Singularity	180° Roll 209° Yaw 360° Roll Becoming More Common, Singularity	90° Pitch 90° Yaw 360° Roll Same Applies to Tripod, Singularity- Free	180° Pitch 90° Yaw 360° Roll Difficult to Integrate Roll Singularity- Free	180° Pitch 180° Yaw 360° Roll Equivalent to Human Shoulder, Singularity- Free
جدول رقم (١) : الكتف الروبوتية				

للنهاية الطرفية للروبوت. ويتميز الكوع التلسكوبي بتوفير إمكانية تغيير الموقع الزاوي للنهاية الطرفية.

في العدد القادم..
أنواع الأذرع الروبوتية

حالة الامتداد المفرط Hyerextension كما هو موضح بالشكل رقم (٨). وقد تم محاكاة الكوع البشري لتصميم كوع روبوتى دورانى وآخر تلسكوبى كما هو مبين بالشكل رقم (٩). يوفر كلا النوعين إمكانية الامتداد والانتشاء

ارتكاز فى الكوع - شكل رقم (٧) - وتعمل الأوتار والعضلات على الحفاظ على اتزان المفصل. وبواسطة السائل الزلالى.. يتم توفير تشحيم ذاتى للمفصل. ويصل مدى حركة الكوع إلى ١٥٠. يمكن أن تزيد بمقدار ١٠ فى

كتلة الكتف عليها. ويعتبر الكتف أكبر مفصل تحميل فى الجسم البشرى وينتج أكبر مدى حركة فى جسم الانسان يصل الى ١٦٠. انتشاء او امتداد أفقى (انعراج) و ٢٤٠. انتشاء أمامى او امتداد خلفى (ميل).. بالإضافة الى ١٦٠ دوران جانبى يمكن أن تزيد الى ٢٥٠ باضافة ٩٠ دوران الساعد - شكل رقم (٦). يلاحظ.. أن محورى الميل والانعراج يكونا متعامدين على الذراع بينما يكون محور الدوران فى محاذاة مع الذراع. لزيادة مرونة الذراع الروبوتى. يجب أن يكون لمفصل الكتف ثلاث درجات حرية حركة كما فى الكتف البشرى (ميل- انعراج- دوران). يلخص الجدول رقم (١) الأنواع المختلفة للأكتاف الروبوتية المستوحاة من دراسة الكتف البشرى.

- الكوع البشرى Human Elbow : يوفر الكوع إمكانية الامتداد والانتشاء والتوجيه الزاوى للرسغ واليد.. ويتيح أيضاً إمكانية استخدام الذراعين لحمل الاغراض. تتصل النهاية المدورة لعظمة العضد مع عظمة الزند والكعبرة لتشكيل مفصل



EPISTOLIO s.r.l.
www.epistolio.com

Industry solutions

الوكيل الوحيد فى جمهورية مصر العربية و الشرق الاوسط و افريقيا



الفرديوس للخدمات الهندسية

توريدات متكاملة | كهربائية - ميكانيكية |

الاسكندرية- المنشية : ٣ ميدان سانت كاترين- الدور الاول - ت وفاكس: ٤٨٧٩٠٦١ / ٠٣

E-mail: alferdous2005@gmail.com



Pressure and Temperature Measurement

ABB

MORE TO

BONFIGLIOLI

SICK

GRUPE RADIO-ENERGIE



Leine&Linde

mistral

GEFRAN

TOTEM ELECTRO



Power Point

IRINOX STAINLESS STEEL ELECTRICAL ENCLOSURES

VIPA art of automation

ECOM Instruments

can tem Explosion Proof Electrical Equipment

COSIME EQUIPMENT FOR ATEX

F.A.T.I. ELECTRIC HEATERS