تصميم وتحليل روبورت صناعي

Manipulator Robot

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الميكانيكية (قدرة)

إعداد الطلاب:

اشرف عادل محمد أبوسن

مأمون صلاح البشير الأمين

مهند مبارك محمود النور

إشراف:

د. عماد الدين محمود مهدي

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبدالله البدري

فبراير ٢٠٢٣

بسم الله الرحمن الرحيم

((وَأَنْ لَيْسَ لِلإِنسَانِ إِلَّا مَا سَعَى وَأَنَّ سَعْيَهُ سَوْفَ يُرَى))

صدق الله العظيم

الاهداء

الي صاحب السيرة العطرة ، والفكر المستنير؛

فلقد كان له الفضل الاول في بلوغي التعليم العالي

(والدي الحبيب)

الي من وضعتني علي طريق الحياة، وجعلتني رأبط الجأش،

وراعتني حتي صرت كبيرا

(امي الغالية) حفظها الله

الي اخوتي؛ من كان لهم بالغ الاثر في كثير من العقبات والصعاب

الي جميع أساتذتي الكرام؛ ممن لم يتوانوا في مدً يد العون لي

أهدي إليكم بحثي

الشكر والعرفان

لا يسعنا في عملنا المتواضع هذا الا ان نتقدم بجزيل الحمد و الشكر لله عز وجل الذي وفقنا لاداء هذا العمل ونساله تعالى المعونة والتوفيق دائما.

ومع نهاية هذا المشروع لا بد لنا من وقفة تامل نستعرض فيها الايام التي قضيناها في السعي الحثيث طلبا للعلم فكلنا امل في ان يكون هذا المشروع بداية خير لمستقبلنا ، فقد قيل بان رحلة الالف ميل تبدأ بخطوة ، والربيع لا يبدأ بزهرة ولكن الزهرة تدل على مقدم الربيع.

ونحن نضع اقدامنا على عتبة الحياة العملية لا يسعنا الا ان نتقدم باسمى آيات الشكر والامتنان الى كل من انار لنا طريق العلم ، والى كل من غرس نبتة في حقلنا ، والى كل من سقى وردة في بستاننا فالشكر كل الشكر لاساتذتنا الكرام نبراس العلم والعطاء ، والى كل من ساهم معنا في انجاز هذا المشروع ونخص.

بالشكر ،،،

الدكتور عماد الدين محمود مهدي

على رعايته وتوجيهه الكريم.

المستخلص

يتمحور العمل في هذا البحث حول تصميم روبوت صناعي مناور ذو ثلاث درجات حرية يقوم بالمناولة على خطوط الإنتاج وأعمال التوضيب ويتميز بالمرونة وإمكانية الانسجام في الحركة . يوضح البحث التوصيف الميكانيكي للمناول, ودراسة الحركة الأمامية والحركة العكسية وحساب سرعة المناول الروبوتي باستخدام مصفوفة الجاكوبيان

Abstract

The work in this research revolves around the design of a three -degree artificial industrial robot that is handling the production lines and the packaging and is characterized by flexibility and movement.

The research shows the mechanical description of the reach, the study of the front movement, the opposite movement, and calculate the velocity of a robotic manipulator using the jacobian matrix.

فهرس المحتويات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
	الآية	I
	الإهداء	II
	الشكر والعرفان	III
	المستخلص	IV
	Abstract	V
	فهرس المحتويات	VI
	فهرس الأشكال	VIII
	فهرس الجداول	X
الفصل الأول: المقدمة		
١-١	مقدمة تاريخية	٢
١-١-١	تاريخ الروبوتات والروبوت الصناعي على حسب المنظمات العالمية ISO	٢
١-١-٢	مكونات الروبوت الصناعي	٣
١-١-٣	التوضيع والتوجيه وعدد درجات الحرية	٦
١-١-٤	تصنيفات الروبوت الصناعي على حسب الحركة	٦
١-١-٥	أنواع الروبوت حسب الوظيفة	١٠
١-١-٦	نظام التحكم	١٢
١-٢	مشكلة البحث	١٤
١-٣	أهمية البحث	١٤
١-٤	أهداف البحث	١٤
١-٥	منهجية البحث	١٤
الفصل الثاني: الإطار النظري		
٢-١	كاينماتيكا الروبوت	١٦
٢-٢	الحركة الامامية	١٦

١-٢-٢	نظرية (D-H) Denavit Hartenbrgr Method	١٦
٣-٢	الحركة العكسية	٢٢
٤-٢	مصفوفة الدوران	٢٢
١-٤-٢	مصفوفات الدوران الأساسية	٢٣
٥-٢	حساب سرعة الروبوت	٢٥
١-٥-٢	مصفوفات الجاكوبيان	٢٥
الباب الثالث: التصميم		
١-٣	أهداف التصميم	٢٨
١-١-٣	ابعاد الروبوت	٢٨
٢-١-٣	حساب الحركة الامامية	٢٩
٣-١-٣	الحركة العكسية	٣٢
٤-١-٣	حساب السرعة	٣٣
الباب الرابع: المناقشة والنتائج		
١-٤	المقدمة	٣٨
٢-٤	مناقشة حركة الروبوت	٣٨
٣-٤	مناقشة سرعة الروبوت	٣٨
الباب الخامس: الخلاصة والتوصيات		
١-٥	الخلاصة	٤١
٢-٥	التوصيات	٤١

فهرس الأشكال

رقم الشكل	الشكل	رقم الصفحة
الشكل (١-١)	يوضح روابط منفصلة درجة حرية واحدة	٤
الشكل (١-٢)	يوضح معصم ذو درجتي حرية	٤
الشكل (١-٣)	يوضح معصم ذو ثلاث درجات حرية	٥
الشكل (١-٤)	يوضح البنية الديكارتية (المتعامدة)	٧
الشكل (١-٥)	يوضح البنية الاسطوانية	٨
الشكل (١-٦)	يوضح التصميم SCARA	٩
الشكل (١-٧)	يوضح البنية الكروية أو القطبية	١٠
الشكل (١-٨)	يوضح الروبوتات الصناعية Manipulators	١١
الشكل (٢-١)	يوضح قاعدة اليد اليمني	١٧
الشكل (٢-٢)	يوضح الدوران حول θ	١٨
الشكل (٢-٣)	يوضح الدوران حول∝	١٨
الشكل (٢-٤)	يوضح البعدa	١٩
الشكل (٢-٥)	يوضح البعد d	٢٠
الشكل (٢-٦)	يوضح الدوران حول محور Z	٢٣
الشكل (٢-٧)	يوضح الدوران حول محور Y	٢٤

الشكل (٨-٢)	يوضح الدوران حول محور X	٢٤
الشكل (١-٣)	يوضح روبوت SCARA	٣٢
الشكل (١-٤)	يوضح التصميم للروبوت SCARA	٣٩

فهرس الجداول

الشكل	رقم الصفحة
الجدول (٢-١) يوضح ابعاد DH Parmeters	٢١

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

المقدمة

١,١ مقدمة تاريخية :-

مصطلح الروبوت يأتي من كلمة تشيكية , روبوتا وهذا يعني العمل القسري ظهرت كلمة (ROBOT) لأول مرة في مسـرحية عام ١٩٢٠م للكاتب التشـيكي كارل تشـابيك ، (روبوتات روسـوم) العالمية تقوم الروبوتات في نهاية المسرحية بالإطاحة بصناعهم من البشر.

الروبوتات هي نقطة تقاطع بين العلوم الهندسـية والتكنولوجيا التي تنتج آلات التي تحل محل (تنسـخ) الأفعال البشـرية بمعني أن الروبوت هو كل آلة تنفذ أفعال خاصـة تمت برمجتها على فعلها وتحاكي في ذلك الفعل البشري .

يمكن تعريف الروبوت على انه جهاز يمكن التحكم فيه ذاتيا, ويتكون من وحدات الكترونية أو كهربائية أو ميكانيكية. بصـورة عامة إنها آلة تعمل بدلا من عامل حي. إن الروبوتات مرغوبة بشـكل خاص لوظائف عمل معينة لأنها علي عكس البشر لا تتعب ابدآ, بل يمكن أن تتحمل ظروف مادية غير مريحة أو حتي خطيرة يمكن أن تعمل في ظروف قاسـية ولا يشـعرون بالملل بسـبب التكرار ولا يمكن تشـتيت انتباههم عن المهمة المطلوبة .

١,١,١ تعريف الروبوتات والروبوت الصناعي على حسب المنظمات العالمية (ISO):

- هو معالج يتم التحكم به اتوماتيكيا، قابل لإعادة البرمجة، ذو اسـتخدامات متعددة ويعمل في ثلاثة محاور ارتكاز أو أكثر وقد يكون متحركا أو ثابتا, يستخدم في التطبيقات الصناعية الاتوماتيكية .

وهذا التعريف مستخدم من قبل الفيدرالية الدولية للروبوتات"المنظومة الأوربية للبحوث الروبوتية".

وهناك تعريفان آخران احدهما من قبل "معهد الروبوتا الأمريكي"ذو معني اشمل :

- معهد البحوث الأمريكي(RIA):"هو معالج قابل لإعادة البرمجة وذو اسـتخدامات متعددة ،مصـمم لتحريك المواد والقطع والأدوات،أو أجهزة متخصـصـة تسـتطيع القيام بالعديد من المهام عن طريق حركات مبرمجة قابلة للتغير".

- والتعريف الأخر من قبل "الإتحاد الياباني للروبوتات الصـــناعية "و ينص أن الروبوت آلة لكل الأغراض, وهي مزودة بأطراف وجهاز للذاكرة لأداء تتابع محدد مســبقا من الحركات وهي قادرة على الدوران, والحلول محل العامل البشري بواسطة الأداء الأوتوماتيكي للحركات.

يتفق التعريفان على إن الروبوت آلة أو مناول يدوي متحرك وان الروبوت مصـــمم للقيام بوظائف متعدد وانه يقوم بالحركات المختلفة بشكل أوتوماتكي ذاتي "الحركة" ويختلف الياباني عن التعريف الأمريكي في عدم اشتراطه قابلية إعادة البرمجة وذلك يعطي الفرصة لضم المناولات اليدوية التي يتم تشغيلها وتحديد حركتها بواسطة العامل البشري وكذلك عدم اشتراطه البرمجة واقتصاره على جهاز الذاكرة ,وبذلك يعطي الفرصة للمناولات التي تعمل بتتابعات ثابتة .

١,١,٢ مكونات الروبوت الصناعي:

تنقسم إلى ثلاثة أقسام

1- الذراع Arm

2- المعصم Wrist

3- القبضة Gripper

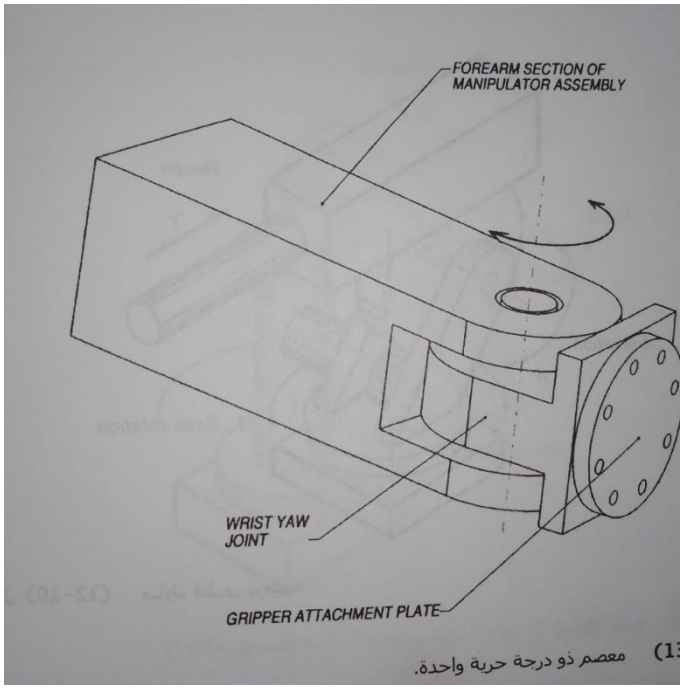
الروبوتات الصـــناعية مناولات توضـــع على قاعدة مثبتة على الأرض أو على طاولة والمناولات الصناعية كبيرة جدا وتستخدم بنية هندسية غير فعالة للاستخدام على روبرت متحرك أو أنها لا تتضمن ما يكفي من الحساسات ,العديد منها لا يتضمن أي حساسات للبيئة المحيطة على الإطلاق.

2- المعصم:

يقوم المعصم بتوضيع النقطة الطرفية في المكان الصحيح من اجل توجيه القبضة بالزاوية المطلوبة وفق كافة المحاور نحتاج عادة إلى مجموعة ثابتة من الروابط هي ما ندعوه بالمعصم , على روابط المعصم إن تحقق الدورانات إلى الأعلى و الأسفل مع عقارب الساعة وعكس عقارب الساعة والى اليمين والى اليسار ويمكن تحقيق كافة هذه الدورانات مجتمعة باستخدام رابطة كروية مثل مفصل الإنسان لكن يصعب التحكم بهذا النوع من الروابط وتغذيته.

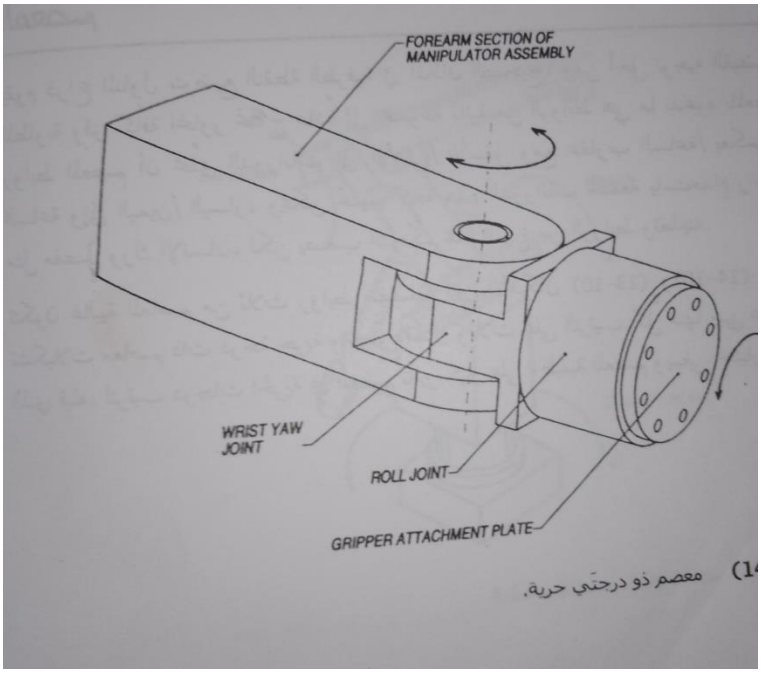
تتكون المعاصم من ثلاثة أشكال مختلفة:

- روابط منفصلة درجة حرية واحدة



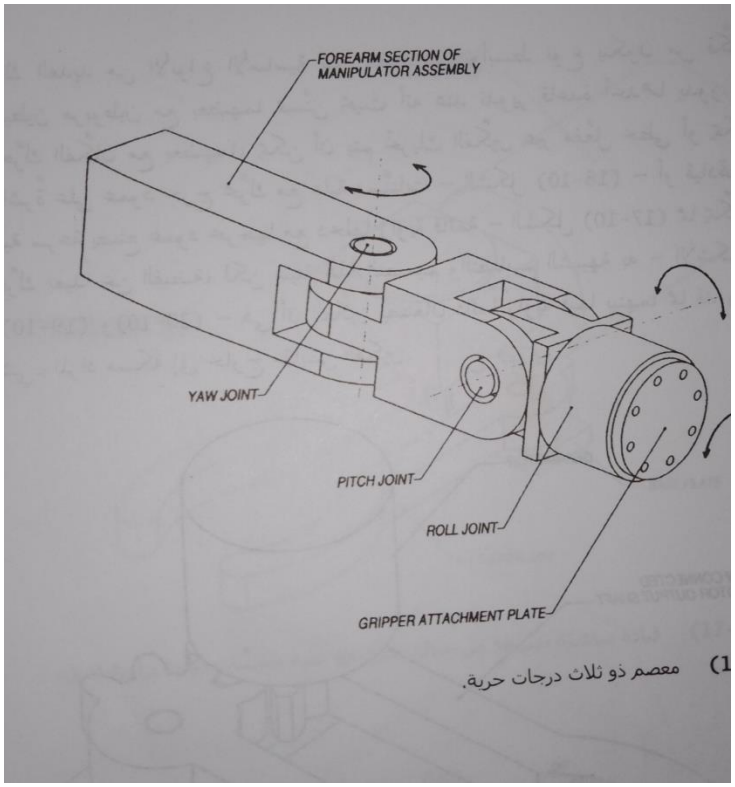
الشكل (١-١)يوضح روابط منفصلة درجة حرية واحدة

- معصم ذو درجتي حرية



الشكل (٢-١) يوضح معصم ذو درجتي حرية

- معصم ذو ثلاث درجات حرية



الشكل (٣-١) يوضح معصم ذو ثلاث درجات حرية

2- القبضة (النهاية الفعالة)End effecter:

هي القسم النهائي من المناول الذي يستخدمه المستخدم أو الروبوت من اجل التأثير على شيء ما في البيئة ولهذا السبب يدعي بالمؤثر الطرفي كما يدعي أيضا بالقبضة, غالبا ما تستخدم القبضات لإلتقاط أشياء خطرة أو مشتبه بأنها خطرة وينبغي على الروبوت حملها كما تستخدم بعض القبضات من اجل فتح الأبواب وبعضها مصمم من اجل حمل أشياء محدد كعبوات المياه الغازية مثلا إن الضغط على جسم ما أو كسره يعد مشكلة أساسية للقبضات المستقلة وينبغي وجود طريقة ما لمعرفة مدى قساوسة الجسم بحيث يتم حمله دون إيقاعه أو تحطيمه, حتى في الروبوت لهذه الأسباب يتطلب تصميم القبضة اكبر قدر ممكن من المعرفة عن الأجسام التي يتوقع إن يتم التعامل معها إذ ينبغي إن نأخذ بعين الاعتبار كل من وزنها وحجمها وشكلها ومتانتها الخ .... , بعض الأجسام تتطلب قبضات لها عدة فكوك لكن في معظم الحالات يكفي إن تكون القبضة فكان فقط .

١,١,٣ التوضيع والتوجيه وعدد درجات الحرية :

بشكل عام يقوم الذراع والمعصم في المناولات بوظيفتين مختلفتين هما التوضيع(Positioning) والتوجيه (Orientating) على الترتيب , لكن هناك تشكيلات لا يمكن فيها التمييز بين المعصم والذراع إلا أننا

سنعالجها كبنيتين مختلفتين من اجل التبسيط , في ذراع الإنسان يقوم الكتف والمرفق بالتوضيغ في حين يقوم المعصم بالتوجيه ,وكل رابطة تسمح بحركة ذات درجة حرية واحدة ,والعدد الأصغر نظريا لدرجات الحرية للوصول إلى أي نقطة من فضاء العمل وتوجيه القبضة لأي اتجاه هو ستة درجات حرية , ثلاثة للتوضيع وثلاثة للتوجيه , بعبارة أخري ينبغي وجود ثلاثة حركات دورانية أو خطية من اجل تحقيق التوضيع وثلاثة حركات دورانية من اجل تحقيق التوجيه .

في الواقع يمكن إن تكون روابط المناول مرتبة بأي ترتيب ويمكن إن يكون للذراع والمعصم أي طول ترقب به لكن هناك عدة تراكيب فقط لترتيب الروابط وأطوال الأجزاء تعمل فيها بفعالية , وهذه التراكيب تقسم في غالبية الحالات إلى ذراع ومعصم , الحركات الدورانية التي تعطي التوجيه تدعي عادتا باسم زاوية الارتقاء (Pitch) من اجل الصعود إلى أعلى ومن اجل الهبوط إلى أسفل والجنوح (Roll) من اجل الميلان و"الانعراج" من اجل الانعطاف يمينا ويسارا , لا توجد مصطلحات خاصة بالذراع بحد ذاته لان هنالك العديد من الطرق لتحديد التوضيع الخشن باستخدام مفاصل خطية أو دورانية , وفيما يلي احدي طرق توصيف التوضيع والتي توجد لها الكثير من الاستثناءات .

يشكل ذراع الإنسان مثالا جيدا عن المناولات ويتكون من كتف وذراع علوي ومرفق ومعصم , يسمح الكتف للذراع العلوي بالحركة إلى الأعلى والأسفل مما يعطي درجة حرية واحدة كما يسمح بالحركة إلى الأمام والخلف مما يشكل درجة حرية الثانية وكذلك يسمح بالدوران مما يشكل درجة الحرية الثالثة ورابطة المرفق تعطي درجة الحرية الرابعة أما المعصم فيسمح بالارتقاء والجنوح والانعراج مما يعطي ثلاثة درجات حرية في رابطة واحدة , نظريا شكل الرابطة الكروية التي تسمح بثلاث دورانات حول ثلاثة محاور متعامدة أفضل رابطة للمعصم لكنها غير شائعة بسبب صعوبة تغذيتها والتحكم بها .

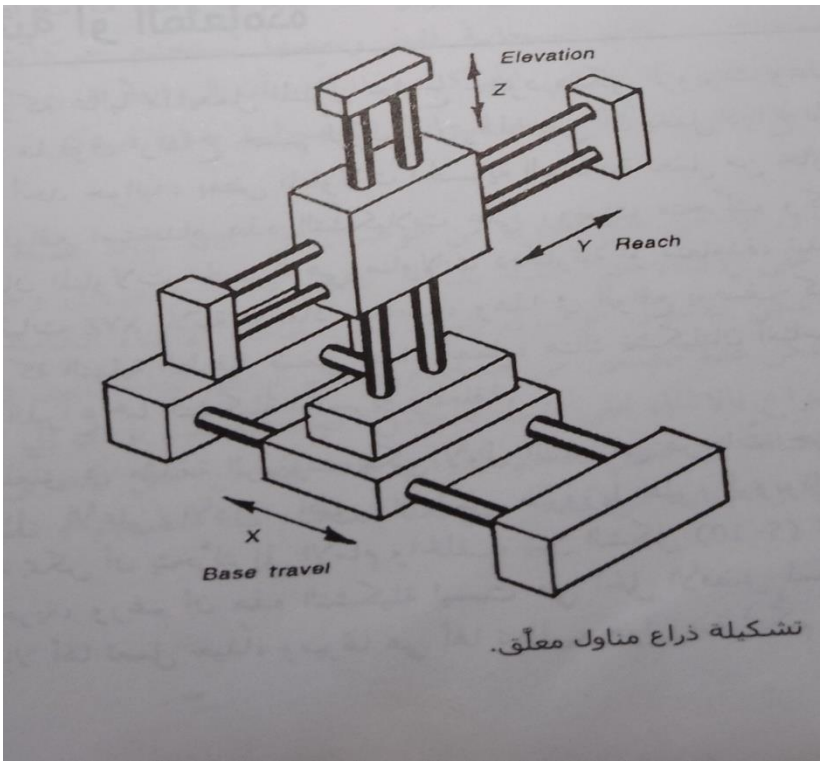
١,١,٤ تصنيفات الروبوت الصناعي حسب الحركة:

التشكيلات العامة للأذرع ثلاث درجات الحرية تدعى بالبنية الديكارتية (المتعامدة) , الاسطوانية والكروية (القطبية) واتت تسميتها من أشكال الحجوم التي يمكن للمناول إن يصل إلى أي نقطة منها و هذه الحجوم تدعي بفضاءات العمل .

- البنية الديكارتية (المتعامدة)

في الروبوتات المتحركة غالبا ما يعمل المناول خارج حدود هيكل الروبوت وعليه أن يصل من مستوي الأرض إلى ما فوق ارتفاع جسم الروبوت , وهذا يعني أن يعمل ذراع المناول من داخل

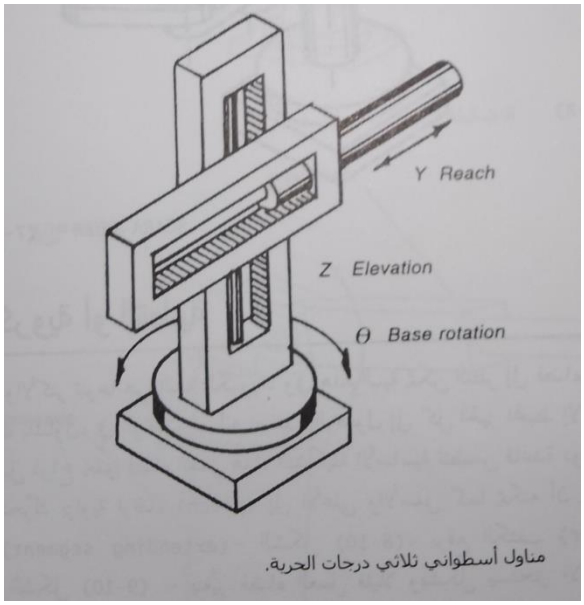
فضـاء العمل أو من احد جوانبه , تبدو التشـكيلة الديكارتية شـبيهة بجملة إحداثياتXYZ ثلاثية الأبعاد المتعامدة , وهذا في الواقع يصـــف كيفية التحكم بهذا المناول وكيفية حركة النهاية الفاعلة ضـــمن فضاءات العمل



الشكل (٤-١) يوضح البنية الديكارتية (المتعامدة)

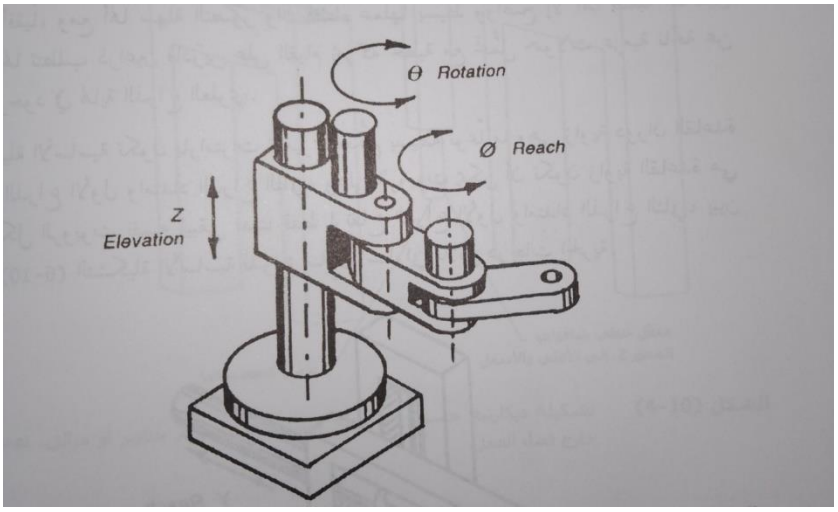
- البنية الاسطوانية :

تتضـمن الأنواع الاسطوانية قاعدة دوارة مع ذراع أول قادر على الانزلاق إلى اعلي وأسفل ويحمل ذراع ثانيا قادر على الانزلاق أفقيا, ومع أنها سهلة التصور وان فضاء عملها بسيط وواضح إلا أنها صعبة التحقيق بفعالية لأنها تتطلب ذراعين قادرين على القيام بحركة خطية مع تحمل حمولات عزمية ناتجة عن الحمل الموجود في نهاية الذراع العلوي



الشكل (٥-١) يوضح البنية الاسطوانية :

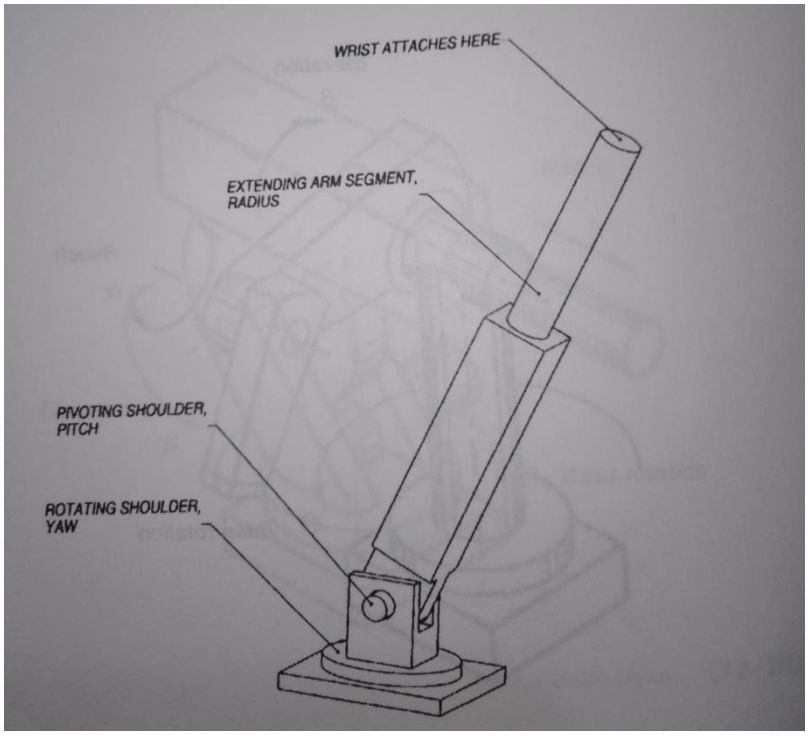
هنالك تشكيلة ثانية لديها فضاء عمل اسطواني وهي التصميم SCARA وهي الأحرف الأولى من العبـارة "Selective Compliant Assembly Robot Arm" أي ذراع روبوت التجميع المرن الانتقائي لهذا النظام صـلابة جيدة في الاتجاه الشـاقولي لكن مع بعض المرونة في الاتجاه الأفقي وهذا يســهل عليه من الاقتراب من الوضــع الصــحيح مع جعل المرونة الموجودة تتقلب على أي خطأ في التحاذي, اســتبدل المناول SCARAالرابطة الانســحابية الثانية برابطتين دورانيتين شــاقوليتن مع محوري شاقوليين



الشكل (٦-١) يوضح التصميم SCARA

- البنية الكروية أو القطبية :

تعتبر البنية الكروية الأكثر تنوعا, وفي هذه البنية يمكن اعتبار فضـــاء العمل علي انه كل ما يحيط بالمناول ,في الواقع رقم انه يصعب الوصول للحيز المحيط إلا انه توجد عدة طرق لتشكيل ذراع يحقق فضاء العمل هذا ,التشكيلة الأساسية تتضمن قاعدة دوارة تجعل الذراع يمكنه أن يتحرك بزاوية ارتقاء (pitch)إلي الأعلى والأسفل كما يمكنه أن يمتد إلي الداخل والخارج (Extending Segment)



الشكل (٧-١) يوضح البنية الكروية أو القطبية :

١,١,٥ أنواع الروبوت حسب الوظيفة Type of robot function

تنوعت الوظائف التي يقوم بها الروبوت في الحياة العامة مما اكسبها أهمية بالغة والتي لا تقتصر على المجال الصناعي أو التعليمي فقط وبرزت من خلال استخدامها في تكنولوجيا الفضاء ثم توسعت استخداماتها للأعمال اليومية للإنسان كما دخل الروبوت للمستشفيات لمساعدة المرضي ممن أصيبوا بالشلل أو ممن يحتاجون للمساعدة بعد الخروج من احدي العمليات, ويمكن للربوتات إجراء عمليات جراحية معقدة سواء بشكل مباشر أو عن بعد كعمليات المخ والأعصاب والقلب .ونذكر بعض استخدامات الروبوتات.

- الروبوتات الصناعية Manipulators

الشكل (٨-١) يوضح الروبوتات الصناعية Manipulators

هي الروبوتات التي تستخدم عموما في البيئة الصناعية لأغراض مختلفة مثل رفع مكونات ثقيلة جدا أو نقل أجزاء من مكان إلى أخر وما إلى ذلك على الرغم من إن هذه الروبوتات تبدو في الغالب كذراع آلية فقط والتي من الواضح أنها ضخمة الحجم لا تساعد هذه الأذرع الروبوتية في نقل المكونات فقط بل يتم استخدامها لأداء بعض الإجراءات المتكررة مثل تركيب البراغي أو عمليات الطلاء أو اللحام أو إجراء فحوصات المتانة أو حتى استخدامها أحيانا لتجميع هذه المكونات.

- الروبوتات المنزلية Domestic robots

تستخدم هذه الأنواع من الروبوتات في المنزل للتنظيف والمراقبة وزيادة الأمن.

- الربوتات الجراحيةSurgical robots

تستخدم هذه الأنواع من الروبوتات لإجراء العمليات الجراحية التي يمكن للأطباء التحكم فيها عن بعد تتكون هذه الروبوتات بشكل عام من عدة كاميرات مما يمكن الأطباء من الحصول علي عرض ثلاثي الأبعاد للمنطقة التي تجرى فيها العملية ومن ثم يمكنهم العمل وقفا لذلك .

- روبوتات الفضاء Robonauts

تستخدم في برامج الفضاء المختلفة مثل التي أرسلتها وكالة ناسا للفضاء مؤخرا لاستكشاف كوكب المريخ"Curiosity rovers"أو التي أرسلت لالتقاط صور للمجرات البعيدة أو غير ذلك من البحوث المتعلقة بالفضاء هذه الروبوتات تساعد ناسا للوصول أو لاستكشاف الأماكن التي يصعب على أي رائد فضاء الوصول إليها

- روبوتات الترفيه التجاريةCommercial Entertainment robots

يستخدم هذا النوع بشكل عام لإغراض الترفيه ومتاح تجاريا للبيع ويقصد من هذا النوع من الروبوتات أن يكون بمثابة رفيق ويمكنه أداء المهام الأساسية مثل التحية والرقص والمشي وغيرها من الإجراءات .

- روبوتات الخدمة service robot

هي تلك الروبوتات المستخدمة في الجامعات أو فرق البحث والتطوير لتنفيذ مميزات جديدة وعرضها للجمهور وتستخدم هذه الروبوتات عموما لأغراض البحث فقط وقد تكون تجاريا.

١,١,٦ نظام التحكم :

إن إمكانية برمجة الروبوتات الصناعية باستخدام برمجيات حاسبية تجعلها مرنة بطريقة عملها ومتنوعة بتطبيق المهام التي يمكن تنفيذها وأكثر تعاريف الروبوت الصناعي قبولا هو انه مناول قابل للبرمجة ومتعدد الوظائف مصمم لتحريك مواد أو قطع أو أدوات أو أجهزة متخصصة عبر حركات متغير وقابلة للبرمجة من اجل تنفيذ طيف من المهام .

يتم تصنيف الروبوتات الصناعية حسب خصائص أنظمة تحكمها وهندسة المناول أو الذراع وأنماط العمل ولكن لا توجد تصنيفات معيارية أو متفق عليها في أدبيات الروبوتات بين جميع المتخصصين بالروبوتات الصناعية حول العالم .

احد التصنيفات الأساسية يتعلق بالأداء الكلي ويميز بين التحكم بتتابع محدود وغير محدود , يتم عادة تقسيم الروبوتات الصناعية في هذا التصنيف إلى أربعة صفوف: أولها هو التتابع المحدود مع ثلاثة أشكال من التتابع غير المحدود هي تتابع "نقطة إلى نقطة "و"المسار المستمر"و"المسار المتحكم به" وهذه التصنيفات تهتم بالمسار الخاص بالمؤثر للطرف أو الأداء الموجودة في نهاية ذراع الروبوت الصناعي عندما يتحرك بين العمليات .

هنالك تصـــنيف أخر يتعلق بالتحكم هو للتمييز بين كون التحكم يتم وفق حلقة مفتوحة أو وفق حلقة مغلقة بتغذية راجعة في النظام , حيث تتم التغذية الراجعة عادة بناء علي تحســس الســرعة أو الموضـــع أو كليهما, التتابع المحدود يقتضـــي كون التحكم يتم بحلقة مفتوحة في حين يمكن أن يتم تحقق تتابع غير محدود باستخدام نمط عمل من نقطة إلى نقطة وفق مسار مستمر أو مسار متحكم به.

تغذي الروبوتات الصـــناعية بمحركات أو مشـــغلات كهربائية أو هيدروليكية أو هوائية، التغذية بمحركات كهربائية هي الأكثر شـــيوعا الآن من اجل المحاور الرئيســـية للروبوتات الصـــناعية الثابتة علي الأرض أما الروبوتات الصـناعية المغذاة هيدروليكيا فيتم إسـنادها عادة إلي تطبيق رفع الحمولات الثقيلة ,كما أن بعض الروبوتات الصـــناعية الكهربائية والهيدروليكية تكون مجهزة بأدوات أو مؤثرات طرفية متحكم بها هوائيا .

معظم الروبوتات الصناعية ثقيلة الحمولات تكون موضوعة على الأرض ,تكون مزودة عادة بحاسب رقمي تم برمجته بنظام تشـــغيل وتطبيقات برمجية تمكنها من تنفيذ المهام الموكلة إليها ,وبعض الروبوتات الصـــناعية تتضـــمن ملحقا للتدريب يكون عادة لوحات تحكم ذات أزرار متصـــلة مع الحاســـب بكيبل من اجل السماح بالتحكم المباشر بالروبوت الصناعي .

يمكن أن يتحكم المشغل أو المبرمج بحركات اذرع الروبوت الصـناعي باستخدام أزرار أو أي أجهزة أخري, لإدخال المعطيات بحيث يتم تشـــغيل الروبوت يدويا ليتم كامل تتابع المهام المراد برمجتها وفي هذه الأثناء يمكن إجراء بعض عمليات الضـبط والتعديل لمنع أي جزء من الروبوت الصـناعي من الاصـطدام مع أي أجسام مجاورة .

توجد أيضـــا أنواع عديدة مختلفة من الروبوتات الصـــناعية خفيفة الحمولات أو روبوتات التجميع أو الالتقاط أو التوضـــيع التي يمكن أن توضـــع على طاولات، وتتم برمجة بعض من هذه الروبوتات بحاكمات كهروميكانيكية كما يبرمج بعضها من خلال ضبط محددات ميكانيكية علي محركاتها الهوائية .

١,٢ مشكلة البحث:-

لا يمكن للعنصر البشري أداء معظم المهام في البيئة الصـناعية بصـورة مثالية خاصـة إذا كانت درجة الخطورة عالية مثل الأماكن مرتفعة الحرارة أو التي تنبعث منها المواد الملوثة للبيئة أو الأماكن التي يصـــعب علي الإنســان الوصـــول إليها أو الأعمال الرتيبة التي تشـعر العامل بالملل, يتناول هذا البحث تصـميم روبوت صناعي مناور للعمل في خطوط الإنتاج.

١,٣ أهمية البحث:-

تكمن أهمية البحث في وضع خطوات التصميم بشكل مبسط , لمناول روبوتي تسلسلي يستخدم في الصناعة, على خطوط الإنتاج, وما يترتب على ذلك من فوائد تقنية تتعلق بالجانب الفني للعمل ورفع الإنتاجية وفي نفس الوقت تحرير الإنسان من الأعمال الرتيبة وظروف العمل التي يمكن إن تكون غير صحية بالإضافة إلى الجانب الاقتصادي .

١,٤ أهداف البحث:-

يهدف البحث إلى تصميم وتحليل روبوت صناعي مناول (SCARA) يمتلك ثلاث درجات حرية بهدف مناولة المواد قادر على القيام بمهمات الالتقاط والوضع وهذا البحث يتضمن العمل التوصيفي الميكانيكي للمناول الروبوتي ويتألف من ثلاث مفاصل اثنين دورانيتين وواحد خطي لتعميم حرية الحركة في فضاء العمل .

١,٥ منهجية البحث:-

في هذا البحث قمنا بالتوصيف الميكانيكي للروبوت الصناعي ,ثم قمنا بدراسة حركة الروبوت الأمامية باستخدام نظرية Denavit Hartenbrgr Method (D-H) وقمنا بدراسة الحركة العكسية ودراسة سرعة النهاية الفعالة باستخدام الجاكوبيان ثم قمنا بالتصميم باستخدام المعادلات الرياضية لحساب الحركة والسرعة ومناقشة نتائج التصميم النهائية.

الفصل الثاني

الإطار النظري

٢ الإطار النظري

٢,١ كاينمتيكا الروبوت

هي الوصف الرياضياتي للحركة , دون الرجوع للقوي التي تسبب الحركة .حيث يسمح التحليل الحركي للمصمم بالحصول علي المعلومات حول موضع كل مكون داخل النظام الميكانيكي ويوجد نوعان من الحركة هما

٢,٢ الحركة الأمامية :

يقصد بها دراسة إزاحة النهاية الفاعلة بمعلومة إزاحة المفاصل للروبوت (خطية_دورانية) .

٢,٢,١ نظرية Denavit_Hartenbrgr Method (D-H):

- **خطوات النظرية**:

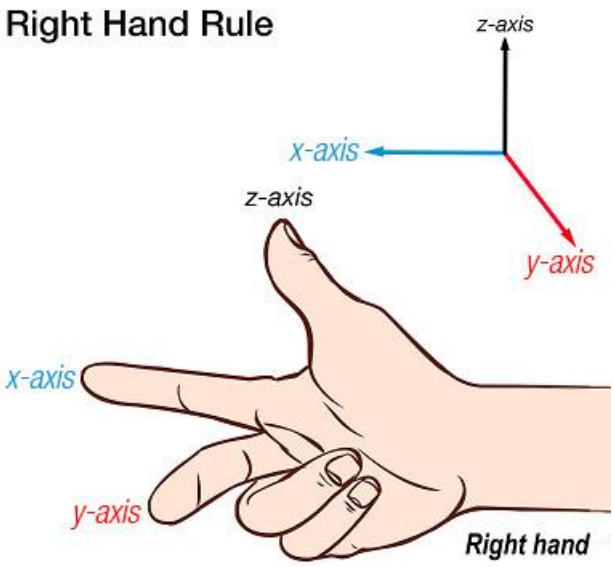
١/ رسم الروبوت بالرموز ثم وضع المحاور (X,Y,Z) في كل مفصل بالإضافة إلى القاعدة والنهاية الفاعلة بعدد(n+1) باستخدام قاعدة اليد اليمنى

n ≡ تمثل عدد المحاور

الإبهام ≡ يمثل محورZ

السبابة ≡ محور X

الوسطى ≡ محورY



شكل(١-٢) يوضح قاعدة اليد اليمني

يتم تحديد المحاور باستخدام قاعدة اليد اليمنى وفقا للشروط الآتية :

ا/ Z_i ويشير الى اتجاه محور الدوران في المفاصل الدورانية ويكون في اتجاه الحركة في المفاصل الخطية .

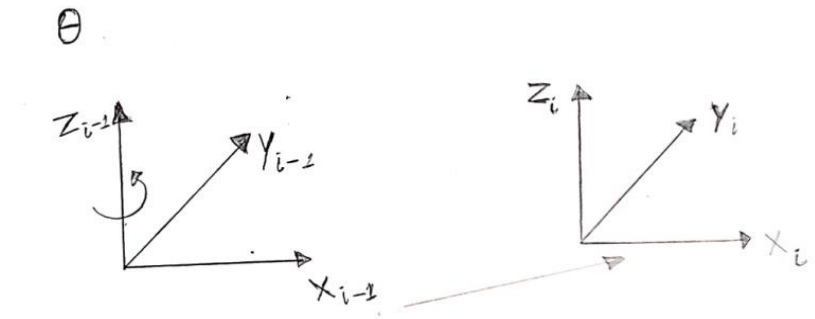
ب/ X_i يكون متعامد على Z_i و z_{i-1}

ج/ يكون امتداد X_i متقاطع مع امتداد z_{i-1}

د/ Y_i يتم تحديده باليد اليمني

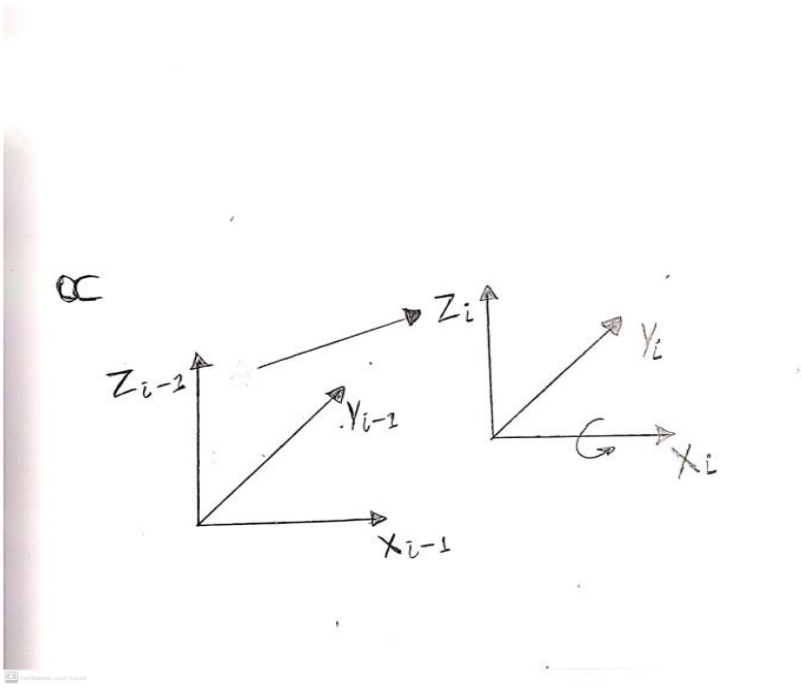
٢/إيجاد الإزاحات $\theta,\propto,a,d$ لكل مفصل وتسمي هذه الإزاحات بمعاملات (D.H Parameters) تعرف كما يلي

θ= زاوية الدوران حول محور Z_{i-1} من محور X_{i-1} الي X_i .



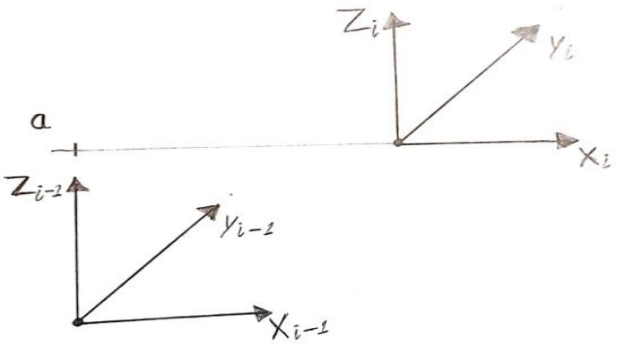
شكل (٢-٢) يوضح الدوران حول θ

∝= زاوية الدوران حول محور X_i من محور z_{i-1} الي Z_i .



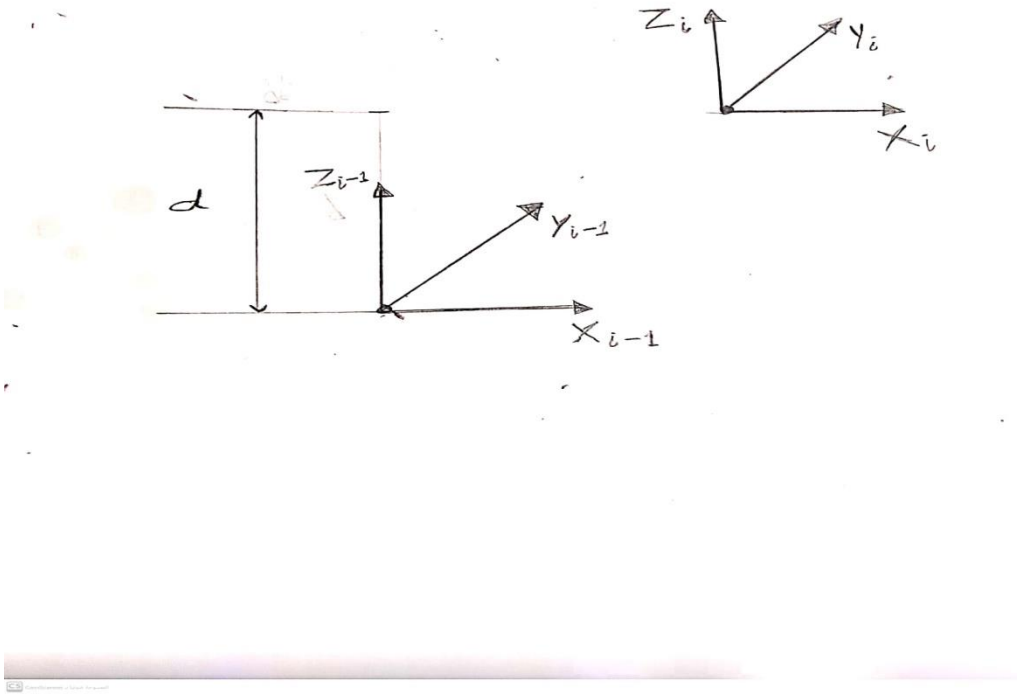
شكل(٣-٢) يوضح الدوران حول∝

a = البعد بين Z_{i-1} و Z_i في اتجاه X_i .



شكل(٤-٢) يوضح البعدa

d= البعد بين X_{i-1} و X_i في اتجاه Z_{i-1} .



شكل (٥-٢)يوضح البعد d

3 /وضع (D.H Parameters) في جدول كما يلي :

جدول (٢-١) يوضح أبعاد (D.H Parameters)

Link	θ	∝	a	d
1				
2				
3				
n				

4/ إيجاد مصفوفة التحويل للجدول أعلاه

$$A_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \cos\propto_i & \sin\theta_i \sin\propto_i & \propto_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \sin\propto_i & -\cos\theta_i \sin\propto_i & \propto_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\propto_i & \cos\propto_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (٢\text{-}١)$$

5/ إيجاد مصفوفة التحويل الكلية (A_n^0) كما يلي:

$$A_n^0 = A_1^0 . A_2^1 . A_3^2 \dots\dots\dots\dots A_n^{n-1} \qquad (٢\text{-}٢)$$

٢,٣ **الحركة العكسية:**

هي إزاحة المفاصل بمعلومية إزاحة النهاية الفاعة, باستخدام الحل الهندسي Geometric Solution

وفقا للخطوات الآتية

١/ رسم الروبوت بالرموز الاصطلاحية ووضع الإزاحات المعطاة

٢/ توضيح المحاور(X,Y,Z) في كل مفصل بالإضافة للقاعدة والنهاية الفاعلة باستخدام قاعدة اليد اليمني

٣/ رسم المسقط الأفقي أو الجانبي أو الراسي للروبوت وتوضيح بعد النهاية الفاعلة من القاعدة

- ٤/ من الرسم يتم تكوين علاقات رياضية باستخدام الدوال المثلثية ,نظرية فيثاغورث و قانون جيب التمام

$$\sin\theta$$

$$\cos\theta$$

$$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$r = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$C^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta$$

4/ حل العلاقات الرياضية أعلاه لإيجاد الإزاحات المطلوبة بمعلومية إزاحات النهاية الفاعلة $Z_n^0 Y_n^0 X_n^0$(n=1,2,3…….n)عدد المفاصل .

٢,٤ مصفوفة الدوران:

يتم وصف المستجيب النهائي بما يسمي بمصفوفة الدوران, في حين يتم وصف الموضع بمصفوفة الاتجاه.

مصفوفة (3*3) تستخدم لإيجاد الدوران من إطار X_i, Y_i, Z_i بالنسبة للإطار $X_{i-1}, Y_{i-1}, Z_{i-1}$.

مصفوفة الاتجاه تتكون من مصفوفة (*3*1*) يتم حسابها من الإطار X_i, Y_i, Z_i بالنسبة للإطار $X_{i-1}, Y_{i-1}, Z_{i-1}$.

تستخدم مصفوفة الاتجاه ومصفوفة الدوران لإيجاد

$$H_i^{i-1} = \begin{bmatrix} R_i^{i-1} & d_i^{i-1} \\ 0 \quad 0 \quad 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$R_i^{i-1} \equiv$ تمثل مصفوفة (*3*3*) مصفوفة الدوران

$d_i^{i-1} \equiv$ تمثل مصفوفة المتجه *(3*1)*

يمكن كتابة التصنيف العام للإطار(i) بالنسبة للإطار$(i-$

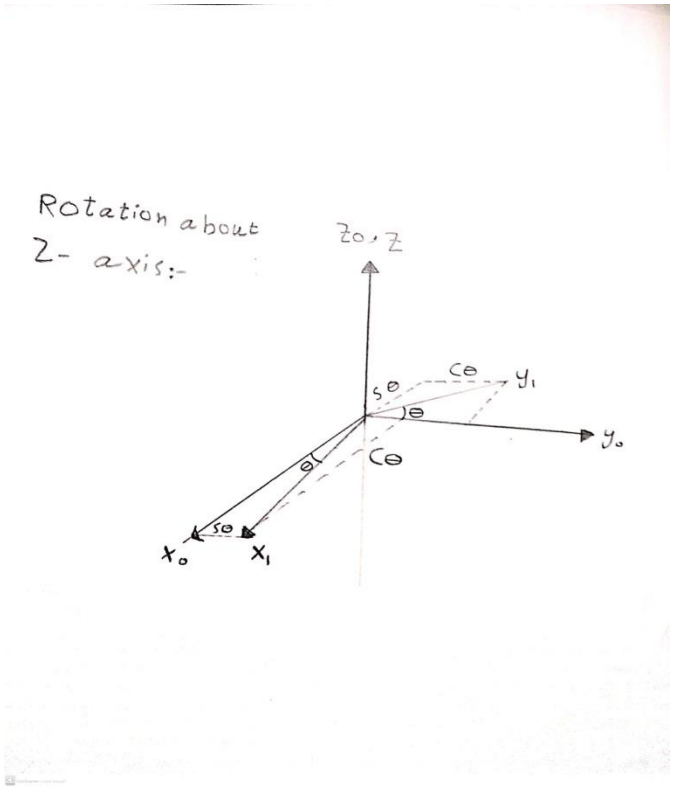
$R_i^{i-1} =$ *(1*

$$\begin{bmatrix} X_iX_{i-1} & Y_iX_{i-1} & Z_iX_{i-1} \\ X_iY_{i-1} & Y_iY_{i-1} & Z_iY_{i-1} \\ X_iZ_{i-1} & Y_iZ_{i-1} & Z_iZ_{i-1} \end{bmatrix}$$

٢,٤,١ مصفوفات الدوران الأساسية :

١/ الدوران حول محور Z

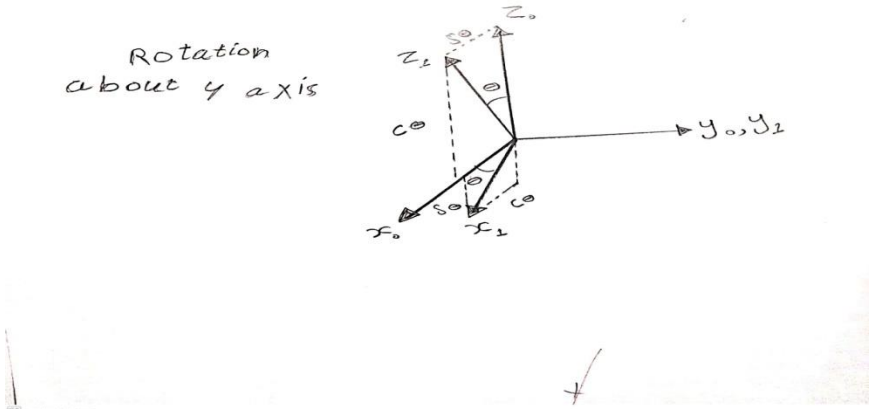
$$R_Z = \begin{matrix} . \\ X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} X_1 & Y_1 & Z_1 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} c\theta & -s\theta & 0 \\ s\theta & c\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$



شكل (٦-٢)يوضح الدوران حول محور Z

٢/الدوران حول محور Y

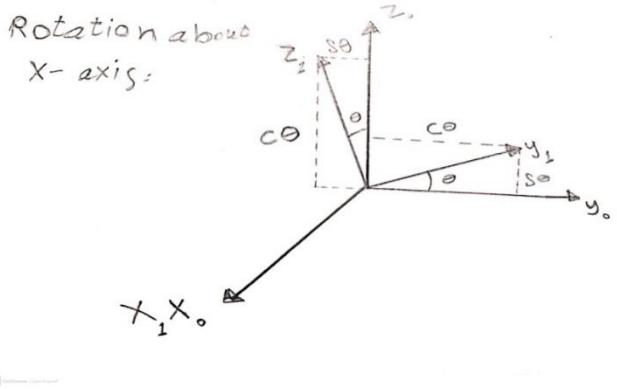
$$R_Y = \begin{matrix} . \\ X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} X_1 & Y_1 & Z_1 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} c\theta & 0 & s\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -s\theta & 0 & c\theta \end{bmatrix} \end{matrix}$$



شكل (٢-٧)يوضح الدوران حول محور Y

٣/ الدوران حول محور X

$$R_X = \begin{array}{c} \\ X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} X_1 & Y_1 & Z_1 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c\theta & -s\theta \\ 0 & s\theta & c\theta \end{bmatrix} \end{array}$$



شكل(٢-٨) يوضح الدوران حول محور X

٢,٥ حساب سرعة الروبوت :

٢,٥,١ مصفوفة الجاكوبيان:

يتم استخدام مصفوفة الجاكوبيان لإيجاد السرعات الخطية والزاوية للنهاية الفاعالة , مع الأخذ في الاعتبار الإزاحة عند المفاصل .

$$\xi = \begin{Bmatrix} V_n^0 \\ \omega_n^0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X_n^0 \\ Y_n^0 \\ Z_n^0 \\ \omega_{x\,n}^0 \\ \omega_{y\,n}^0 \\ \omega_{z\,n}^0 \end{Bmatrix}$$

يرمز لمتجه دوران المفصل بالرمز $q^{\bullet}$ ويعطى بالعلاقة

$$q^{\bullet} = \begin{bmatrix} q^{\bullet}_1 \\ q^{\bullet}_1 \\ \vdots \\ q^{\bullet}_n \end{bmatrix}$$

في حالة المفصل دوراني فان $q^{\bullet} = \theta^{\bullet}$ وفي حالة المفصل خطي فان $q^{\bullet} = d^{\bullet}$

ثم يتم سرعة النهاية الفاعلة على النحو الأتي

$$\xi = J\, q^{\bullet}$$

J ≡ مصفوفة جاكوبيان

أبعادها (6*n) حيث (n) عدد المفاصل وتكون مصفوفة الجاكوبيان على الصورة الآتية

$$J = \begin{bmatrix} J_V(3*n) & linear\ port \\ J_\omega(3*n) & angular\ port \end{bmatrix}$$

ويتم تكوينها وفقا للجدول أدناه

دول(٢-٢) تكوين مصفوفة الجاكوبيان

Motion	Prismatic	Revolute R
linearJ_V	$R_{i-1}^0 \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$	$R_{i-1}^0 \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix} (O_n^0 - O_{i-1}^0)$
AngularJ_ω	$\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$	$R_{i-1}^0 \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$

R_{i-1}^0≡ مصفوفة دوران (i=1,2,……n)

O_n^0≡ موضع النهاية الفاعلة بالنسبة للقاعدة

O_{i-1}^0≡ موضع الإطار (i-1)من القاعدة

الباب الثالث

التصميم

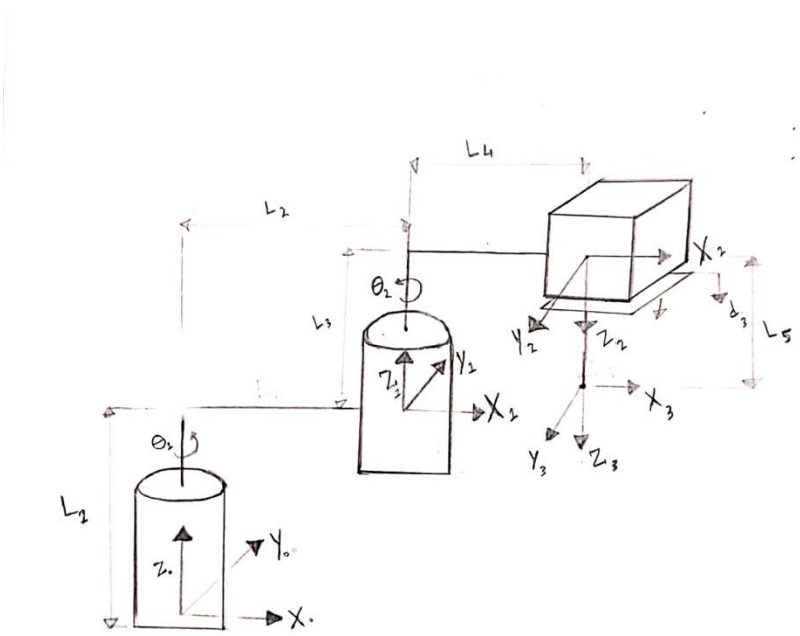
الباب الثالث

٣ التصميم

٣,١ أهداف التصميم:-

تصميم روبوت صناعي ذو ثلاث درجات حرية يتكون من مفصلين دورانيين ومفصل خطي واحد يعمل فيي خطوط الإنتاج في مصنع لقطع الغيار.

٣,١,١ أبعاد الروبوت



شكل (١-٣)يوضح روبوت SCARA

$$l_1 = 10 \text{ cm}$$

$$l_2 = 10\ cm$$

$$l_3 = 5\ cm$$

$$l_4 = 10\ cm$$

$$l_5 = 3\ cm$$

$$\theta_1^{\bullet} = 0.5\ rad/s$$

$$\theta_2^{\bullet} = 1\ rad/s$$

الوضعية الأولي للروبوت:-

$$\theta_1 = 0\ ,\theta_2 = 0\ ,d_3 = 9$$

الوضعية الثانية للروبوت:-

$$\theta_1 = 30\ ,\theta_2 = 120, d_3 = 5$$

,

٣,١,٢ حساب الحركة الأمامية:-

جدول (3-1)

Link	θ	∝	a	d
1	θ_1	0	l_2	l_1
2	θ_2	180	l_4	l_3
3	0	0	0	$l_5 + d_3$

$$A_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \cos\propto_i & \sin\theta_i \sin\propto_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \cos\propto_i & -\cos\theta_i \sin\propto_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\propto_i & \cos\propto_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_1^0 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 & 0 & l_2\cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 0 & l_2\sin\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_2^1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & \sin\theta_2 & 0 & l_4\cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & -\cos\theta_2 & 0 & l_4\sin\theta_2 \\ 0 & 0 & -1 & l_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_5 + \mathrm{d}_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_2^0 = A_1^0 * A_2^1$$

$$A_2^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - S\theta_1 S\theta_2 & C\theta_1\mathrm{S}\theta_2 + \mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 & 0 & l_4 C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 + l_2\mathrm{C}\theta_1 \\ \mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + C\theta_1\mathrm{S}\theta_2 & S\theta_1\mathrm{S}\theta_2 - C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 & 0 & l_4\mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + l_4\mathrm{C}\theta_1\mathrm{S}\theta_2 + l_2 S\theta_1 \\ 0 & 0 & -1 & l_3 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_3^0 = A_2^0 * \mathrm{A}_3^2$$

$$A_3^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - S\theta_1 S\theta_2 & C\theta_1\mathrm{S}\theta_2 + \mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 & 0 & l_4 C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 + l_2\mathrm{C}\theta_1 \\ \mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + C\theta_1\mathrm{S}\theta_2 & S\theta_1\mathrm{S}\theta_2 - C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 & 0 & l_4\mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + l_4\mathrm{C}\theta_1\mathrm{S}\theta_2 + l_2 S\theta_1 \\ 0 & 0 & -1 & l_3 + l_1 - (l_5 + \mathrm{d}_3) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$X_3^0 = l_4 C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 + l_2\mathrm{C}\theta_1$$

$$Y_3^0 = l_4\mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + l_4\mathrm{C}\theta_1\mathrm{S}\theta_2 + l_2 S\theta_1$$

$$Z_3^0 = l_3 + l_1 - (l_5 + \mathrm{d}_3)$$

الوضعية الأولى للروبوت:-

$$A_3^0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 20 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$X_3^0 = 10 * C(0)C(0) - 10S(0)S(0) + 10C(0)$$

$$X_3^0 = 20$$

$$Y_3^0 = 10 * S(0)C(0) + 10 * C(0)S(0) + 10 * S(0)$$

$$Y_3^0 = 0$$

$$Z_3^0 = 5 + 10 - (3 + 9)$$

$$Z_3^0 = 3$$

الوضعية الثانية للروبوت:-

$$A_3^0 = \begin{bmatrix} -0.866 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.866 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & -1 & 7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$X_3^0 = 10 * C(30)C(120) - 10S(30)S(120) + 10C(30)$$

$$X_3^0 = 0$$

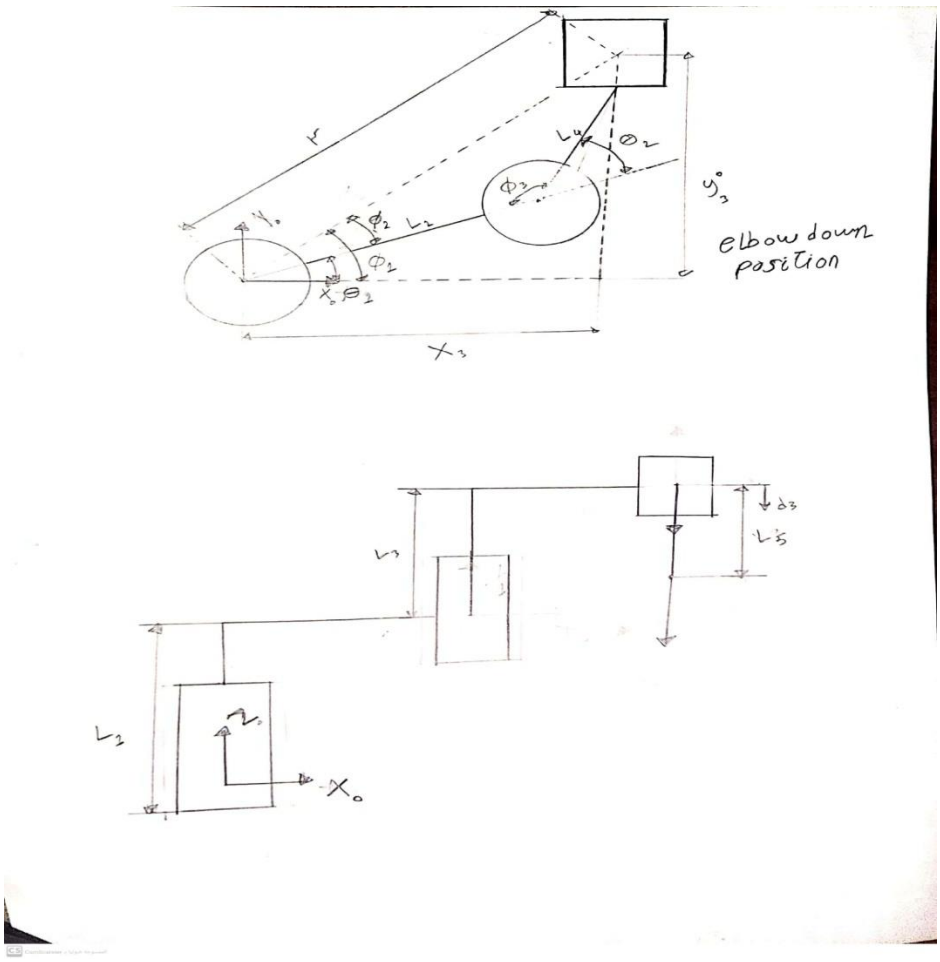
$$Y_3^0 = 10 * S(30)C(120) + 10 * C(30)S(120) + 10 * S(30)$$

$$Y_3^0 = 10$$

$$Z_3^0 = 5 + 10 - (3 + 5)$$

$$Z_3^0 = 7$$

٣,١,٣ حساب الحركة العكسية :



شكل يوضح المسقط الأمامي والجانبي لروبوتSCARA في الحركة العكسية

$$\theta_1 = \emptyset_1 - \emptyset_2 \qquad (1)$$

$$\emptyset_1 = \tan^{-1}\frac{Y_3^0}{X_3^0} \qquad (2)$$

$$l_4{}^2 = l_2{}^2 + \mathrm{r}^2 - 2l_2\mathrm{r}\cos\emptyset_2 \qquad (3)$$

$$r = \sqrt{(X_3^0)^2 + (Y_3^0)^2} \qquad (4)$$

$$\emptyset_3 = 180 - \theta_2 \qquad (5)$$

$$\mathrm{r}^2 = l_2{}^2 + l_4{}^2 - 2l_2l_4\cos\emptyset_3 \qquad (6)$$

$$Z_3^0 = l_1 + l_3 - (l_5 + \mathrm{d}_3) \qquad (7)$$

بتعويض قيم $X_3^0 Y_3^0 Z_3^0$من الحالة الاولي في الحركة الامامية وابعاد الروبوت

$$\theta_1 = 0$$

$$\theta_1 = 0$$

$$d_3 = 9$$

بتعويض قيم $X_3^0 Y_3^0 Z_3^0$من الحالة الثانية في الحركة الأمامية و أبعاد الروبوت

$$\theta_1 = 30$$

$$\theta_1 = 120$$

$$d_3 = 5$$

٣,١,٤ حساب السرعة:-

طريقة الجاكوبيان :-

$$\xi = \mathrm{J} * q^{\bullet} \qquad (1)$$

$$\begin{Bmatrix} \mathrm{X}_\mathrm{n}^0 \\ \mathrm{Y}_\mathrm{n}^0 \\ \mathrm{Z}_\mathrm{n}^0 \\ \omega_{\mathrm{x\,n}}^0 \\ \omega_{\mathrm{y\,n}}^0 \\ \omega_{\mathrm{z\,n}}^0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} R_0^0 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} (O_3^0 - O_0^0) & R_1^0 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} (O_3^0 - O_1^0) & R_2^0 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \\ R_0^0 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & R_1^0 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1^{\bullet} \\ \theta_2^{\bullet} \\ d_3^{\bullet} \end{bmatrix} \qquad (2)$$

$$R_0^0 = I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (3)$$

$$O_0^0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (4)$$

$$\mathrm{H}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{i-1}} = \begin{bmatrix} R_i^{i-1} & d_i^{i-1} \\ 0 \quad 0 \quad 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (5)$$

من مصفوفة التحويلA_1^0 وA_2^0 و A_2^0

$$R_1^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (6)$$

$$R_2^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - S\theta_1 S\theta_2 & C\theta_1\mathrm{S}\theta_2 + \mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 & 0 \\ \mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + C\theta_1\mathrm{S}\theta_2 & S\theta_1\mathrm{S}\theta_2 - C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \qquad (7)$$

$$O_1^0 = d_1^0 = \begin{bmatrix} l_2\,\mathrm{c}\,\theta_1 \\ l_2\,\mathrm{s}\,\theta_1 \\ l_1 \end{bmatrix} \qquad (8)$$

$$O_{3=}^0 d_3^0 = \begin{bmatrix} l_4 C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 + l_2\mathrm{C}\theta_1 \\ l_4\mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + l_4\mathrm{C}\theta_1\mathrm{S}\theta_2 + l_2 S\theta_1 \\ l_3 + l_1 - (l_5 + \mathrm{d}_3) \end{bmatrix} \qquad (9)$$

بتعويض المعادلات أعلاه

$$= \left\{ \begin{matrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_4 C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 + l_2\mathrm{C}\theta_1 \\ l_4\mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + l_4\mathrm{C}\theta_1\mathrm{S}\theta_2 + l_2 S\theta_1 \\ l_3 + l_1 - (l_5 + \mathrm{d}_3) \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_4 C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 \\ l_4\mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 + l_4\mathrm{C}\theta_1\mathrm{S}\theta_2 \\ l_3 - (l_5 + \mathrm{d}_3) \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \right\} \begin{bmatrix} \theta_1^{\bullet} \\ \theta_2^{\bullet} \\ d_3^{\bullet} \end{bmatrix}$$

$$\xi = \begin{bmatrix} -l_4\mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4\mathrm{C}\theta_1\mathrm{S}\theta_2 - l_2 S\theta_1 & -l_4\mathrm{S}\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4\mathrm{C}\theta_1\mathrm{S}\theta_2 & 0 \\ l_4 C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 + l_2\mathrm{C}\theta_1 & l_4 C\theta_1\mathrm{C}\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1^{\bullet} \\ \theta_2^{\bullet} \\ d_3^{\bullet} \end{bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} X_3^0 \\ Y_3^0 \\ Z_3^0 \\ \omega_{x\,3}^0 \\ \omega_{y\,3}^0 \\ \omega_{z\,3}^0 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} (-l_4 S\theta_1 C\theta_2 - l_4 C\theta_1 S\theta_2 - l_2 S\theta_1)\dot{\theta_1} + (-l_4 S\theta_1 C\theta_2 - l_4 C\theta_1 S\theta_2)\dot{\theta_2} \\ (l_4 C\theta_1 C\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2 + l_2 C\theta_1)\dot{\theta_1} + (l_4 C\theta_1 C\theta_2 - l_4 S\theta_1 S\theta_2)\dot{\theta_2} \\ -\dot{d_3} \\ 0 \\ 0 \\ \dot{\theta_1} + \dot{\theta_2} \end{bmatrix}$$

$$\dot{d_3} = \frac{d_3}{T_3} \ , \ \dot{\theta_2} = \frac{\theta_2}{T_2} \quad \dot{\theta_1} = \frac{\theta_1}{T_1}$$

بفرض إن الزمن لكل مفصل هو :

$$T_1 = 0.5s \ , \ T_2 = 0.75s \ , \ T_3 = 1.5s$$

الوضعية الأولي :

$$, \theta_2 = 0 \ , d_3 = 5\ cm \theta_1 = 0$$

$$\dot{\theta_1} = 0 \quad \dot{d_3} = \frac{5}{1.5} = 3.33cm/s \qquad \dot{\theta_1} = 0$$

$$\begin{Bmatrix} X_3^0 \\ Y_3^0 \\ Z_3^0 \\ \omega_{x\,3}^0 \\ \omega_{y\,3}^0 \\ \omega_{z\,3}^0 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 20\dot{\theta_1} + 10\dot{\theta_1} \\ -\dot{d_3} \\ 0 \\ 0 \\ \dot{\theta_1} + \dot{\theta_2} \end{bmatrix}$$

$$X_3^0 = 0$$

$$Y_3^0 = 20 * 0 + 10 * 0 = 0$$

$$Z_3^0 = -3.33cm/s$$

$$\omega_{x\,3}^0 = 0$$

$$\omega_{Y\,3}^0 = 0$$

$$\omega_{Z\,3}^0 = 0$$

الوضعية الثانية:

$$\theta_1 = 30^0 = 0.52\,rad\,,\quad ,\, d_3 = 9\,cm\quad \theta_2 = 120^0 = 2.09\,rad$$

$$,\ \theta_2^{\bullet} = \frac{2.09}{0.75} = 2.87\,rad/S\ \ ,\, d_3^{\bullet} = \frac{9}{1.5} = 6\,cm/s\theta_1^{\bullet} = \frac{0.52}{0.5} = 1.045\,rad/S$$

$$\begin{Bmatrix} X_3^0 \\ Y_3^0 \\ Z_3^0 \\ \omega_{x\,3}^0 \\ \omega_{y\,3}^0 \\ \omega_{z\,3}^0 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -10\theta_1^{\bullet} - 5\theta_2^{\bullet} \\ -8.66\theta_2^{\bullet} \\ -d_3^{\bullet} \\ 0 \\ 0 \\ \theta_1^{\bullet} + \theta_2^{\bullet} \end{bmatrix}$$

$$X_3^0 = -10\theta_1^{\bullet} - 5\theta_2^{\bullet}$$

$$X_3^0 = -10 * 1.045 - 5 * 2.87 = -24.8\,cm/s$$

$$Y_3^0 = -8.66\theta_2^{\bullet}$$

$$Y_3^0 = -8.66 * 2.87 = -24.85cm/s$$

$$Z_3^0 = -d_3^{\bullet} = -6cm/s$$

$$\omega_{x\,3}^0 = 0$$

$$\omega_{Y\,3}^0 = 0$$

$$\omega_{Z\,3}^0 = \theta_1^{\bullet} + \theta_2^{\bullet} = 1.045 + 2.87 = 3.915\,rad/s$$

الباب الرابع

المناقشة والنتائج

الباب الرابع

المناقشة والنتائج

٤-١ المقدمة:-

قمنا في هذا البحث بإجراء الحسابات التصميمية والدراسات الهندسية من اجل تصميم روبوت صناعي مناور ,SCARA ذو ثلاث درجات حرية للعمل في خطوط الإنتاج على نقل قطع الغيار في زمن كلي 2.75 s.

٤-٢ مناقشة حركة الروبوت:-

قمنا بتصميم روبوت يتكون من ثلاثة مفاصل, مفصلين دورانيين ومفصل خطي ومكون من خمسة وصلات لكي يتحرك بزاوية $\theta_1 = 30$ من القاعدة $\theta_2 = 120$ في المفصل الثاني بمعلومية اطوال الوصلات بين المفاصل الثلاثة وتم توضييح المحاور الثلاثة X,Y,Z بقاعدة اليد اليمني وباستخدام نظرية Denavit_Hartenbrgr Method (D-H) تم حساب الإزاحات لتحديد النهاية الفاعلة التي وجد أنها تبعد 20cm من القاعدة وهي أقصي إزاحة في الاتجاه الأفقي.

تتحكم الزاوية θ_2 في المسافة بين القاعدة والنهاية الفاعلة بحيث تصل الإزاحة الخطية عند$\theta_2 =$0 إلي أقصي قيمة لها,وتقل الإزاحة الخطية كلما زادت قيمة θ_2 أي انه يوجد علاقة طردية بين زواية المفصل الثاني وإزاحة النهاية الفاعلة في المحور الأفقي, بينما يعمل المفصل الثالث على التحكم في حركة النهاية الفاعلة إلي الأعلى والأسفل.

امتلاك الروبوت ثلاث درجات حرية يؤمن مرونة في عمله ضمن منطقة العمل ولكن من الأفضل زيادة درجة حرية رابعة لتعطي أكثر من طريقة لالتقاط الأجسام.

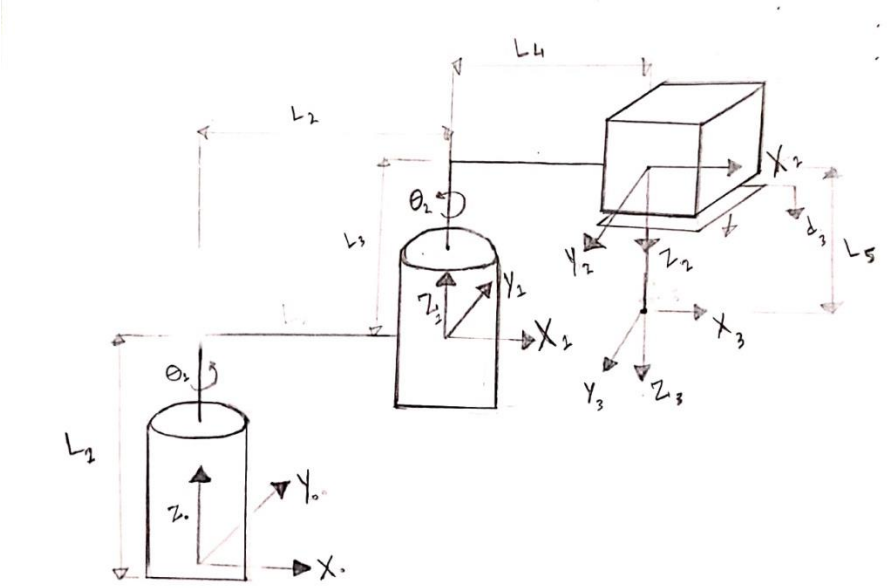
٤-٣ مناقشة سرعة الروبوت:-

تم حساب سرعة الروبوت الزاوية والخطية بمعلومية الزمن وزوايا دوران المفاصل ووجد أن سرعة المفصل الأول في الحالة الأولى عند $\theta_1, \theta_2 = 0$ ووجد أن السرعات الزاوية $\theta_1^{\bullet}, \theta_2^{\bullet} = 0$ قبل بدأ حركة الروبوت, وعند تحريك الروبوت بزاوية $\theta_1 = 30, \theta_2 = 120$ عند القاعدة والمفصل الثاني علي التوالي وجد أن السرعة الزاوية للمفصل الأول $\theta_1^{\bullet} = 1.045 rad/S$ وسرعة المفصل الثاني $\theta_2^{\bullet} = 2.87\ rad/S$ وبحساب السرعات في المفاصل تم حساب السرعات الزاوية والخطية للنهاية الفاعلة في فضاء العمل ووجد

أنها تساوي $\mathrm{Z}_3^0 = -6\frac{cm}{s}$ والسرعة الزاوية $\mathrm{X}_3^0 = -24.8 - 24.8\frac{cm}{s}, \mathrm{Y}_3^0 = -24.85 - 24.8\frac{cm}{s}$

$s\omega_{\mathrm{Z}\,3}^0 = 3.915\, rad/$ و $\omega_{\mathrm{x}\,3}^0, \omega_{\mathrm{x}\,3}^0 = 0$

الشكل أدناه يبين شكل الروبوت SCARAالذي قمنا بتصميميه



شكل (١-٤)يوضح التصميم للروبوت SCARA

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

الباب الخامس

٥ الخلاصة التوصيات

٥-١ الخلاصة:-

قمنا في هذا البحث بإجراء الحسابات التصميمية والدراسة الهندسية من اجل تصميم مناول روبوتيي صناعيي من نوعSCARAبثلاث درجات حرية ,يقوم بأعمال المناولة في خطوط الإنتاج, وذلك حسب خطوات العمل الآتية :

- التوصيف الميكانيكي للروبوت .
- دراسة الحركة الأمامية للروبوت .
- دراسة الحركة العكسية للروبوت .
- دراسة سرعة الروبوت .
- تحديد زمن الحركة .

٥-٢ التوصيات:-

استطاعت الأذرع الروبوتية في الآونة الأخيرة فرض سيطرتها في عمليات التصنيع لذلك بوصي:-

- إدراج مقررات تعني بتصميم وبرمجة الروبتات الصناعية .
- الدعم المادي للأبحاث المتعلقة بهذا التصميم ليتم تصنيعها محليا لما لذلك من فوائد تقنية تتعلق بالجانب الفني للعملية الإنتاجية بالإضافة للجانب الاقتصادي.
- زيادة درجة حرية رابعة لتعطي أكثر من طريقة لالتقاط الأجسام.

المراجع:-

- مجلة جامعة تشرين للبحوث الدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية – مجلد 48- العدد4-2016
- Dr Imdedin Mahmoud Mahdi,INDUSTRIAL ROBOTICS 2021
- Jorge Angeles,FUNDAMENTALS OF ROBOTIC MECHANNICAL SYSTEMS 2014