بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

چکیده

پیشگفتار ۳

۱-۱- تعریف ربات ۳

۱-۱-۱- دسته بندی ربات‌ها ۳

۱-۱-۲- دسته بندی اتحادیه ربات‌های ژاپنی ٤

۱-۱-۳- دسته بندی موسسه رباتیک آمریکا ٥

۱-۲- بیان مساله ٥

۱-۲-۱- بازوی مکانیکی ماهر (Mechanical Manipulator) ٦

۱-۲-۲-مفهوم درجه آزادی در بازوهای رباتیک ٦

۱-۲-۳-سنسورها ۸

۱-۲-٤-کنترل کننده ۸

۱-۲-٥- واحد تبدیل توان ۱۰

۱-۲-٦- محرک مفاصل ۱۰

۱-۳-اهمیت موضوع ۱۱

۱-٤-هدف از انجام پروژه ۱۲

فصل دوم مروری بر کارهای انجام شده ۱۳

۲-۱- طبقه بندی ربات‌ها ۱٤

۲-۱-۱- طبقه بندی ربات‌ها از نقطه نظر کاربرد ۱٤

۲-۱-۲- طبقه‌بندی از نقطه نظر استراتژی کنترل در نسل‌های ربات ۱٥

۲-۱-۳-طبقه بندی از نقطه نظر هندسه حرکت ۱۸

الف-مختصات کارتزین ۱۹

ب-مختصات استوانه ای ۱۹

ج-مختصات کروی ۱۹

۲-۱-٤- مختصات لولایی (دورانی) ۲۱

۲-۱-٥- مشخصات ربات ۲۲

ه-قابلیت تکرار و دقت ۲٤
۲-۱-٦- مرور سوابق تحقیق ۲٥

فصل سوم

مدل سازی ربات سریال ۲۷
۳-۱- دینامیک ربات های سریال ۲۸
۳-۱-۱- دینامیک ربات با رابط و مفصل های صلب ۲۸
۳-۱-۲- خواص دینامیک ربات های سریال ۲۸
۳-۱-۳- خواص ماتریس اینرسی ۲۹
۳-۱-٤- خواص عبارت های گریز از مرکز و کوریولیس ۲۹
۳-۱-٥- خواص عبارت گرانش ۳۰
۳-۱-٦- خواص عبارت اصطکاک ۳۰
۳-۱-۷- خواص عبارت اغتشاش ۳۱
۳-۲- روش های کلاسیک کنترل ربات های سریال ۳۱
۳-۲-۱- کنترل مفصل مستقل ۳۲
۳-۳- کنترل PD ۳۳
۳-٤- کنترل PID ۳٥
۳-٥- روش های کنترل وابسته به مدل ۳٦
۳-٦- روش گشتاورِ محاسبه شده ۳۷
۳-۷- حلقه خارجی PD ۳۹
۳-۸- حلقه خارجی PID ٤۰
۳-۹- کنترل کننده های گشتاور محاسبه شده تقریبی ٤۱
۳-۱۰- کنترل PD - گرانش ٤۲

فصل چهارم شبیه سازی ۴۳

٤-۱- نیروی محیط ٤٤
٤-۲- ماتریس ژاکوبین و نیروهای محیطی ٤٦
٤-۳- محاسبه فضای کاری برای ربات متحرک بر روی سطح صاف ٥۰
٤-٤- محاسبه دینامیک ربات، برای ربات متحرک بر روی یک سطح بیضی شکل ٥۰

٤-٥- شبیه سازی هیبریدی موقعیت نیرو برای ربات های سریال ٥٢

٤-٦- مدلسازی دینامیک ربات به توجه به امپدانس محیط ٥٤

فصل پنجم **نتیجه گیری و پیشنهاد** ٥٦

٥-١- سازي كنترل هيبريد موقعيت- نيرو براي ربات سريال دو درجه آزاد ٥٧

٥-٢- مروری بر تحقیق انجام شده ٦١

٥-٣- پیشنهاداتی برای کارهای آینده ٦١

فهرست اشکال

عنوان **شماره صفحه**

شکل ۱-۱- مؤلفه های یک ربات ۵

شکل ۱-۲- نمایش مفهوم درجه آزادی ۷

شکل ۱-۳- سلسله مراتب زیر سیستم های یک ربات متحرک نمونه ۱۰

شکل۱-۴ساختار کنترل کننده هیبرید مکان-نیرو[۲] ۱۲

شکل ۲-۱- کنترل کننده برای نسل اول و دوم ۱۶

شکل ۲-۲- کنترل کننده نسل سوم ربات‌ها ۱۷

شکل ۲-۳- کنترل کننده نسل چهارم ربات‌ها ۱۸

شکل ۲-۴- ربات کارتزین ۱۹

شکل ۲-۵- ربات استوانه ای ۲۰

شکل ۲-۶- ربات کروی ۲۱

شکل۲-۷- ربات دورانی ۲۱

شکل ۲-۸- جهت گیری دست ربات ۲۴

شکل ۳-۱ کنترل مفصل مستقل PD [۱۲] ۳۵

شکل ۳-۲ کنترل مفصل مستقل PID [۱۳] ۳۵

شکل ۳-۳ روش گشتاور محاسبه شده با حلقه های داخلی و خارجی **[۱۴]** ۳۸

شکل ۳-۴- کنترل کننده گشتاور محاسبه شده PD [۱۴] ۳۹

شکل ۳-۵ کنترل کننده گشتاور محاسبه شده PID [۱۴] ۴۰

شکل ۴-۱- محیط و ربات یک درجه آزاد ۴۴

شکل ۴-۲- مدلسازی محیط بصورت فنر همراه با ربات یک درجه آزاد ۴۵

شکل ۴-۳-ربات متحرک بر روی سطح ۴۷

شکل ۴-۴-ربات متحرک بر روی سطح بیضی شکل ۵۰

شکل۵-۱-ربات دو درجه آزادی با مفصل های کشویی ۵۷
شکل ۵-۲- ربات دو درجه آزاد با لینکهای صلب و مفصلهای کشویی[۱۸] ۵۷
شکل ۵-۳- ربات دو درجه آزاد با مفصلهای کشوی که بر روی سطح شیبدار حرکت می کند[۱۸]..... ۵۸
شکل۵-۴-ردیابی موقعیت ربات با کنترل کننده هیبرید مکان-نیرو ۵۹
شکل۵-۵-ردیابی نیرو برای ربات با کنترل کننده هیبرید مکان-نیرو ۶۰
شکل ۵-۶-سیگنالهای کنترل با کنترل کننده هیبرید مکان-نیرو ۶۰

چکیده:

در این تحقیق ابتدا مقدمه ای در مورد ربات ها بیان شد. از جمله دسته بندی ربات‌ها، اجزاء اصلی یک ربات، در ادامه مروری بر سوابق تحقیق در زمینه کنترل ربات های هیبریدی موقعیت-نیرو ارایه گردید. الگوریتم های کنترلی ارائه شده برای ربات ها بررسی و مقایسه شدند. در کاربردهای رباتیک، برای کارهای معمولی همانند حرکت یک جسم و یا رنگ زدن تنها حرکت مجری نهایی ربات یا به عبارت دیگر ردیابی مسیر حرکتی ربات کافی است. اما در کارهایی که نیاز به تماس ربات با محیط دارد همانند ساییدن فلزات یا پاک کردن شیشه ها، نیروی تماس بین ربات و محیط از اهمیت خاصی برخوردار است. در نتیجه کنترل این دو مورد به طور همزمان نیاز به کنترل هیبریدی دارد. از این رو کنترل کننده هیبرید موقعیت-نیرو بطور کامل مورد بررسی قرار گرفت. این کنترل کننده بطور همزمان توانست ردیابی موقعیت و نیرو را به خوبی انجام دهد. در آخر شبیه سازی با استفاده از نرم افزار متلب برای بررسی عمکرد کنترل کننده انجام شد. برای نشان دادن کارایی کنترل کننده هیبرید مکان-نیرو از یک ربات دو درجه آزاد با مفصلهای کشویی استفاده و نتایج شبیه سازی ارایه گردید. نتایج شبیه سازی ردیابی مناسب موقعیت و نیرو را برای دو ورودی نمایی و سینوسی نشان داد.

واژه های کلیدی: ربات سریال، شبیه سازی ربات، کنترل کننده هیبریدی، کنترل کننده PD، کنترل کننده موقعیت.

فصل اول

مقدمه

پیشگفتار

در این فصل ابتدا مقدمه ای در مورد ربات ها بیان خواهد شد. سپس به بررسی تک تک اجزا آن خواهیم پرداخت. در انتها مروری بر سوابق تحقیق در زمینه کنترل رباتها ارایه می گردد.

۱-۱-تعریف ربات

دو تعریف موجود در رابطه با کلمه ربات از قرار زیر می‌باشند:

۱- تعریفی که توسط COD [1] صورت گرفته است؛ ماشینی مکانیکی با ظاهر یک انسان که باهوش و مطیع بوده ولی فاقد شخصیت است. این تعریف چندان دقیق نیست، زیرا تمام ربات‌های موجود دارای ظاهری انسانی نبوده و تمایل به چنین امری نیز وجود ندارد.

۲- تعریفی که توسط مؤسسه ربات آمریکا صورت گرفته است، وسیله ای با دقت عمل زیاد که قابل برنامه ریزی مجدد بوده و توانایی انجام چند کار را دارد و برای حمل مواد، قطعات، ابزارها یا سیستم های تخصصی طراحی شده و دارای حرکات مختلف برنامه ریزی شده است و هدف از ساخت آن انجام وظایف گوناگون می باشد.

۱-۱-۱- دسته بندی ربات‌ها

ربات‌ها در سطوح مختلف دو خاصیت مشخص را دارا می‌باشند:

۱- تنوع در عملکرد

۲- قابلیت تطبیق خودکار با محیط

به منظور دسته بندی ربات‌ها لازم است که قادر به تعریف و تشخیص انواع مختلف آنها باشیم. سه دسته بندی مختلف در مورد ربات‌ها وجود دارد. دسته بندی اتحادیه ربات‌های ژاپنی، دسته بندی مؤسسه رباتیک آمریکا و دسته بندی اتحادیه فرانسوی ربات‌های صنعتی.

[1] Concise Oxford Dictionary

۱-۱-۲- دسته بندی اتحادیه ربات‌های ژاپنی

انجمن ربات‌های صنعتی ژاپن، ربات‌ها را به شش گروه زیر تقسیم می کند:

۱- یک دست مکانیکی که توسط اپراتور کار می کند: وسیله ای است که دارای درجات آزادی متعدد بوده و توسط عامل انسانی کار می کند.

۲- ربات با ترکیبات ثابت: این دسته ربات‌ها با ترکیبات ثابت طراحی می شوند. در این حالت یک دست مکانیکی کارهای مکانیکی را با قدمهای متوالی تعریف شده انجام می دهد و به سادگی ترتیب کارها قابل تغییر نیست.

۳- ربات با ترکیبات متغیر: یک دست مکانیکی که کارهای تکراری را با قدمهای متوالی و با ترتیب تعریف شده، انجام می دهد و این ترتیب به سادگی قابل تغییر است.

٤- ربات قابل آموزش: اپراتور در ابتدای امر به صورت دستی با هدایت یا کنترل ربات کاری را که باید انجام شود، انجام می دهد و ربات مراحل انجام وظیفه را در حافظه ضبط می کند. هر وقت که لازم باشد، می توان اطلاعات ضبط شده را از ربات درخواست نمود و ربات وظیفه درخواست شده را بصورت خودکار انجام می دهد.

۵- ربات با کنترل عددی: اپراتور وظیفه ربات را توسط یک برنامه کامپیوتری به او تفهیم می نماید و نیازی به هدایت دستی ربات نیست. درواقع ربات با کنترل عددی، رباتی است که با برنامه کامپیوتری کار می کند.

٦- ربات هوشمند: این ربات درک از محیط و استعداد انجام کار با توجه به تغییر در شرایط و محدوده عمل کار را دارد.

۱-۱-۳- دسته بندی مؤسسه رباتیک آمریکا

دسته بندی مؤسسه رباتیک آمریکا انستیتوی رباتیک آمریکا تنها موارد ۳ و ٤ و ۵ و ٦ را به عنوان ربات پذیرفته است.

۱-۳-۳- دسته بندی اتحادیه فرانسوی ربات‌های صنعتی

مؤسسه ربات صنعتی فرانسوی، ربات‌ها را به شکل زیر تقسیم کرده است:

نوعA: دستگاهی که توسط دست یا از راه دور کنترل می شود .

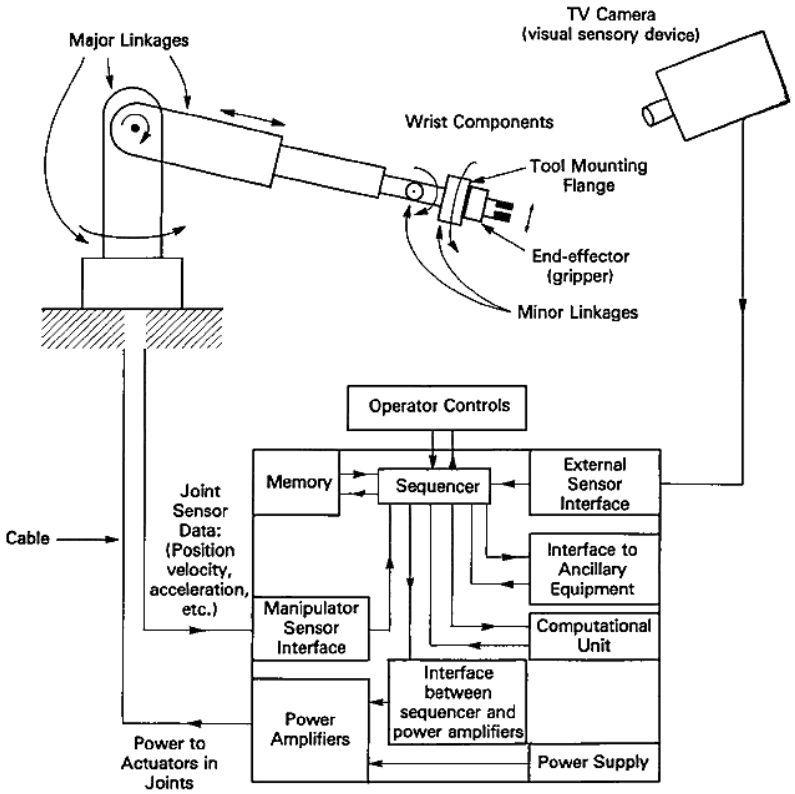
نوعB: وسیلهٔ حمل کننده خودکار با یک سیکل محاسبه شده از قبل .

نوعC: دستگاهی قابل برنامه ریزی و با توانایی خود کنترل .

نوعD: دستگاهی که قادر است اطلاعات معینی از محیط را بدست بیاورد و به عنوان ربات باهوش معروف است .

۱-۲-بیان مساله

مهندسی ربات، مهندسیهای نرم افزار، سخت افزار، برق و مکانیک را در خدمت خود گرفته است. بعضی مواقع این علوم به حد کافی پیچیده می‌باشند. همچنانکه در شکل(۱-۱) مشاهده می شود هر ربات دارای ۵ مؤلفه به شرح ذیل می باشد.



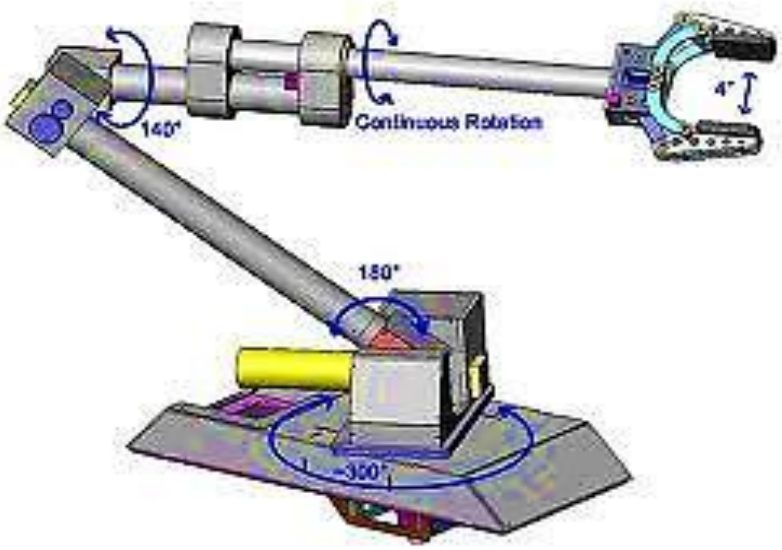
شکل ۱-۱- مؤلفه های یک ربات

۱-۲-۱-بازوی مکانیکی ماهر (Mechanical Manipulator)

بازوی مکانیکی شامل چندین واصل است که با مفصلها به هم وصل می شوند . این واصلها در جهات مختلف در فضای کاری قادر به حرکت می‌باشند. حرکت یک مفصل بخصوص باعث حرکت یک یا چند واصل می شود. عامل تحریک مفصل می تواند مستقیماً یا از طریق بعضی انتقالات مکانیکی بر واصل بعدی متصل شود. به واصل نهایی بازوی مکانیکی وسیله کاری ربات وصل شده است که به آن عامل نهایی می گویند. هر یک از مفصلهای ربات یک محور مفصل دارند که واصل حول آن می چرخد. هر محور مفصل یک درجه آزادی تعریف می کند. بیشتر ربات‌ها دارای ٦ درجه آزادی می‌باشند به عبارت دیگر دارای ٦ مفصل، بمنظور حرکت در ٦ جهت. اولین سه مفصل ربات به عنوان محورهای اصلی شناخته می شوند. بطورکلی صرف نظر از جزئیات، محورهایی که برای محاسبه موقعیت و استقرار مچ استفاده می شوند، محورهای اصلی ربات هستند. محورهای مفصل‌های باقیمانده جهت قرار گرفتن دست ربات را مشخص می کنند، و لذا محورهای فرعی نامیده می شوند.

۱-۲-۲-مفهوم درجه آزادی در بازوهای رباتیک

اعضایی مانند چشم که به چپ و راست، بالا و پایین حرکت می کند یا ترکیبی از این دو حرکت را به نمایش می گذارند، دو درجه ی آزادی دارد. چرخ جلو دوچرخه علاوه بر دوران می تواند تغییر جهت دهد، پس از دو درجه ی آزادی بهره مند است.



شکل ۱-۲- نمایش مفهوم درجه آزادی

دست انسان در ناحیه ی کتف می تواند به جلو و عقب، چپ و راست حرکت کند و همچنین موجب دوران و تغییر زاویه شود. بنابراین دست انسان در ناحیه ی کتف سه درجه آزادی دارد. یک اسکوتر نیز که فقط دو چرخ و یک فرمان دارد از سه درجه آزادی بهره مند است. منظور از درجه آزادی قسمتی از ربات، آن است که آن بخش در جهتی حرکت یا دوران می کند.

معمولاً هر مفصل و اتصال در ربات، بیانگر یک درجه آزادی است. بیشتر ربات ها امروزه پنج تا شش درجه ی آزادی دارند. معمولاًربات های جوشکاری بیشترین درجه ی آزادی یعنی شش را دارند، ولی ربات های ساده ی حمل مواد دارای سه درجه ی آزادی هستند.

دو نوع مفصل اصلی به صورت گسترده در صنعت ربات‌ها بکار گرفته می شود. مفصل دورانی که نمایش دهنده حرکت چرخشی حول یک محور است و مفصل انتقالی یا لغزشی که نمایش دهنده حرکت خطی در طول یک محور است، (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱- انواع مفصل ربات

Description Notation Type
Rotary motion about an axis R Revolute
Linear motion along an axis P Prismatic

۱-۲-۳-سنسورها

برای کنترل صحیح بازوی مکانیکی بایستی وضعیت هر مفصل شناخته شده باشد. منظور از وضعیت، موقعیت مفصل، سرعت و شتاب می باشد. بنابراین در مفصل‌ها بایستی سنسورهایی جهت دید مفصلها و وصل‌ها جهت تعیین موقعیت، گشتاور، سرعت، شتاب، و... نصب شود، تا وضعیت مفصل‌ها به کنترلر ابلاغ شود. خواندن اطلاعات سنسور، یا در اتمام حرکت یا در حین حرکت انجام می گیرد و با ارسال اطلاعات آنی سنسورها به کنترل کننده، کنترل صحیح و واقعی سیستم مکانیکی انجام می شود. این اطلاعات سنسوری، دیجیتال یا آنالوگ و یا ترکیبی می‌باشند.

۱-۲-٤-کنترل کننده

بخشی است که به بازوی مکانیکی، هوش انجام کار را می‌دهد. کنترلر معمولاً از بخشهای ذیل تشکیل می‌شود:

۱- واحدی که اجازه می‌دهد ربات از طریق سنسورها با محیط بیرون ارتباط داشته باشد.

۲- حافظه جهت ذخیره داده‌هایی که مختصات را تعریف می‌کنند تا بازو با توجه به این مختصات حرکت کند (برنامه).

۳- واحدی که داده ذخیره شده در حافظه را تغییر می‌دهد و سپس داده را برای ارتباط دادن با مؤلفه‌های دیگر کنترل بکار می برد.

٤- حرکت مؤلفه‌های بخصوصی در نقاط معینی مقدار دهی اولیه شده و در نقطه بخصوص دیگری پایان می‌یابند.

٥- واحد محاسباتی که محاسبات لازم برای کنترلر را انجام می دهد. به عبارت دیگر، برای انجام صحیح اعمال بایست یک سری محاسبات جهت مشخص کردن مسیر، سرعت و موقعیت بازوی مکانیکی انجام شود.

٦- واسطی جهت بدست آوردن داده ها (مختصات هر مفصل، اطلاعاتی از سیستم بینایی و واسطی جهت اعمال سیگنالهای کنترل به محرک مفصلها.

٧- واسطی جهت انتقال اطلاعات کنترلر به واحد تبدیل توان، به طوری که محرک های مفصلها باعث بشوند که مفصلها به صورت مطلوب حرکت کنند.

٨- واسط به تجهیزات دیگر، بطوری که کنترلر ربات با واحدهای خارجی یا ابزارهای کنترل دیگر، ارتباط داشته باشد.

٩- وسایل و تجهیزات لازم جهت آموزش ربات.

کنترل کننده های ربات ها به ٥ دسته تقسیم بندی می شوند:

١- کنترل با قدم ساده (Simple Step Sequencer)

٢- سیستم منطقی پنوماتیکی (Pneumatic Logic System)

٣- کنترل کننده با قدمهای الکترونیکی(Electronic Sequencer)

٤- میکرو کامپیوتر(Micro Computer)

٥- مینی کامپیوتر (Mini Computer)

سه کنترلر اول در ربات‌های کم هزینه به کار برده می شوند. بیشتر کنترلرهای امروزی براساس میکرو کامپیوتر های معمولی می‌باشند و سیستم کنترل براساس مینی کامپیوتر زیاد رایج نمی باشد، چرا که نسبت به میکرو کامپیوترها هزینه بالاتری دارند.