



دانشگاه سبزگان
دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان: طراحی و ساخت ربات دوپا (با قابلیت حفظ تعادل بر روی یک پا)

استاد راهنما: مهندس مصطفی طاهری

نگارش: میثم بشارتی

فروردین ۱۳۹۰

فهرست مطالب:	
چکیده	یک
مقدمه	۱
اطلاعات و ایده های اولیه	۴
مکانیک ربات	۱۱
کنترل ربات	۲۴
۱- متدهای بر اساس خط سیر	۲۷
۲- متدهای ذهنی	۲۹
۳- متدهای بر اساس مولد الگوی مرکزی	۳۲
مراحل طراحی و ساخت	۳۵
توضیحات فنی پروژه	۴۲
جمع بندی	۵۳
منابع و مآخذ	۵۵

چکیده

این پایان نامه به بررسی و شبیه سازی واقعی حرکت بر روی دوپا می پردازد. در این پروژه سعی شده است حالت های مختلف شبیه سازی حرکت بر روی دوپا، در بخش های مکانیکی و کنترلی مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار بگیرد و هم چنین مدلی از حرکت بر روی دوپا توسط یک ربات شبیه سازی

شود. محصل این پایان نامه، رباتی دوپا است که می تواند تعادل خود را بر روی یک پا حفظ کند و مانند موجودات دوپا، به جلو، عقب و طرفین حرکت کند. هم چنین این ربات می تواند به سادگی به طرفین

ربات مذکور دارای ۶ درجه آزادی در هر پا، یعنی در مجموع ۱۲ درجه آزادی است و از نظر کلاس بندی ربات های دوپا، در بالاترین رده مکانیکی، یعنی ۶ آزادی در هر پا قرار دارد.

در بخش کنترلی این پایان نامه، مدل های مختلف و راه کارهای متفاوت برای حفظ تعادل در حرکت بر روی دو پا مورد بررسی قرار گرفته است. این مدل ها هر کدام دارای مزایا و معایبی هستند که در بخش کنترل ربات به طور کامل در مورد آن ها بحث شده است.

مقدمه

امروزه ربات ها جایگاه مهم و ویژه ای در زندگی ما دارند و روز به روز جای بیشتری در زندگی بشر برای خود باز می کنند. کاربرد ربات ها در صنعت، بسیار گسترده و به سرعت در حال افزایش است. ربات- های کاربرد خاص، به صورت گسترده در حال استفاده هستند و ربات های چند کاره^۱ در حال پیشرفت و صنعتی شدن می باشند.

یکی از مهم ترین انواع ربات های چند کاره، ربات های انسان نما^۲ هستند. این ربات ها در آینده قادر خواهند بود تقریباً تمام کارهای روزمره انسان را انجام دهند و بدون محدودیت، تقریباً همه نوع ماموریتی را تقبل کنند. ربات های انسان نما دارای ظاهری شبیه به انسان می باشند و بر روی دو پا حرکت می کنند. دارای درجات آزادی نسبتاً زیاد در مقایسه با انواع دیگر ربات ها هستند و از نظر کنترل و حرکت، جزو پیچیده ترین ربات ها محسوب می شوند.

در این پروژه، مهم ترین و پیچیده ترین بخش ربات های انسان نما، یعنی حرکت بر روی دوپا مورد مطالعه، طراحی و ساخت قرار گرفته است. ماحصل این پروژه، رباتی دوپا^۳ می باشد که قادر است تعادل خود را بر روی یک پا حفظ کند و همچنین حرکت نماید. البته در نهایت، نتیجه کار، بیش از عنوان پروژه و هدف نهایی آن بود که در ادامه به طور مفصل توضیح داده خواهد شد.

مسئله حرکت^۴ در ربات های دوپا، سال هاست که مورد بررسی و تحلیل طراحان و مهندسان در سرتاسر دنیا قرار دارد و نگرش ها و راه کارهای متنوعی برای ثبات و یکنواختی در راه رفتن ربات ارائه شده است. اما هنوز توانایی ربات ها برای راه رفتن در محیط های ناشناخته و یا دارای عدم قطعیت های اساسی، ناچیز است. مسئله راه رفتن ربات بر روی دو پا مساله بسیار پیچیده ای است و در طی بیش از بیست سال اخیر، حتی بهترین راه حل های ارائه شده فاصله زیادی با توانایی های طبیعی راه رفتن دارند.

اکثر ربات های امروزی با تغییر محیط شان در صورت عدم برنامه ریزی برای محیط جدید دچار مشکل جدی می شوند. اولین مشکل، تغییر محیط است. اما مشکل دوم، ناشی از توانایی های خود ربات است؛ به

- 1 Multi function Robots
- 2 Humanoid Robots
- 3 Bipedal Robot
- 4 Locomotion

این معنی که راه حل های به خصوص، برای ربات های به خصوصی که این راه حل برایشان طراحی شده است جواب گو می باشد.

برای کنترل حرکت ربات های دویا (و همچنین انواع دیگر ربات ها) دو روش عمده تعریف می شود. روش اول، کنترل ربات بدون استفاده از کنترل وضعیت همزمان می باشد. در این روش، ربات طبق برنامه‌ی از پیش تعیین شده و مشخص، اقدام به حرکت می کند و تغییر محیط، نیازمند تغییر در برنامه ربات خواهد بود.

روش دوم، استفاده از فیدبک وضعیت می باشد که در این روش، با استفاده از انواع راه کارهای تعیین وضعیت همانند استفاده از سنسورها، موقعیت و وضعیت ربات در هر لحظه تعیین و مطابق با آن، دستورات بعدی از طرف پردازنده صادر می شود.

روش اول در مرحله پیاده سازی بسیار ساده تر از روش دوم قابل اجرا است و پیچیدگی های روش دوم را ندارد. در مقابل، روش دوم سازگاری بیشتری برای ربات و محیط فراهم می آورد و قابلیت انطباق خوب و مناسبی برای ربات به دنبال دارد. بنابراین با تغییرات جری در محیط، نیازی به تغییر برنامه ربات نخواهد بود.

بحث بسیار مهم دیگری که در ربات های دویا یا ربات های انسان نما مطرح می شود، بحث طراحی مکانیک ربات است. تعداد مفاصل (درجه‌ی آزادی) و تناسب مفاصل طراحی شده با مفاصل طبیعی انسانی از اهمیت فوق العاده‌ای در طراحی ربات های دویا برخوردارند. امروزه طرح های متنوعی برای مکانیک ربات های دویا پیشنهاد شده است. طرح هایی که هر کدام دارای مزایا و معایبی هستند و در این پروژه به بررسی تعدادی از این طرح ها خواهیم پرداخت.

بخش الکترونیک در این ربات ها معمولا به یکی از سه حالت زیر طراحی می شود:

(۱) مغز ربات، بر روی خود ربات نصب می شود. در این حالت، طراح سعی می کند از سبکترین

انواع پردازنده ها استفاده کند تا منجر به سنگینی ربات دویا نشود. در این روش، معمولا حجم پردازش نسبت به دو حالت دیگر پایین بوده و بیشتر برای ربات های ساده استفاده می شود.

البته با پیشرفت پردازنده ها و کنترل گر ها، استفاده از این روش نیز گسترش می یابد و در

آینده نه چندان دور، تقریبا همه ربات های دوپا به جز ربات های کاربرد خاص از این روش استفاده خواهند کرد.

۲) مغز ربات، رایانه ای خارج از بدن ربات می باشد. این روش برای ربات های کوچک اما دارای مکانیک قدرتمند استفاده می شود. معمولا از این نوع ربات ها جهت آموزش رباتیک و نرم-افزارهای مربوط به کنترل ربات استفاده می کنند. در این حالت، بخش الکترونیکی نصب شده روی ربات، صرفا وظیفه دریافت پیام از رایانه اصلی و ارسال اطلاعات سنسورها به آن و هم-چنین اجرای فرامین حرکتی را بر عهده دارد. در این نوع ربات ها، ارتباط بین بخش الکترونیکی و مغز ربات، به یکی از دو شکل سیمی^۱ و بی سیم^۲ برقرار می شود.

۳) ربات به وسیله فرامین انسانی کنترل می شود. این نوع ربات ها دو نوع کاربرد عمده دارند. کاربرد اول آنها، انجام کارهای سنگین یا در شرایط دشوار است که انجام آن کارها برای انسان، غیرممکن یا دشوار می باشد. همچنین مواردی که انسان به هر دلیلی نمی تواند در محیطی حاضر شود. کاربرد دوم این نوع رباتها، استفاده از آنها به عنوان اعضای مصنوعی برای افراد معلول است که در این حالت، ربات در نقش عضوی از بدن کاربر، به انجام وظیفه می پردازد. البته لازم به ذکر است که این مباحث، صرفا محدود به ربات های دوپا نبوده و بطور کلی برای همه انواع بازوهای رباتیک صدق می کنند.

روش های مذکور، هر کدام در جایی کاربرد دارند و بسته به نیاز، هر کدام از این روشها برای طراحی الکترونیک ربات قابل اجراست.

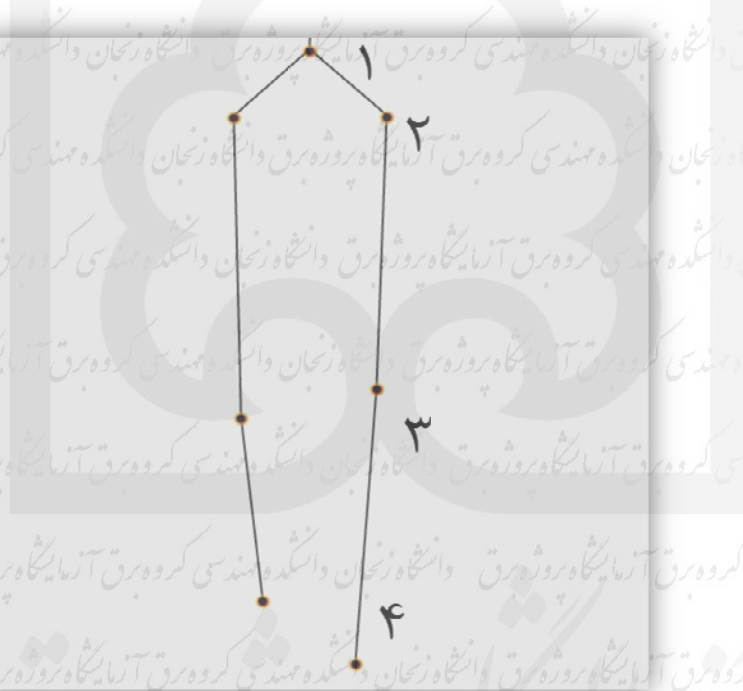
در این پروژه، هر سه بخش فوق (کنترل، مکانیک و الکترونیک) ربات های دوپا مورد بررسی قرار گرفته و رباتی از نوع کنترل ربات بدون باز خورد وضعیت، دارای ۱۲ درجه آزادی، و بخش الکترونیکی از نوع اول ساخته شده است که در ادامه، به بررسی کامل این ربات و توضیح مختصر انواع دیگر خواهیم پرداخت.

اطلاعات و ایده های اولیه

برای آغاز اجرای پروژه، در اولین اقدام می بایست ایده ای به عنوان طرح اولیه در نظر گرفته می شود و سپس کارهای مربوط به طراحی کامل مکانیک، بررسی راه های کنترل و طراحی الکترونیک مورد بررسی قرار می گرفت.

در این مرحله، ابتدا مفاصل پای انسان مورد بررسی قرار گرفت که حاصل این بررسی ها در ادامه آمده است.

هر پای انسان، دارای ۳ مفصل اصلی است و چند مفصل برای انگشتان پا که مورد بررسی ما قرار نمی گیرند. همچنین یک مفصل مشترک برای دو پا در ناحیه لگن و شکم وجود دارد. این مفاصل را در شکل زیر می بینید:

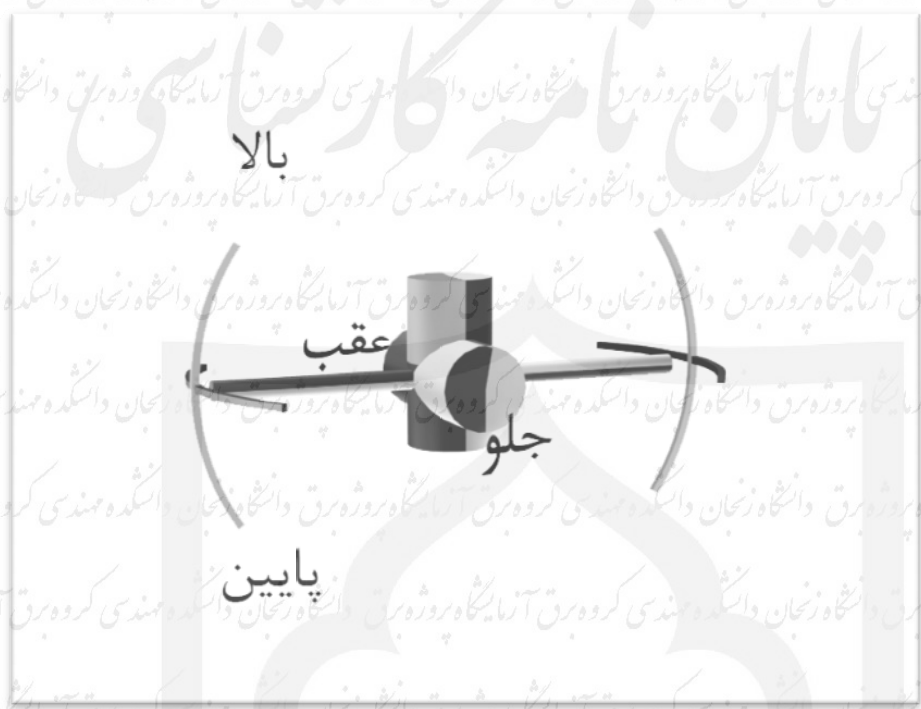


شکل (۱) - مفاصل پا (انسان در حال حرکت)

مفصل شماره ۱ دارای ۲ درجه ای آزادی است که باعث می شود مجموعه هر پا، به سمت جلو و عقب و همچنین بالا و پایین حرکت کند. نقطه اثر این مفصل دقیقاً همانند یک اهرم با تکیه گاه در وسط

عمل می کند؛ به این معنی که پاها، حول این نقطه حرکت متقارن دارند و جلو یا پایین یک پا باعث حرکت به عقب یا بالای پای دیگر می شود.

ساختار مکانیکی این مفصل در شکل زیر نشان داده شده است^۱.



شکل (۲) - مدل مکانیکی مفصل لگن و شکم

همان طور که در تصویر دیده می شود، نقاط انتهایی مفصل در طرفین، یعنی محل اتصال پاها به بدن، دارای حرکت متقارن می باشند.

این مفصل نقش یک مفصل کمکی را داراست و به نرم شدن حرکت روی دو پا بسیار کمک می

کند. وجود این مفصل سبب می شود تکنهای شدید حاصل از حرکت که در پاها ایجاد می شوند به بدن منتقل نشوند.

مفصل بعدی (مفصل شماره ۲) مفصل ران می باشد. این مفصل، دارای ۳ درجه آزادی است و می-

تواند حرکت به جلو و عقب، طرفین و چرخش را برای پاتامین کند. البته حالت مربوط به چرخش، دارای

محدودیت بسیار زیادی است و برای اجرای آن، از مفاصل شماره ۱ و ۴ هم استفاده می شود. بنابراین به-

^۱ توضیح: برای طرح های گرافیکی از نرم افزار های CATIA، 3DsStudio Max و Adobe Photoshop استفاده شده است.

جمع بندی

رباتی که در این پروژه بر روی آن کار شد، در واقع تنها بخشی از ربات های انسان نما است. در این پروژه، تلاش شد تا از نظر تئوری، تقریباً همه مدل های مکانیکی و راه کارهای کنترلی ربات های دویا و بخش مربوط به پا در ربات های انسان نما مورد بررسی قرار گیرد. از بُعد عملی نیز سعی شد تا مدلی کامل از پا و نحوه حرکت آن ساخته و ارائه شود. به طوری که در نمونه نهایی این پروژه، مدل ارائه شده از نظر مکانیکی، در رده کامل ترین و پیچیده ترین مدل های ساخته شده در جهان طراحی و پیاده سازی شده است. البته از این حرف، برداشت ادعای ساخت رباتی در حد ربات های پیشرفته جهان نشود. بلکه این مقایسه، صرفاً از نظر بررسی قابلیت های مکانیکی و تعداد درجات آزادی صورت گرفته است.

این ربات در مبحث الکترونیک، از یک مدار کاملاً ساده و ابتدایی، و در عین حال کارا استفاده کرده است. در صورتی که چنین پروژه ای در سطح بالایی مورد اجرا قرار گیرد، می بایست به جای استفاده از موتورهای سروو، از موتور های DC استفاده شود که با ورود این موتورها به پروژه، بحث درایو یا راه اندازی این موتورها مطرح می شود و پیچیدگی الکترونیک چنین ربات هایی در آن مرحله به خوبی خود را نشان خواهد داد.

از نظر کنترلی، مدل استفاده شده در این ربات، حالت ساده ای از روش مبتنی بر مرکز جرم یعنی «نقطه ممان صفر (ZMP)» می باشد. و حالت استاتیک این مدل کنترلی، بدون استفاده از بازخورد در این پروژه استفاده شده است. عدم استفاده از فیدبک یا بازخورد در بخش کنترلی این ربات، قابلیت های آن را به شدت کاهش داده است و استفاده از آن، شدیداً محدود به شرایط و محیط های خاص شده است. همچنین قابلیت افزودن بار و ضربه پذیری نیز در این ربات گنجانده نشده است.

در مجموع، هدف از این پروژه، طراحی و پیاده سازی مدلی بود که بتواند تعادل خود را بر روی یک پا حفظ کند و قادر به راه رفتن باشد. اما در اجرای پروژه گامی فراتر از هدف برداشته شد و مدلی ارائه گردید که از نظر مکانیک و ساختار، قادر است همه حرکات پا (به جز انگشتان و بخش های پایین تر از مچ پا) را شبیه سازی و اجرا کند و تقریباً همه آزادی های حرکتی که در پای طبیعی وجود دارد در این مدل نیز گنجانده شده است.

در صورت اجرای مجدد این پروژه، مدل استفاده شده برای ساخت سازه و مکانیک ربات دوم، به هیچ

وجه پیشنهاد نمی شود، زیرا به علت نداشتن استواری و پایداری مناسب، اجرای پروژه را با مشکلات جدی مواجه می کند و پیاده سازی اهداف بر روی این نوع سازه، واقعا کاری طاقت فرسا و زمان بر است.

بنابراین، توصیه می شود در صورت کم بودن تعداد درجات آزادی، از برکت های آماده، و در ربات های با

درجه آزادی زیاد همانند این پروژه، از سازه هایی پایدار استفاده شود تا بخش کنترلی و حرکتی، به سهولت قابل اجرا باشد.



شکل (۳۸) - شبیه سازی سه بعدی ربات نهایی

منابع و مآخذ

متأسفانه منابع بسیار کمی در زمینه ربات های دوپا و ربات های انسان نما موجود است و تقریباً همه آنها به زبان انگلیسی هستند. منابعی که در این پروژه از آن ها استفاده شد به شرح زیر می باشند.

1- D.A. Winter, "Biomechanics and motor control of Human movement", third edition, John Wiley & Sons Inc., 2005, ISBN 0-471-44989-X.

2- E.R. Westervelt, C. Canudas-de-wit, "Walking and running biped robots", IEEE Robotics and Automotion magazine, june 2007.