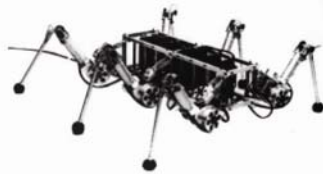


# روباتهای

## حشره ای

## Insect Robot



تکنولوژی موجود معمولاً امکان شبیه سازی و مدل سازی کامل را فراهم نمی کند. مثلاً ماهیچه های مصنوعی قابل تحریک با الکتریسته هنوز موجود نیست. حرکت جانوران، شامل بسیاری از حشرات، به طور محسوسی نسبت به روباتهای پادار برتری دارد. این واقعیت استفاده از الگوهای طبیعی را پیشنهاد می دهد. علی رغم اینکه تکنولوژی موجود مهندسان را به استفاده از طراحی های دیگری ترقیب می کند.

بعضی روباتها از مکانیزمهایی برای جفت کردن و کوپل کردن مفاصلشان جهت کم کردن تعداد محرکها استفاده می کنند.

محرکها غالباً سنگین اند و کاهش تعداد آنها می تواند در افزایش گستره حرکتی و کاهش بار وزنی آنها مؤثر باشد. وقتی که روباتهای پادار اولیه پیشرفت کردند، محدودیتهای محاسباتی مانع استفاده از کامپیوترهای Onboard برای هماهنگ کردن مفاصل شد. روباتهای Titan IV , ASV Dino ,

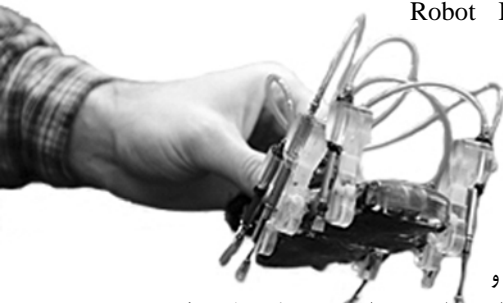
### مقدمه:

جانداران موجود در طبیعت در طول میلیون ها سال به تکامل رسیده اند و به بهترین شکل ممکن برای بقاء دست یافته اند. الگوبرداری از این موجودات تکامل یافته و استفاده بهینه از مواردی که در آنها وجود دارد از زمانی آغاز شد که دانشمندان دریافتند بهترین شکل عملی هر نظریه تئوری را می توان در طبیعت یافت. مقاله حاضر بر همین اساس می باشد و تحقیقی است که در دانشگاه Cleveland در ایالت Ohio در ایالات متحده انجام گرفته است.

### معرفی:

هدف اصلی، الهام گرفتن از سیستم مکانیکی و کنترلی حشرات در بالابردن سطح حرکتی و توانایی های عملیاتی روباتهاست. استفاده هوشمندانه از این الگوها نسبت به کپی برداری از آنها بسیار مؤثرتر است زیرا در بسیاری از اوقات به دلایل فراوان کپی برداری و مشابه سازی یا ممکن نیست یا موردنظر و مطلوب نمی باشد.

روبات **Binnard** روباتی به شکل سوسک با سیلندرهایی هوا برای حرکت بود که نسبت نیروی تولیدی به وزن در آن بسیار بالاتر از موتورهای DC بود. به همین دلیل از این سیستم در **Robot III** استفاده شد.



**Robot III** حرکت سینماتیکی پاهای سوسک را با توجه به چابکی آنها، چرخش، دویدن و بالارفتن از موانع، به عنوان الگو انتخاب کرد. در ساخت این روبات از متد الهام‌گیری و

ساده‌سازی کلی استفاده شد. برای این منظور نحوه راه رفتن و ویژگی‌های حرکتی نوع خاصی از سوسک با نام علمی **Blaberus discoidalis** مورد بررسی قرار گرفت. راه رفتن سوسک، از دید جانبی و از دید بالا همچنین بالارفتن حشره از موانع توسط دوربین‌های ویدیویی پرسرعت با بیش از 250 فریم در ثانیه ضبط شده و خط‌سیر مفاصل از این مرحله استخراج شد. مدل دینامیکی حرکت سوسک دارای پاهای ۳ قسمتی بود. همچنین مشخص شد که هر جفت پا در هماهنگی با جفت پای جلو، وسط و عقب عمل می‌کند و این درجه آزادی را تا سه، چهار و یا پنج می‌رساند. این روبات در ابعاد طولی ۱۷ برابر سوسک واقعی ساخته شد. سیستم کنترل مرکزی قوی آن تقسیم‌شده و قابلیت حمل باری به اندازه وزن خود روبات یعنی ۱۳۶ کیلوگرم را می‌داد.

کنترل راه رفتن شامل ترتیب‌بندی حرکت، مفاصل، و تنظیم حرکت پاها می‌باشد. کنترل‌های محلی و نسبی باعث حرکت مفاصل در خط سیر دلخواه می‌شود. اما مشکل در پیاده‌سازی سیستم عصبی برای هماهنگ‌کردن حرکت مفاصل جهت حفظ تعادل بود. در اینجا نیز سوسک مشکل را حل کرد. کنترل راه رفتن، پاها را به صورت دایره‌ای طوری حرکت می‌داد که در هر لحظه ۳ پا روی زمین باشد و حفظ تعادل به روش سه‌پایه‌ای انجام‌پذیرد.

**Robot III** با پاهای چابک و قوی امکانات عملیاتی خوبی داشت. علی‌رغم اینکه منبع تغذیه و سیستم کنترل آن **off board** است. همچنین سوپاپهای سه‌طرفه امکان حبس شدن هوا در سیلندرها و در نتیجه راست شدن و ثابت شدن مفاصلها را نمی‌دهد که این امر باید به وسیله خروج مداوم هوا عملی شود. این موضوع موجب پایین آوردن بازده و مصرف انرژی بیشتر می‌باشد.

**Robot IV** این مشکل را حل کرد و دارای پاهایی بود که در هنگام سیکل



حرکتی هوا را در درون خود در زمان مناسب حبس کرده و صاف می‌ایستادند. یک محرک با قابلیت‌های مشخص شبیه به ماهیچه می‌تواند در روبات‌های پادار استفاده شود. محرک‌های پنوماتیکی به هم تافتند که به نام ماهیچه‌های مصنوعی **Mckibben** موسومند، بسیاری از این قابلیت‌های مطلوب را دارند. آنها می‌توانند تنش اعمال کنند، نسبت نیرو به وزن بیشتری در مقایسه با موتورها یا سیلندرهایی هوا دارند، به‌طور ساختاری قابل انعطاف‌اند و نیروی خروجی آنها خود تنظیم است.

روبات‌هایی بودند که از مکانیزم پانتوگراف (دستگاه رسام قابل تنظیم) برای جداکردن حرکات افقی و عمودی پاها، استفاده می‌کردند. **Dante II** از پیچ‌های قدرت برای دستیابی به نیروی زیاد با موتورهای کوچک، سود می‌برد اما این مسأله باعث کاهش سرعت راه رفتن می‌شد. روبات خرچنگی **K<sup>2</sup>T** از کابل، ترمز و کلاچ برای حرکت 17 مفصل خود با موتور استفاده می‌کرد.

**RHex** روبات جدیدی است که به استراتژی ساده‌سازی مکانیزم‌ها دست‌یافته است، این روبات فقط از یک موتور برای ۶ پای خود استفاده می‌کند تا آنها را در مسیری دایره‌ای بچرخاند.

این مکانیزم هرپارابایک اختلاف فاز خاص نسبت به بقیه حرکت می‌دهد بنابراین روبات می‌تواند علی‌رغم سامانه حرکتی ساده خود، به روش حشرات، حرکت کند و راه برود. جفت‌کردن‌ها و ساده‌سازی‌ها می‌تواند پیشرفت روبات‌های پادار را ساده کند. ولی انتخاب یکی از آنها باعث کاهش امکانات حرکتی است چنانکه روبات پیچیده **Dino** که ۱۳ فوت قد دارد تنها می‌تواند ۱۹ اینچ پاهای خود را بالا ببرد همچنین روبات **RHex** که ساده‌سازی شده بود و مثل حشرات حرکت می‌کرد نمی‌توانست محل قرارگیری پاها را نسبت به بدن برای رسیدن به بالای موانع، تغییر دهد.

دو روش اصلی در طراحی‌های بیولوژیک (زیستی) مطرح است. اول آنکه دستگاه را ساده‌سازی کنند تا از اصول بیولوژیکی استفاده کنند. دوم اینکه از این اصول در طراحی الهام‌گرفته شود.

در ادامه یک‌سری از روبات‌های شبیه‌سازی شده از روی سوسک‌ها و یک‌سری از روبات‌ها با طراحی الگوبرداری زیستی و ساده‌سازی‌های کلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۱) روبات‌های سوسک‌نما

**Robot II** و **Robot I** که ساخته دانشگاه کیولند، اوهایو، است هر دو شش‌پا



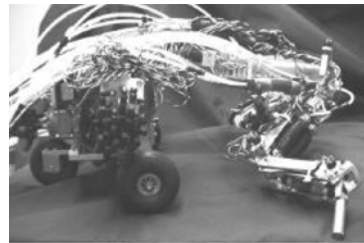
هستند و از موتورهای DC و سیستم کنترل **off board** استفاده می‌کند. **Robot I** روباتی با دو درجه آزادی در هر پا، حالتی کاملاً حشره‌ای داشت. این روبات سیستم کنترل را به مدارهایی برای کنترل مفاصلها و پاها، شبکه‌ای برای تولید نحوه راه رفتن و یک کنترلر کلی وضع‌روبات تقسیم کرده بود. این سامانه کنترلی ساده ولی برجسته به این روبات امکانات حرکتی بی نظیری را داده

بود. این روبات می‌تواند مثل حشرات راه برود، بچرخد، به طرفین برود و روی سطوح نامشخص و باریک حرکت کند.

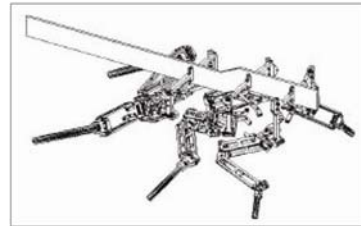
سایر محققین روبات‌های دیگری را در همین زمینه، ارتقاء بخشیدند روباتی بنام **Scorpion** (عقرب) با هشت‌پا ساخته شده که از سیستم کنترلی شبیه **Robot II** و یک سیستم عکس‌العملی برای پاها استفاده می‌کرد.

موتورهای DC از نظر کنترل شدن مشکلی ندارند اما نسبت نیرو به وزن آنها کمتر از میزان مطلوب برای یک روبات عملیاتی، است. روبات‌های با موتور DC تمایل به حرکت آهسته دارند.

به علاوه وقتی در جفت‌های مخالف استفاده می‌شوند سفتی مفاصل می‌تواند به‌طور



شکل ۱



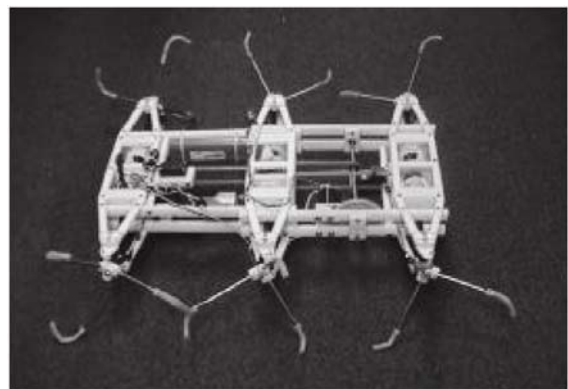
شکل ۲

مستقل از حرکت کنترل شود.

Robot IV از این ماهیچه‌های مصنوعی در جفت پاهای مخالف استفاده می‌کند. مدل نمونه‌ای پاهای جلوی این روبات به یک قاب چرخ‌دار متصل شده‌است وقتی که محرک‌ها فشار می‌آورند این روبات روی دوپای جلو بلند می‌شود (شکل ۱). یک ترسیم با اتوکد از این روبات ۶ پا در (شکل ۲) دیده می‌شود.

## ۲) روبات‌های طراحی شده با اصول بیولوژیکی

روبات زیر به طول ۷/۵ سانتی‌متر که با راه رفتن و پریدن حرکت می‌کند نمونه‌ای از طراحی با اصول بیولوژیکی است که با الگوبرداری از جیرجیرک ساخته شده‌است. سایز کوچک این روبات نیازمند اعضای مینیاتوری دیگری است. یک موتور ۸ میلی‌متری، کمپرسور آن را به حرکت درآورده که هوای فشرده تولید می‌کند. این سیستم به همراه سوپاپ‌ها در ابعاد کوچک محرک Mckibben را تشکیل می‌دهند. هم‌اکنون از کنترلر PIC استفاده می‌شود ولی مدارهای آنالوگ VLSI



شکل ۳

برای این منظور ارتقاء داده شده‌اند. روبات دیگری به نام Whigs که در (شکل ۳) نشان داده شده از اصول بیولوژیکی استفاده کرده‌است. این روبات یک موتور اصلی کوچک و دو سرو موتور برای کنترل جهت حرکت دارد. اصول بیولوژیکی استفاده شده در این روبات شامل راه رفتن روی سه پا می‌شود که باعث تحریک هم‌زمان پاها برای بالارفتن از موانع است. این روبات هم‌چنین می‌تواند پاهای جلو خود را روی موانع بلندی برای رد شدن قرار دهد. این روبات پیوندی از چرخ و پا را استفاده می‌کند که ما آن را چرخ‌واره می‌نامیم. این روبات ۶ چرخ‌واره دارد که به

روش راه رفتن روی سه پا حرکت می‌کند یعنی در هر زمان ۳ پا بر روی زمین و ۳ پای دیگر در حال چرخش و رفتن به جلو می‌باشد. نوع سه پره‌ای این چرخ‌واره‌ها در هنگام طراحی می‌تواند به ۴ یا بیشتر، بسته به نوع سطح ارتقاء یابد. وقتی که روبات روی سطح صاف با چرخ‌واره‌های سه پره‌ای حرکت می‌کنند محور اصلی به‌طور عمودی تا ۱۳٪ طول پرها بالا می‌رود، که این مقدار دقیقاً مطابق با حرکت بدن سوسک در سطح مشابه است.

استفاده از ۲ پره محور اصلی را زیاد حرکت می‌دهد در حالی که استفاده از ۴ پره یا بیشتر راه رفتنی نرم‌تر را فراهم می‌کند. اگر پاهای جلو به یک مانع برسد همان‌طور که در (شکل ۴) نشان داده شده‌است و موتور به اندازه‌ی کافی قوی باشد روبات می‌تواند از مانع بالا رود. با صرف‌نظر از بعضی موارد نوع ۳ پره‌ای می‌تواند به خوبی نوع ۲ پره‌ای از موانع بالا رود و بهتر از انواع ۴ پره‌ای و یا بیشتر است. در نتیجه نوع ۳ پره‌ای بهینه‌ترین حالت است. مزیت دیگر چرخ‌واره‌ها این است که در حالیکه روبات‌هایی مثل RHex با ۶ موتور خود فعالیت می‌کنند تا روبات با سرعت



شکل ۴

ثابتی راه‌رود، روبات‌های مجهز به چرخ‌واره می‌تواند با یک موتور خود با همان سرعت راه‌بروند. هم‌چنین در هنگام تغییر جهت مثل یک خودرو چرخ‌دار با چرخاندن چرخ‌های جلو و عقب می‌تواند تغییر جهت دهد. این چرخ‌واره‌ها مزیت مکانیکی بالایی دارند زیرا گشت‌آور ماکزیممی را به صورت onboard به هر پا اعمال می‌کنند در حالیکه وقتی پاها با موتورهای مختلف می‌چرخند این هم‌سانی وجود ندارد. به علاوه در هنگام بالارفتن از موانع می‌تواند گشت‌آور بیشتری به پای بالارونده اعمال کند و نکته بسیار مهم اینکه استفاده از یک موتور وزن سیستم را کاهش می‌دهد. وقتی که یک سوسک از یک مانع عمودی کوچک بالا می‌رود، نیاز به تعویض سه‌پای ثابت خود ندارد، در حالی‌که وقتی مانع کمی بلندتر باشد موقعیت پاهای خود را عوض می‌کند. چرخ‌واره‌ها نیز چنین کاری را انجام داده و وقتی که به مانع بلندی می‌رسد که پره اول نمی‌تواند به بالای آن در این حالت پره‌های دوچرخ با هم هم‌فاز شده و بالارفتن از مانع را آسان‌تر می‌کند. این روش امکان بالارفتن از موانعی را که تا ۷۵٪ قطر چرخ‌واره ارتفاع دارند را می‌دهد.

### نتیجه:

انواع و اقسام روبات‌های ذکر شده و در حال طراحی با این روشها، در حال استفاده در طرح‌های تحقیقاتی از جمله طرح‌های اکتشافی فضایی می‌باشند. چنانچه در روبات‌های طراحی شده برای اکتشاف سطح مریخ مشاهده شد. قابلیت‌های خاص این روبات‌ها در حرکت و راه رفتن هوشمندانه نوید استفاده گسترده‌تر آنها را در روبات‌های خانگی، اکتشافی، تحقیقاتی و ... می‌دهد.

منبع: مجله تخصصی مکانیزم، شماره دوم