

طراحی و پیاده‌سازی یک ربات متحرک بینا و هدایت آن با استفاده از یک معماری ترکیبی

مهدی ملبوبی، مهدی سعادت‌مند، محمدرضا اکبرزاده توتونچی، مرتضی خادمی
مهدی پاکروانفر، مجتبی حکیمی مقدم، مصطفی خسرو نژاد، رضا عزیزی، هادی مالک
دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد
Email: Mehdi_Malboubi@yahoo.com

چکیده: رباتهای متحرک، رباتهایی هستند که نسبت به محیط قابلیت حرکت داشته باشند. هدایت کننده این رباتها باید توانایی مواجهه هوشمند با محیط در حضور عدم قطعیت‌ها را داشته باشد. امروزه به دلیل ویژگیهای منحصر بفرد معماریهای ترکیبی، استفاده از آنها برای هدایت رباتهای متحرک در محیطهای غیر ساختار یافته رو به گسترش است. در این مقاله مشخصات یک ربات متحرک ساخته شده، شامل زیرساختهای مختلف مکانیکی و الکتریکی، هدایت کننده و کنترل کننده دیداری آن بیان می‌شود. هدایت کننده این ربات دارای یک معماری ترکیبی است و نتایج بدست آمده حاکی از عملکرد بسیار خوب اینگونه هدایت کننده‌ها، برای هدایت رباتهای متحرک در محیطهای غیرساختار یافته و پویا می‌باشد. سیستم کنترل دیداری پیاده‌سازی شده نیز عملکرد ربات را در تحقق رفتارهای هدف‌گرا بطور موثری افزایش داده است. همچنین، چرخ آزاد طراحی و ساخته شده باعث افزایش قدرت مانور ربات شده است.

کلمات کلیدی: ربات متحرک، هدایت کننده ربات، معماریهای ترکیبی، کنترل کننده دیداری.

۱- مقدمه

یک ربات هوشمند، ماشین خودکار چند منظوره‌ای است که مانند انسان طیف وسیعی از وظایف را، تحت شرایطی که حتی ممکن است نسبت به آن شناخت کافی نداشته باشد، انجام می‌دهد. اینگونه رباتها اولاً باید بخوبی محیط اطراف خود را درک کنند و ثانياً برای جبران تغییرات ایجاد شده در محیط خود باندازه کافی هوشمند باشند [۱]. امروزه با شروع هزاره جدید هدف نهایی، خلق رباتی است که همانند انسان خصوصیات برجسته‌ای در رفتار، حرکت، هوش و ارتباط از خود به نمایش بگذارد [۲].

رباتهای متحرک دسته‌ای خاص از رباتها هستند که نسبت به محیط قابلیت حرکت داشته باشند. این رباتها قادرند از مکانی به مکان دیگر حرکت کرده، با تکیه بر حسگرها محیط را شناسایی کنند و بنا به شرایط واکنشهای مناسب را از خود نشان دهند [۳]. توانایی حرکت و مواجهه با محیط در حضور عدم قطعیتها باعث شده، طراحی، تحقق و هدایت اینگونه رباتها به ملاحظات و نیازهای خاصی احتیاج داشته باشد. در پیاده‌سازی رباتهای متحرک باید به وظیفه ربات،

محیط کاری و میزان هوش مورد نظر برای هدایت (Navigation) آن توجه کرد. شکل (۱) واحدهای مختلف تشکیل دهنده یک ربات متحرک را نشان می‌دهد. در یک ربات متحرک واحد حسگرها وظیفه درک محیط پیرامون، واحد ارتباطات وظیفه ایجاد ارتباط مناسب بین ربات و محیط، منابع تغذیه تامین کننده انرژی لازم برای انجام فعالیتهای ربات، زیر ساختهای الکترونیکی و الکترونیک وظیفه انجام فرمانهای صادر شده از واحد هدایت کننده و کنترل برخی از زیر واحدهای ربات، زیر ساختهای مکانیکی وظیفه تولید حرکت با مشخصات مطلوب، و واحد هدایت کننده وظیفه هدایت هوشمند ربات را بر عهده دارد.

هدایت، هنر یا مهارتی بسیار دقیق است که بصورت علمی پیچیده درآمده است. هدایت ربات یعنی ایجاد قابلیت برای حرکت خودکار و هوشمند آن با قابلیت‌هایی هماهنگ مانند، قابلیت رسیدن به هدف و پرهیز از موانع. هدایت کننده ربات متحرک همواره با دو سوال اساسی روبروست: (۱) من نسبت به محیط کاری خودم کجا هستم؟ (۲) چگونه می‌توانم بطور خودکار و هوشمند به هدف برسم؟. سوال اول به مسئله مکان یابی ربات و سوال دوم به مسئله برنامه ریزی ربات باز می‌گردد. نحوه پاسخگویی ربات به این دو سوال به تجهیزات ربات و محیطی که ربات در آن کار می‌کند وابسته است. در محیطهای غیر ساختار یافته و پویا پاسخگویی به این سوالات به دلیل عدم قطعیت‌های موجود در محیط و مدل حسگرها، و نويز موجود در سیستمها مشکل می‌باشد [۴]. معماری‌های سلسله مراتبی (Hierarchical)، رفتارگرا (Behavioral) و ترکیبی (Hybrid) معماری‌های گوناگونی هستند که برای هدایت رباتهای متحرک پیشنهاد شده است.

معماری‌های سلسله مراتبی وظائف ربات را به لایه‌های سطح بالا (برنامه ریزی و مدل سازی) و سطح پایین (حس و اجرا) تقسیم می‌کنند. ارتباط بین لایه‌ها از قبل مشخص است و سطوح بالاتر اهدافی را برای سطوح پایینتر آماده می‌کنند. هدف برنامه‌ریزی در طی نزول در سلسله مراتب تغییر می‌یابد. این معماری‌ها بطور نسبی به دانش کاملی از محیط پیرامون برای پیش‌بینی نتیجه عملکردشان نیاز دارند، و این قابلیت است که ربات را قادر می‌سازد که عملکردش را نسبت به دانشش درباره محیط بهینه کند. این معماری‌ها محاسباتی سنگین داشته و تحقق آنها بدلیل نیاز به نگهداری نگاشت جهانی و عدم قطعیت در باز تولید آن، و نويز موجود در سیستمهای حسگری مشکل است. بنابراین کاربرد آنها در محیطهای غیر ساختار یافته و پویا محدود می‌باشد [۵ و ۶].

معماری‌های رفتارگرا، رفتارهای پیچیده‌ای را بوسیله ترکیب واحدهای مولد رفتار ساده بدست می‌آورند و راهکاری برای اتصال محکم ادراک به عمل، برای تولید بهنگام پاسخ ربات در محیط غیر ساختار یافته و یا پویا، می‌باشد. این معماری‌ها با الهام از سیستمهای زیستی پیشنهاد شده و برای غلبه بر مشکل مدل کردن عدم قطعیت‌های موجود در محیط، نگاشتی از فضای حسگری به فضای عمل می‌سازند. از ویژگیهای این سیستمها می‌توان به پرهیز از استفاده از دانش نمادین خلاصه شده، هدایت بلادرنگ در محیطهای پویا، مدولار بودن و قابلیت انعطاف بالای آنها اشاره کرد [۶ و ۷].

معماری‌های ترکیبی یک سازمان لایه‌ای را با تجزیه‌ای رفتارگرا از لایه اجرا ترکیب می‌کنند و از مزایای هر دو معماری سلسله مراتبی و رفتارگرا برخوردارند. این معماری‌ها از دو سطح اطلاعات جهانی و محلی، شامل اطلاعاتی از حسگرها در سطوح مختلف (از اطلاعات خام گرفته تا تفسیر آنها)، برای هدایت ربات استفاده می‌کنند. در این معماریها اعمال عادی به شکل رفتارهایی که از طریق نشانه‌هایی محتوایی در برنامه فعال و ترکیب می‌شوند، بسته بندی می‌گردند. معمولا رفتارهای واکنشی از اطلاعات سطوح پایین و رفتارهای هدف‌گرا از تفسیرها یا توصیف‌های خلاصه شده، که بوسیله سطوح بالاتر ادراکی ساخته شده است، استفاده می‌کنند. توصیفات (بیانهای خلاصه) روش مناسبی برای آوردن دانش قبلی و تاریخ سیستم در هدایت کننده ربات می‌باشد [۵ و ۸ و ۹].

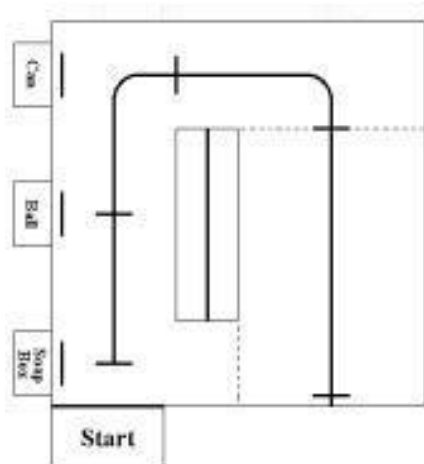
در ادامه، ابتدا به بیان مشخصات ربات متحرک ساخته شده، شامل مشخصات زیرساختهای مختلف مکانیکی، الکتریکی و الکترونیکی پرداخته، و پس از آن هدایت کننده این ربات که دارای معماری ترکیبی است و کنترل کننده دیداری آن بیان می‌گردد. در پایان نیز برخی از نتایج عملی بدست آمده از پیاده‌سازی هدایت کننده این ربات در سطح دو مسابقات سراسری رباتیک ایران ارائه می‌گردد.

۲- مشخصات فنی ربات

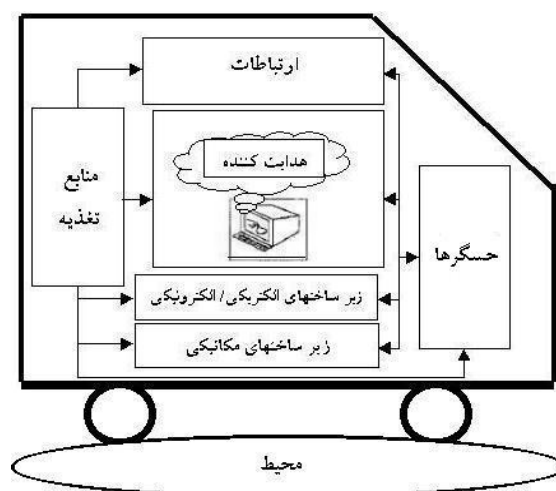
همانگونه که قبلاً بیان شد یک ربات متحرک از قسمتهای مختلفی تشکیل شده است. در این قسمت به توصیف بخشهای مختلف ربات متحرک ساخته شده، برای شرکت در مسابقات سراسری رباتیک ایران می‌پردازیم. در سطح دو این مسابقات، زمین مسابقه زمینی صاف و سفید با لبه‌های زرد رنگ است که برخی از قسمتهای آن توسط خطوط سیاه رنگی نشانه گذاری شده است (شکل (۲)). ۱۵ جسم در سمت راست زمین، درون محوطه‌ای که با خط‌چین مشخص شده است، قرار می‌گیرند. این اجسام عبارتند از چهار قوطی نوشابه با رنگ آبی تیره، هفت توپ تنیس زرد رنگ و چهار جعبه صابون قرمز رنگ. ربات در آغاز مسابقه در محل شروع قرار می‌گیرد و پس از آن می‌بایست ظرف مدت معینی اجسام را شکار کرده و هر یک را به مخزن مخصوص آن ترابری کند. شکل (۳) این ربات را نشان می‌دهد.

- زیرساختهای مکانیکی: رباتهای متحرک دارای زیر ساختهای مکانیکی گوناگونی مانند شاسی، سیستم رانش و مکانیزمهای کمکی می‌باشند. در این میان مهمترین بخش مکانیکی یک ربات متحرک سیستم رانش آن است که وظیفه تولید حرکت با مشخصات مطلوب را بر عهده داشته و مکانیزمهای متفاوتی مانند چرخها و پاها برای آن پیشنهاد شده است. انتخاب هر کدام از این مکانیزمها به مصالحه‌ای در توان لازم، هزینه، مشخصات حرکتی مطلوب و سطحی که ربات بر روی آن حرکت می‌کند وابسته است. چرخها به دلیل سادگی، ارزانی، سازگاری زیاد با محیط، بازده انرژی بالا و کشش خوب بسیار مورد علاقه هستند.

پیکربندیهای متفاوتی برای رباتهای متحرک چرخدار موجود است. تفاوت این پیکربندیها در مکان و نقش چرخها خلاصه می‌شود. در رباتهای متحرک چرخدار سه نوع چرخ می‌توان یافت، چرخهای حرکتی که نیروی محرک موتور به آنها متصل است، چرخهای فرمان که موجب دوران ربات می‌شود و بالاخره چرخهای آزاد که وظیفه حفظ تعادل



شکل (۲) زمین مسابقه مسابقات سراسری رباتیک ایران.



شکل (۱) قسمتهای مختلف یک ربات متحرک.

استاتیکی ربات را بر عهده دارند و به هیچ موتور و عملگری متصل نیستند [۳]. رباتهای متحرک سه چرخ با سیستم رانش تفاضلی (دو چرخ محرک مستقل و یک چرخ آزاد) از پرکاربردترین پیکربندیهای مورد استفاده در رباتهای متحرک چرخدار میباشند. آنها از پایداری و قابلیت مانور خوبی برخوردار بوده، کنترل حرکت و مکان‌یابی آنها ساده می‌باشد. همچنین وزن کمتر آنها بدلیل سادگی سیستم فرمان و یک چرخ کمتر باعث شده این رباتها به گشتاور و ذخیره باتری کمتری نیاز داشته باشند.

شکل (۴) زیرساختهای مکانیکی ربات متحرک ساخته شده را نشان می‌دهد. این ربات دارای سیستم رانش تفاضلی، مجهز به دو موتور الکتریکی پله‌ای $1/8$ و $6W$ است که بطور افقی بر روی شاسی ربات قرار گرفته و توسط تسمه‌هایی به چرخها وصل می‌شوند. شاسی این ربات از جنس پلاستیک فشرده است که ابعاد آن از محدودیتهای مطرح در مسابقه پیروی میکنند. برای گرفتن اجسام و ترابری آنها، از گریپری استفاده شده است که توسط یک موتور DC باز و بسته می‌شود، و در طراحی و ساخت آن ابعاد اجسام در حالات مختلف مد نظر بوده است. چرخ آزاد این ربات (شکل (۴))، که توسط گروه طراحی و ساخته شده است نیز از قابلیت‌های منحصر بفردی سود می‌برد. این چرخ براحتی قابلیت حرکت در تمام جهات را داشته، هیچ مقاومتی در برابر حرکت ندارد، و استفاده از آن باعث تولید حرکتی نرم در ربات شده و قدرت مانور آن را بطور چشمگیری افزایش می‌دهد.

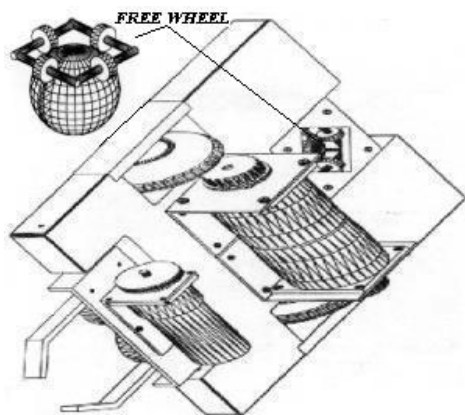
- زیرساختهای الکتریکی و الکترونیکی ربات

این قسمت از واحدهای پردازش، مدار واسط، محرکها و کنترل کننده‌های موتورهای پله‌ای تشکیل شده است. پردازشگر این ربات یک پردازشگر PENTIUM 233MHZ مجهز به درگاههای ISA, PCI و USB می‌باشد. سیستم عامل مورد استفاده WINDOWS98 بوده، و از نرم‌افزارهای VISUALC++6 و MATLAB5.31 برای برنامه‌ریزی ربات استفاده شده است. برای ارتباط پردازشگر با سنسورها، کنترل کننده‌ها و محرکها مدار واسطی نیز طراحی و ساخته شد. این کارت شامل یک درگاه ورودی/ خروجی (PPI-8255) و یک زمان‌سنج/ شمارنده (PIT-8254) است که در شکاف ISA قرار می‌گیرد. از PPI برای جمع‌آوری داده‌های سنسوری، تحریک تایمرها و تحریک محرکها استفاده شده است. از PIT نیز بعنوان منبع تولید پالس برای موتورهای پله‌ای استفاده شده است.

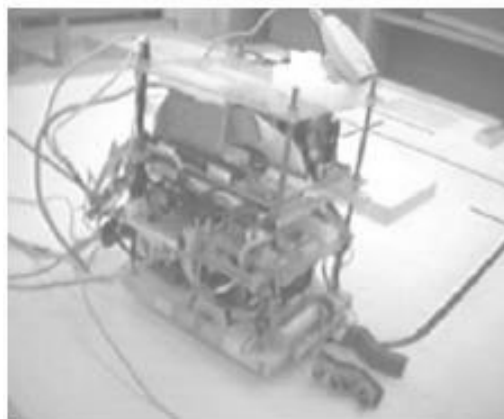
سیستم کنترل موتورهای پله‌ای حلقه باز می‌باشد. این کنترل کننده یک رشته پالس (با فرکانس خاصی که متناسب با سرعت موتورها است) را از مدار واسط گرفته، و آنها را به مدار محرک موتورها اعمال می‌کند. از آنجایی که روش کنترل موتورها حلقه باز است، مدار تحریک موتورها باید تضمین کننده تحریک سیم‌پیچهای موتور با ترتیب مورد نظر و بدون حذف هیچ پالسی باشد. بدین منظور از یک طبقه سوئیچ اضافی استفاده شد، که ولتاژ و جریان لازم برای تحریک سیم‌پیچها را بطور مطمئن تر ایجاد کند. مدار کنترل موتور DC یک کنترل کننده روشن/خاموش است که قابلیت راه‌اندازی موتور در دو جهت چپ و راست را دارد.

- واحد حسگرها: این ربات از یک دوربین CCD، پنج حسگر فرو سرخ و تعدادی حسگر لامسه برای مشاهده و حس محیط استفاده می‌کند. دوربین CCD به درگاه USB پردازشگر وصل میشود و از آن برای هدایت ربات و پیدا کردن اجسام موجود در زمین مسابقه استفاده می‌شود. از حسگرهای فرو سرخ نیز برای آشکارسازی خطوط هادی سیاه رنگ زمین مسابقه و برای افزایش سرعت هدایت ربات در مواقعی که احتیاج به اطلاعات دوربین نیست استفاده شده است. این حسگرها بطور کاملاً متقارن و بصورت ردیفی در زیر ربات نصب شده‌اند و در حالت روشن - خاموش کار می‌کنند. با عبور ربات از روی خط نشانه، این حسگرها تغییر وضعیت می‌دهند. بدین طریق ربات می‌تواند جهت حرکت خود را تصحیح کند. حسگرهای لامسه نیز برای اطمینان یافتن از گرفته شدن اجسام توسط گریپر به کار رفته‌اند.

- منابع تغذیه: به منظور ایمنی بیشتر و حفاظت سیستم پردازشگر و مدارهای جانبی از نویز ایجاد شده توسط



شکل (۴) زیرساختهای مکانیکی ربات.



شکل (۳) نمایی از ربات طراحی و ساخته شده.

موتورهای پله‌ای از دو منبع تغذیه مستقل استفاده گردید. یکی از آنها برای تغذیه موتورهای پله‌ای و موتور DC، و دیگری برای تغذیه حسگرها و سیستم پردازشگر استفاده شده است.

- واحد ارتباطات: از آنجایی که این ربات، تنها و کاملاً هوشمند است احتیاج به واحد ارتباطات ندارد.

۳- هدایت کننده ربات

با توجه به این که برخی از مشخصات زمین مسابقه مانند ابعاد، جنس، رنگ و محل موانع معلوم است، از طرف دیگر محل برخی از اجسام در زمین مسابقه دقیقاً معلوم نیست و برای استفاده از هر دو سطح اطلاعات جهانی و محلی، از یک معماری ترکیبی برای هدایت ربات استفاده گردید. بلوک دیاگرام معماری ترکیبی هدایت کننده ربات در شکل (۵) موجود است. واحد نگاشت تقریبی (Approximation Map) با استفاده از نگاشت هندسی زمین مسابقه و سایر مشخصات معلوم آن، اطلاعات لازم برای واحد برنامه‌ریز را آماده می‌کند. واحد فضای ادراک محلی (LPS: Local Perceptual Space) با استفاده از اطلاعات سنسورها و نگاشت تقریبی موجود از محیط و ترکیب آنها، یک فضای ادراک محلی برای ربات ساخته و پیغامها و اطلاعات فرستاده شده از رفتارها را نیز در بانک اطلاعاتی موجود در این واحد نگاه می‌دارد. واحد برنامه‌ریز (Planner) با توجه به اطلاعات موجود در فضای ادراک محلی و واحد نگاشت تقریبی، رفتارهای خاصی را فعال می‌کند. علاوه بر این در بعضی موارد خود مستقیماً کنترل ربات را بر عهده گرفته و آن را هدایت می‌کند. همچنین این واحد وظیفه بهنگام کردن اطلاعات LPS و فعال کردن بعضی از حسگرها مانند دوربین را بر عهده دارد.

در این هدایت کننده هر رفتار از طریق نشانه‌هایی محتوایی در برنامه فعال می‌شود. این رفتارها ورودیشان را از اطلاعات نگهداری شده در فضای ادراک محلی گرفته، و در پایان عمل خود، اطلاعات و پیغامهای خاصی را به آن می‌فرستند. رفتارهای واکنشی از اطلاعات سطوح پائین‌تر (مانند اطلاعات حسگرهای فروسرخ) و رفتارهای هدف‌گرا از تفسیر یا توصیفهای خلاصه شده (توصیفهای بدست آمده از پردازشهای تصویری) که بوسیله سطوح بالاتر ادراکی ساخته می‌شوند استفاده می‌کنند. رفتارهای موجود به دو دسته تقسیم می‌شوند: رفتارهای هدف‌گرا و رفتارهای واکنشی. این رفتارها عبارتند از: الف) رفتار واکنشی رهگیری خط نشانه (ILT: Infrared Landmark Tracking) که تعداد تقاطعهای خط نشانه را بعنوان ورودی گرفته و از آن پس با توجه به اطلاعات بدست آمده از حسگرهای فروسرخ خود مستقیماً کنترل ربات را بر عهده گرفته و تا رسیدن به نقطه مورد نظر این کار را ادامه می‌دهد، ب) رفتار واکنشی آشکارسازی خط عمودی (VLD: Vertical Landmark Detection) که تنها وظیفه پیدا کردن خط عمود بر راستای حرکت ربات را، با استفاده از اطلاعات بدست آمده از حسگرهای فروسرخ، بر عهده دارد، ج) رفتار هدف‌گرای

بدست آوردن هدف (GS: Goal Seeking) که با استفاده از اطلاعات بدست آمده از تصویر و یک کنترل کننده دیداری خود را به هدف می‌رساند، و د) رفتار هدف‌گرای رهگیری خط نشانه (VLT: Visual Landmark Tracking) که در قسمتهای خاصی از زمین مسابقه، خط نشانه را با استفاده از اطلاعات تصویر رهگیری می‌کند.

واحد کنترل وظیفه اعمال سرعت‌های مختلف به ربات و باز و بسته کردن گریپر را بر عهده دارد. واحد حسگرها نیز وظیفه جمع‌آوری اطلاعات حسگرهای فرسوخ زیر ربات، حسگرهای لامسه گریپر و دوربین دیجیتال مورد استفاده، و ارسال این اطلاعات به واحد فضای ادراک محلی را بر عهده دارد.

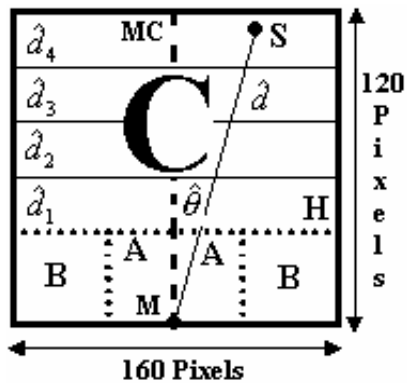
۳-۱) کنترل کننده دیداری

این کنترل کننده پس از دریافت تصویر و انجام پردازشهای تصویری مناسب نقطه منتخب شیء در تصویر (OSP: Object Selected Point) را بدست می‌آورد (شرح کامل پردازشهای تصویری بکار رفته در این ربات در [۱۰] موجود است)، و سپس حرکت ربات را تا رسیدن به هدف کنترل می‌کند. بدین منظور و با توجه به اثرات غیر خطی دوربین، تصویر را به سه ناحیه A، B، و C (شکل ۶) تقسیم می‌کند و بر اساس اینکه OSP در کدام ناحیه از تصویر قرار گیرد به شکلهای گوناگونی رفتار می‌کند، اما هدف آن این است که OSP در داخل ناحیه A قرار گیرد. پس از آن ربات مدت زمان معلومی به جلو حرکت کرده و جسم را می‌گیرد. اگر OSP در ناحیه B قرار گرفت ربات ایستاده و بگونه‌ای مناسب می‌چرخد تا این نقطه در ناحیه A یا C قرار گیرد. اگر در ناحیه A قرار گرفت مانند قبل عمل می‌کند و اگر در ناحیه C قرار گرفت با استفاده از یک کنترل کننده PD (برای تصحیح خطای زاویه) و یک کنترل کننده روشن - خاموش (برای کنترل فاصله)، OSP را داخل ناحیه A قرار می‌دهد و پس از آن مانند قبل عمل می‌کند. شکل (۷) این کنترل کننده را نشان می‌دهد. برای بیان چگونگی عملکرد این کنترل کننده معادلات بیان کننده سرعت خطی و دورانی این ربات را بدست می‌آوریم. رابطه (۱) بیانگر سرعت خطی و رابطه (۲) بیانگر سرعت دورانی ربات در حوزه لاپلاس می‌باشد.

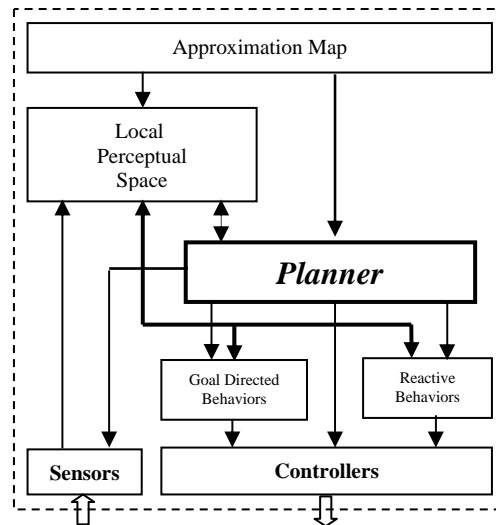
$$V_{avg} = (V_R(s) + V_L(s)) / 2, \quad d(s) = (V_L(s) + V_R(s)) / (2s) \quad (1)$$

$$\theta(s) = \Delta V(s) / (Ls), \quad \Delta V = V_R(s) - V_L(s) \quad (2)$$

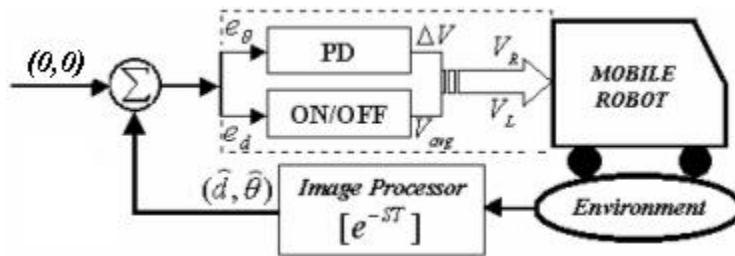
در این روابط V_{avg} سرعت نقطه مرکز ربات، L فاصله بین چرخها و V_L و V_R بترتیب سرعت چرخهای چپ و راست می‌باشد. کنترل کننده فاصله بر اساس اینکه OSP در کدام قسمت از ناحیه C قرار گیرد ($\hat{d}_1, \hat{d}_2, \hat{d}_3, \hat{d}_4$) سرعت‌های متوسط V_1, V_2, V_3, V_4 که $V_4 > V_3 > V_2 > V_1$ است را برای ربات در نظر می‌گیرد. کنترل کننده PD نیز پس از محاسبه خطای زاویه مقداری متناظر با تفاوت سرعت‌های دو چرخ تولید می‌کند. بدین ترتیب با استفاده از متوسط و تفاوت سرعت‌های دو چرخ می‌توان سرعت چرخهای چپ و راست ربات را بدست آورد. شکل (۸) دو نمونه از نتایج بسیار رضایت بخش پیاده‌سازی سیستم کنترل دیداری ربات را در تحقق رفتارهای هدف‌گرای یاد شده نشان می‌دهد. در این شکلها ستون میانی تصویر $MC=80$ می‌باشد. ملاحظه می‌شود سیستم کنترل ربات توانسته است بخوبی ربات را کنترل کرده و OSP را در ناحیه A قرار دهد. همچنین، بهره‌گیری از این روش علاوه بر سادگی، باعث حذف فرایند پیچیده واسنجی (Calibration) دوربین و یا تهیه نگاشت بین صفحه تصویر و صفحه دو بعدی مسیر می‌گردد.



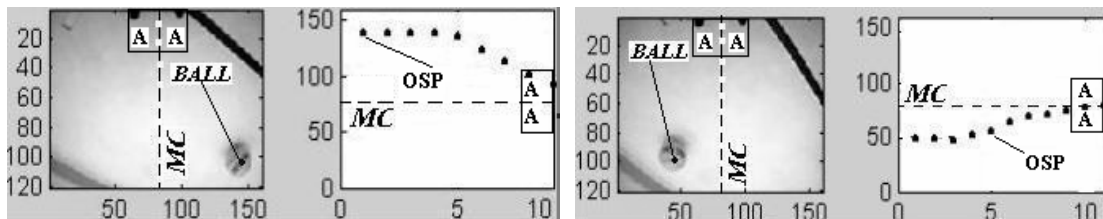
شکل (۶) قسمت بندی تصویر اخذ شده.



شکل (۵) هدایت کننده ربات متحرک.



شکل (۷) بلوک دیاگرام سیستم کنترل دیداری.



شکل (۸) دو نمونه از نتایج عملی پیاده سازی سیستم مذکور.

۴- بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات

پس از ساعتها آزمایش ربات ملاحظه گردید که سیستم رانش این ربات با بهره گیری از سیستم انتقال قدرت اتصال مستقیم و با استفاده از ویژگیهای منحصر بفرد چرخ آزاد خویش توانایی حرکت در محیطهای تنگ را داشته و از بازده و مانور بسیار خوبی برخوردار است. زیر سیستمهای الکتریکی و الکترونیکی، و واحد حسگرها نیز از عملکرد و قابلیت اعتماد بسیار بالایی برخوردار هستند. همچنین معماری ترکیبی سیستم هدایت کننده ربات با استفاده از دو سطح اطلاعات جهانی و محلی و با بکارگیری رفتارهای هدف گرا و واکنشی مناسب توانایی هدایت بسیار عالی ربات را دارد. کنترل کننده دیداری ارایه شده نیز با حذف فرایند پیچیده واسنجی دوربین و یا تهیه نگاشت بین صفحه های تصویر و مسیر، عملکرد بسیار مناسبی از خود نشان داد. روشهای آشکار سازی اجسام، نیز در مقابل تغییرات نور محیط مقاوم بوده و از سرعت و عملکرد بسیار خوبی برخوردار می باشند [۱۰]. لازم بذکر است، این ربات در آزمایشهای مکرر خود توانست تمامی اجسام موجود در زمین مسابقه را جمع آوری، و هر یک را به مخزن مخصوص خود ترابری کند.

در پایان، با توجه به مزایای فراوان معماریهای ترکیبی، استفاده از این معماریها با بهره‌گیری از رفتارهای هدف‌گرا و واکنشی مناسب، بعنوان راهکاری موثر برای هدایت رباتهای متحرک در محیطهای غیرساختار یافته و پویا پیشنهاد می‌گردد.

۵- سپاسگزاری

در پایان بر خود لازم می‌دانیم از تمامی تلاشها و زحمات اساتید، مسئولان و کارمندان دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد که همواره یار و مشوق ما بودند تقدیر و تشکر کنیم.

۶- مراجع

- 1- S.J.Egerton, V.Callaghan, "From Mammals to Machines:Towards a Biological Inspired Mapping Model for Autonomous Mobile robots", Intelligent Autonomous Systems.6, IOS Press, 2000.
- 2- T.Fukuda, R.Michelini,...., "How Far Away From Artificial Man ", IEEE, Robotics & Automation Magazine, March 2001.
- ۳- ب. مؤذنی، م. نیلی احمدآبادی، "مکان‌یابی رباتهای متحرک چرخدار با استفاده از ترکیب اطلاعات سنسورهای داخلی"، کنفرانس مهندسی برق ایران.
- 4- A. Stentz, A.Hebert, "A Complete Navigation System for Goal Acquisition in Unknown Enviromments", Proc.IEEE, International Conference on Intelligent Robots and Systems, Vol.1, P:425-432, 1995.
- 5- M. M.Gupta, ..., "Intelligent Control Systems Theory and Applications", IEEE Press, 1996.
- 6- R.C. Arkin, "Behavior Based Robotics", MIT Press, 1998.
- 7- MA.Xiaowei, L.Xiaoli, ..., "Real Time Self Reaction of Mobile Robot with Genetic Fuzzy Nerual Network in Unknown Environmet", IEEE, International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Vol.4, P:3313-3318, 1998.
- 8- E.Tunstel, J.Tanaya, ..., "Behavior Hiereachy for Autonomous Mobile Robots: Fuzzy Behavior Modulation and Evolution", Intelligent Automation and Soft Computing, Vol.3, No.1, P:37-50, 1997.
- 9- W.B.Tong, Y.T.Lang & S.K.Tso "Motion Planning Based on Reactive Fuzzy Behavior Blending in Unknown Environment", MVIP 98, 1998.
- ۱۰- م. سعادت‌مند، م. ملبوبی، ...، "الگوریتمی جدید بر اساس الگوریتمهای ژنتیکی برای آشکارسازی رنگ ..."، دهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، ۱۳۸۱.