

طراحی و ساخت روبات‌های فوتبالیست

منصور جهزاد (استادیار)

امیرعلی فروغ‌نصیرائی*، احسان چینی‌فروشان**، حمیدرضا چیت‌ساز**، رضا قربانی**، مسلم کاظمی**،
فرید مبصر*، بشیر سجاد**، آرش رجاییان**، امیر رجبزاده*
* دانشجوی کارشناسی ارشد، ** دانشجوی کارشناسی

چکیده:

زمینه تحقیقاتی روبات‌های فوتبالیست تلاشی است در جهت ساخت روبات‌های هوشمندی که بتوانند مانند انسان‌ها عملیاتی که از درجه هوشمندی بالایی برخوردارند را انجام دهند. این زمینه تحقیقاتی از طریق تعریف یک مسئله مشترک (ساخت روبات‌هایی که ساختار فیزیکی آنها در چهارچوب خاصی قرار گرفته و می‌توانند ضمن رعایت یک سری قوانین و مقررات از پیش تعیین شده با هم فوتبال بازی کنند) برای محققین در دانشگاه‌های کشورهای مختلف دنیا تعریف شده و آزمایش نتایج کار آنها در یک سری مسابقات بین‌المللی فوتبال بین روبات‌ها که بنام Robo Cup (World Cup Soccer) نامیده شده، دنبال می‌شود [۱]. روبات‌های ساخته شده شامل یک سیستم بینایی مبتنی بر دوربین‌های ویدئوئی دیجیتال، یک سیستم الکترونیکی کنترل بلادرنگ متصل به مادربرد یک کامپیوتر شخصی، و یک سیستم مکانیکی (اتوموبیل روبات) است که این سه قسمت بصورت یک مجموعه بعنوان یک روبات تعریف می‌شود. کلیه عملیات دیدن، تجزیه و تحلیل، تشخیص، تصمیم‌گیری، صدور فرمان حرکت به روبات و اجرای فرمان‌های مختلفه حرکت توسط اتوموبیل روبات بطور بلادرنگ توسط خود روبات انجام می‌شود. این روبات‌ها تبادل اطلاعات و ارسال و دریافت فرمان با محیط خارج از خود را انجام نمی‌دهند و بعبارت دیگر بصورت کنترل از راه دور عمل نمی‌کنند بلکه بصورت یک واحد مستقل هوشمند عمل می‌کنند. کلیه مراحل طراحی و ساخت این روبات‌ها در دانشگاه صنعتی شریف انجام شده است.

کلمات کلیدی: روبات فوتبالیست - روبات هوشمند - بینایی ماشینی - پردازش بلادرنگ تصویر - کنترل بلادرنگ روبات

مقدمه

هدف نهائی چنین پروژه‌ای می‌تواند طراحی و ساخت روبات‌های انسان‌نمای هوشمندی باشد که از نظر شکل و قیافه ظاهر مانند انسان هستند و می‌توانند در زمین فوتبال معمولی همانند انسان‌ها فوتبال بازی کنند. به تحقق پیوستن این رویا در آینده‌ای نه چندان دور شاید آنقدرها هم دور از ذهن نباشد. ادامه تحقیقات در این زمینه بستر مناسب برای انجام این کار تحسین برانگیز را فراهم خواهد آورد که در آنصورت می‌توانیم شاهد دیدن روبات‌های انسان‌نمای باشیم که می‌توانند از عهده بسیاری از کارهایی که انجام آنها برای انسان‌ها بعلت خطرات جانی زیاد امکان‌پذیر نیست، برآیند. در این راستا می‌توان از عملیات اکتشاف در معادن خطرناک، عملیات نجات در آتش‌سوزی‌ها، زلزله و یا حتی عملیات جنگی نام برد [۱]. شرکت سونی ژاپن و چندین شرکت بزرگ دیگر ضمن حمایت مالی از این پروژه موفق شدند اولین دور مسابقات بین‌المللی روبو‌کاپ را در سال ۱۹۹۷ در شهر ناگويا در ژاپن همزمان با پنجمین کنفرانس بین‌المللی هوش مصنوعی



IJCAL-97 برگزار کنند. دومین دور این مسابقات در تیرماه سال جاری همزمان با مسابقات جام جهانی فوتبال در شهر پاریس در فرانسه برگزار شد. تیم روبات فوتبالیست دانشگاه صنعتی شریف بعنوان تنها تیم شرکت کننده از خاورمیانه در این مسابقات حضور یافت. فدراسیون روبات هر ساله این مسابقات را در یکی از کشورهای دنیا برگزار خواهد نمود. قرار است پنجمین دور این مسابقات در سال ۲۰۰۲ همزمان با مسابقات جام جهانی فوتبال در کشور ژاپن برگزار گردد.

روبات فوتبالیست همانطور که از نامش پیدا است باید بتواند در یک زمین بازی با روبات‌های دیگر فوتبال بازی کند. قوانینی که برای فوتبال روبات‌ها در نظر گرفته شده است مشابه قوانین فوتبال انسان‌ها است. هر چند کلیه قوانین فوتبال انسان‌ها عیناً در نظر گرفته نشده است ولی کارهایی مانند ضربه زدن به روبات دیگر، وارد شدن به محوطه حمله تیم مقابل در حالت "آف ساید" و نگهداشتن طولانی مدت توپ، خطا تلقی می‌شوند. و البته تعجب نکنید که روبات‌ها در صورت انجام چنین خطاهایی کارت زرد گرفته و دو کارت زرد معادل یک کارت قرمز و در نتیجه اخراج از بازی خواهد بود.

این مسابقات در سه رشته شبیه سازی کامپیوتری، روبات‌های اندازه کوچک و روبات‌های اندازه متوسط برگزار می‌شود. روبات‌هایی که ما ساخته‌ایم از نوع اندازه متوسط است و طول و عرض آنها کمتر از ۵۰ سانتی‌متر (طبق مقررات) است. هرچند فعلاً محدودیتی روی ارتفاع روبات‌ها وجود ندارد ولی روبات‌های ما دارای ارتفاع ۴۰ سانت هستند. زمین بازی محوطه‌ای به شکل زمین فوتبال و اندازه ۸×۵ متر مربع است. کف زمین از جنس موکت بدون پرز و به رنگ سبز است. خط کشی‌ها مانند خط کشی زمین فوتبال، به رنگ سفید و به پهنای ۵ سانت است. اطراف زمین دیواری به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و به رنگ سفید وجود دارد. عرض دروازه‌ها ۱۵۰ سانت و ارتفاع آنها ۶۰ سانت و فضای پشت دروازه خالی و از تور پوشیده شده است.

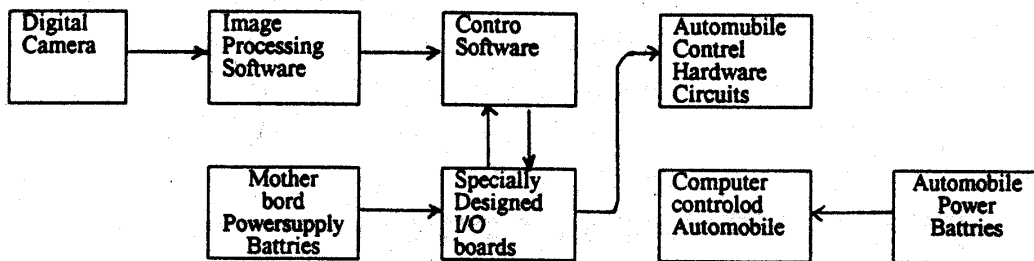
یکی از دروازه‌ها به رنگ زرد و دیگری به رنگ آبی است. روبات‌ها معمولاً به رنگ سیاه بوده و می‌توانند برای تشخیص همدیگر از یک نوار رنگی که بدور روبات نصب می‌شود استفاده کنند. توپ به رنگ قرمز و اندازه ۴ استاندارد فیفا است.

زمان بازی دو نیمه ۵ دقیقه‌ای و زمان استراحت بین دو نیمه ده دقیقه است. هر تیم می‌تواند حداکثر ۵ روبات داشته باشد که یکی از آنها می‌تواند دروازه‌بان باشد. هر تیم روبات‌های خود را در جای معینی در نیمه زمین خود قرار می‌دهد و سپس پس از شنیدن صدای صوت داور بازی آغاز می‌شود. پایان بازی نیز پس از شنیدن صدای صوت داور و از طریق فشار دادن دکمه توقف روبات‌ها بطور دستی و یا بصورت کنترل از راه دور انجام می‌گیرد. طبیعی است که هر تیمی که گل بیشتری بزند برنده محسوب می‌شود.

طرح کلی روبات فوتبالیست

شکل ۱ یک طرح شماتیک از روبات را نشان می‌دهد که از شش قسمت زیر تشکیل شده است.

۱. دوربین‌های ویدئویی دیجیتال رنگی از مارک Quick Cam هستند که سیستم بینایی روبات را تشکیل می‌دهند. اطلاعات تصویری این دوربین از طریق پورت پارالل به مادر برد کامپیوتر روبات منتقل می‌گردد.
۲. نرم‌افزار پردازش تصویر. این نرم‌افزار شامل الگوریتم‌هایی است که مشخصات کلی اشیاء دیده شده از قبیل رنگ، اندازه، شکل، فاصله تا دوربین و غیره را تعیین و در یک ساختار از قبل پیش‌بینی شده قرار می‌دهد. این ساختار مورد استفاده الگوریتم‌های کنترل قرار می‌گیرد.



شکل ۱ - بلوک دیاگرام کلی روبات فوتبالیست

۳. نرم افزار کنترل - این نرم افزار با در اختیار گرفتن اطلاعات موجود در ساختار ۱ که بطور بلادرنگ توسط نرم افزار پردازش تصویر تولید و در آدرس معینی از حافظه قرار داده شده، الگوریتم بازی را به اجرا در می آورد. این نرم افزار عملاً تعیین کننده چگونگی حرکت روبات در شرایط مختلف است و یکی از مهم ترین قسمتهای روبات محسوب می شود. یک الگوریتم خوب که کلیه جوانب را بتواند در نظر گرفته و از درجه هوشمندی بالائی برخوردار باشد می تواند پارامتر اصلی در پیروزی یک تیم باشد. بکارگیری روشهای هوش مصنوعی و مبتنی بر یادگیری می تواند در این الگوریتمها کاربردهای با ارزشی داشته باشد.

۴. مدارهای خاص منظوره ورودی و خروجی - مادربرد کامپیوتر پنتیوم مورد استفاده در روباتهای ما دارای ۶۴ بیت I/O است. این تعداد بیت برای انجام کارهای کنترلی روبات کافی نبوده و بنابراین بردهای ورودی و خروجی جداگانه ای طراحی شده است که هر کدام دارای ۱۲۸ بیت هستند. هرچند جمعاً ۲۵۶ بیت I/O زیاد بنظر می رسد ولی می توان با یکی کردن دو برد ورودی و خروجی ضمن صرفه جویی در فضا، به تعداد مطلوب بیت مورد نیاز دسترسی یافت.

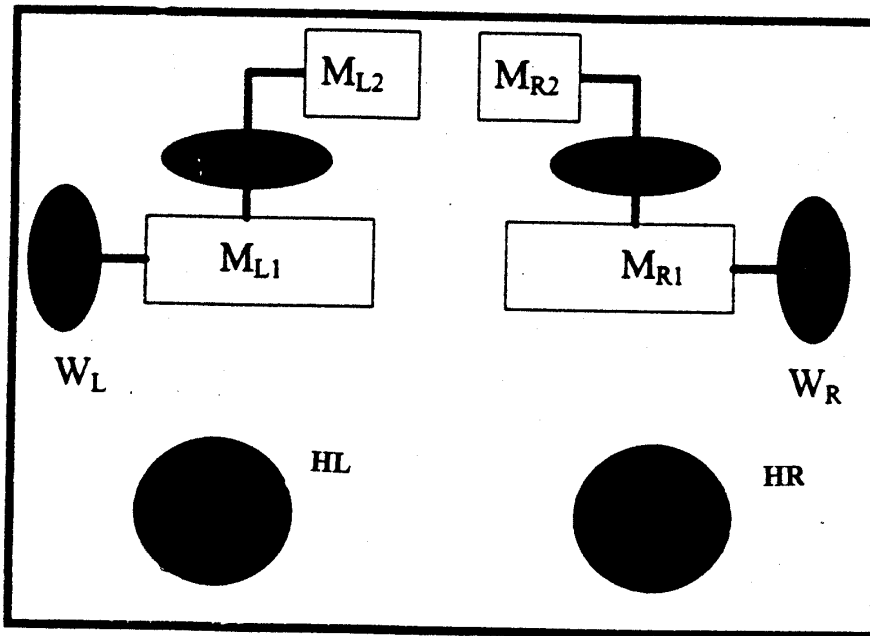
۵. منبع تغذیه مادر برد کامپیوتر - تغذیه ۱۲ ولت کامپیوتر از طریق یک باتری خشک ۱۲ ولت ۱/۲ آمپر تأمین گردیده و تغذیه ۴/۸ ولت کامپیوتر از طریق موازی کردن سه باتری خشک ۴/۸ ولت ۱/۲ آمپر ساعت تأمین شده است. تغذیه ۲۴ ولت اتوموبیل روبات از طریق سری کردن دو باتری خشک ۱۲ ولت ۱/۲ آمپر ساعت مانند نمونه فوق تأمین شده است. در این روبات منبع تغذیه اتوموبیل و سیستم کامپیوتر و کنترلی کاملاً از هم مجزا هستند.

۶. مدارهای الکترونیکی کنترل کننده اتوموبیل روبات - این مدارها سرعت و جهت حرکت موتورهای بکار رفته در اتوموبیل روبات را کنترل می کنند. بعلاوه از یک مکانیزم اپتواینترابتر^۱ یا شمارنده نوری برای تعیین میزان چرخش چرخهای اتوموبیل استفاده شده است. خروجی این مدارها از طریق یک سری رله هائی که با قطع و وصل شدن خود باعث ارسال ولتاژ بر روی موتورهای حرکتی اتوموبیل می شوند تأمین می گردد.

^۱ - Opto Intruption Or Opto Counter



۷. اتوموبیل قابل کنترل توسط کامپیوتر - این اتوموبیل که کلیه قطعات مکانیک آن در دانشگاه صنعتی شریف طراحی و ساخته شده است، از دو چرخ جلو متصل به دو موتور، دو مکانیزم جداگانه برای چرخاندن چرخهای جلو که هر کدام به یک موتور جداگانه دیگری متصل هستند (جمعاً ۴ موتور) و دو گوی هرزگرد برای عقب اتوموبیل تشکیل شده است. شکل ۲ شمای کلی اتوموبیل روبات را نشان می‌دهد.



شکل ۲ - بلوک دیاگرام اتوموبیل روبات. W_L و W_R چرخهای حرکتی اتوموبیل، M_{L1} , M_{L2} ، M_{R1} , M_{R2} موتورها و HL و HR دو هرزگرد که بعنوان چرخ عقب روبات عمل می‌کنند می‌باشند.

حرکت اتوموبیل توسط موتورهای M_{L1} و M_{R1} که منجر به چرخش چرخهای W_L و W_R می‌شوند انجام می‌گردد. ولتاژ مثبت حرکت بسمت جلو و ولتاژ منفی حرکت بسمت عقب را تأمین می‌کند. سرعت چرخش به روش PWM کنترل می‌شود. مجموعه M_{R1} و W_R بعنوان یک یونیت مستقل هستند که کل این یونیت توسط موتور M_{R2} حول یک نقطه به اندازه زاویه معینی می‌تواند دوران کند. در واقع موتور M_{R2} کارفرمان اتوموبیل را انجام می‌دهد. زاویه چرخش توسط یک مکانیزم ایتوایتراپتر تعیین می‌شود.

جزئیات قسمتهای تشکیل دهنده روبات

در زیر جزئیات قسمتهای مختلف روبات را تحت عناوین مکانیک روبات، سیستم کنترل روبات، نرم‌افزار، الگوریتم‌های بینایی و الگوریتم‌های کنترل بطور جداگانه توضیح می‌دهیم.



الف - مکانیک روبات

مکانیک این روبات‌ها ما به منظور دارا بودن امکانات خاص از جمله امکان دور زدن دور توپ از فاصله بسیار اندک، کم بودن اتلاف انرژی و سرعت مناسب، طراحی و ساخته شده است.

همانطور که در شکل ۲ توضیح داده شده است دو چرخ عقب روبات هر دو هرزگرد هستند.

چرخ‌های جلوی روبات که به قطر ۷۰ میلی‌متر هستند هرکدام به یک موتور متصل هستند (MR1, ML1). این موتورها ۲۴ ولت و دور آنها ۲۲۰۰ دور در دقیقه است. توان مصرفی آنها حدود ۳۵ وات است. این موتورها دارای گیربکس با نسبت تبدیل ۱/۱۵ می‌باشند. با تغییر علامت ولتاژ و روش PWM جهت حرکت جلو یا عقب و سرعت دوران این چرخ‌ها مشخص می‌شود.

گیربکس این موتورها داخل جعبه مخصوص از نوع پلکس گلاس که برای این منظور خاص طراحی و ساخته شده نصب گردیده است. کل این مجموعه (موتور MR1 و چرخ WR) خود به گیربکس با نسبت تبدیل ۱/۸۰ متصل می‌باشد. این مکانیزم باعث می‌شود که موتور بتواند حول یک محور عمودی دوران کرده و در عمل کار فرمان اتوموبیل را انجام دهد.

$$\text{حداکثر سرعت روبات را می‌توانیم از رابطه زیر بدست آوریم.}$$

$$\text{متر بر ثانیه} = 0.527 = \frac{1}{15} \times \frac{70}{2000} \times 2\pi \times \frac{2200}{60} = \text{حداکثر سرعت}$$

دقت چرخش دورانی که منجر به ایجاد حرکت عمودی بر چرخ‌های متحرک روبات می‌شود بستگی به تعداد دندان‌ها صفحه دایره‌ای شکلی دارد. این صفحه دارای ۳۲ دندان بوده و با یک مکانیزم اپتواینترپتر توسط کامپیوتر کنترل می‌شود. دقت چرخش دور چرخ حول محور عمودی به اندازه ۰/۱۴ درجه می‌باشد.

$$\text{متر بر ثانیه} = 0.14 = \frac{2200}{32 \times 80} = \text{دقت چرخش حول محور عمودی}$$

مکانیزم طراحی شده این امکان را می‌دهد که با چرخاندن چرخ‌ها حول محور عمودی به اندازه دلخواه روبات را حول نقطه‌ای داخل روبات و یا خارج روبات بچرخانیم و بنابراین امکان چرخیدن بدور توپ در صورتیکه حتی توپ چسبیده به روبات باشد فراهم می‌شود.

وزن قسمتهای مکانیکی روبات کمتر از ۵ کیلوگرم است. این روبات می‌تواند با سرعت تقریبی ۵۰ سانت برثانیه وزنی بیشتر از ۱۰ کیلوگرم را با خود حمل نماید. شکل ۳ چگونگی محاسبه نقطه دوران (A) برای این روبات را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود، برای اینکه روبات بتواند حول نقطه A دوران کند لازم است که چرخ‌های چپ و راست را انقدر بچرخانیم که در وضعیت V1 و V2 قرار گیرند.

$$V_1 = W_T \times \sqrt{Y^2 + (K - X_1)^2}$$

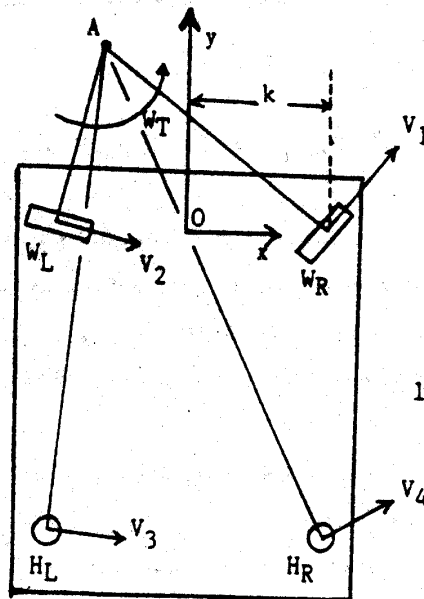
$$V_2 = W_T \times \sqrt{Y^2 + (K + X_1)^2}$$

در این روابط X_1 و Y_1 مختصات نقطه A، است که نسبت به نقطه O دو قسمت جلوی روبات محاسبه

می‌شود.

پس از قرار دادن چرخ‌های جلو در این وضعیت و صدور فرمان حرکت به آنها، روبات حول نقطه A دوران خواهد

نمود.



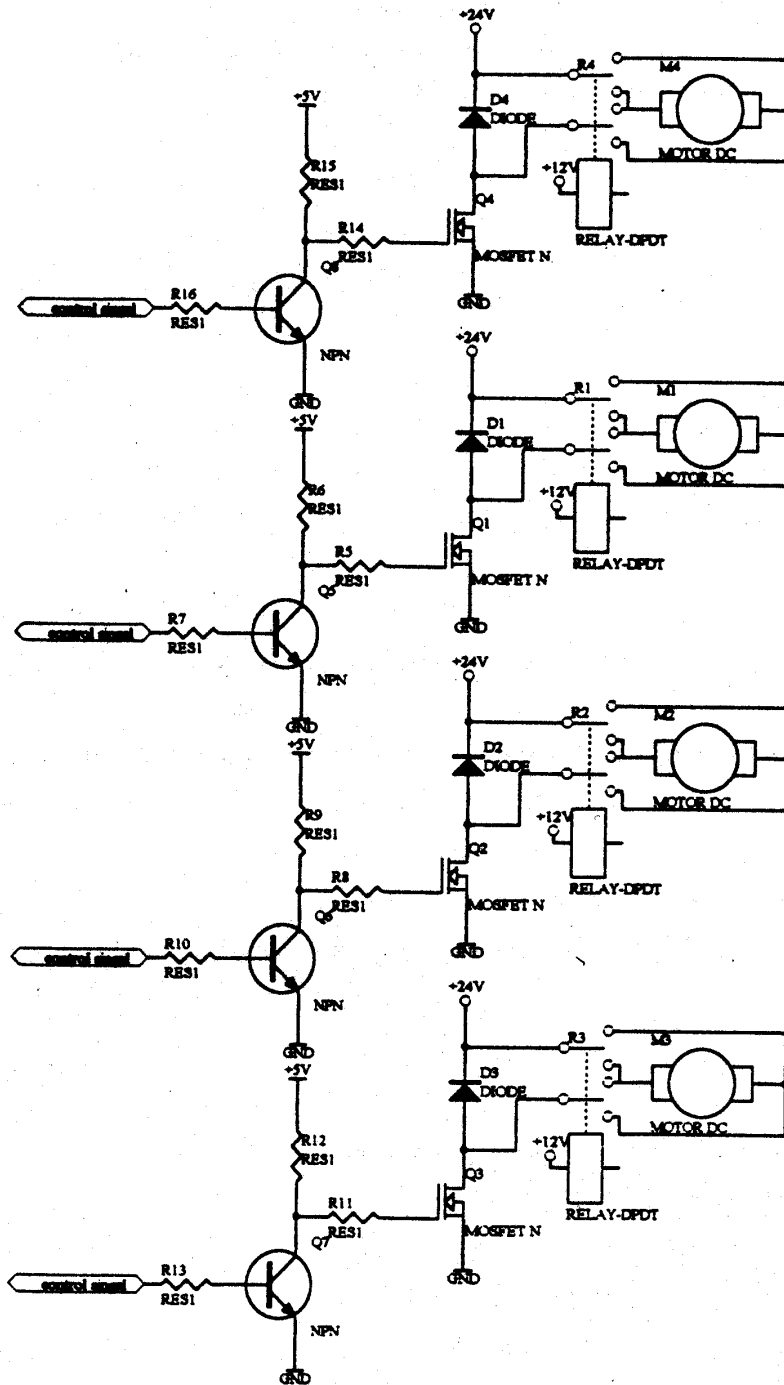
شکل ۳ - روبات می‌تواند حول نقطه A دوران کند.

سیستم کنترل روبات

برای کنترل سیستم مکانیکی به کنترل دور ۲ موتور MR2 و ML2 (موتورهای حرکت انتقالی متصل به چرخ‌های روبات) و کنترل جهت هر چهار موتور بکار رفته در اتوموبیل روبات نیاز داریم. بنابراین سیستم کنترل باید بتواند کارهای زیر را انجام دهد:

۱. کنترل جهت چرخش ۴ موتور بطور جداگانه
۲. کنترل سرعت موتورهای MR1 و ML1
۳. کنترل تعداد دور موتورهای MR2 و ML2
۴. کنترل سرعت چرخ‌های جلوی روبات و صدور فرمان قطع حرکت بصورت اتوماتیک.

برای کنترل سرعت موتور از تکنیک مدولاسیون پهنای باند استفاده شده است. این تکنیک مبتنی بر این نکته است که می‌توان بجای بالا و پائین بردن ولتاژ دو سر موتور، با استفاده از خاصیت سلفی موتور موجی DC، پالس صفر و یک متفاوت را بگونه‌ای به موتور اعمال کرد که انتگرال سطح زیرمنحنی با انتگرال زیرخط ولتاژ موردنظر برابر شود. اینکار را می‌توان با قطع و وصل کردن تغذیه موتور انجام داد. البته برای هر موتور باید فرکانس مخصوصی را تعیین نمود. موج PWM با این فرکانس بهترین بازده را ایجاد می‌کند. برای موتورهای که در ساخت این روبات استفاده شده است بطور تجربی فرکانس ۲ کیلوهرتز بدست آمده است. برای اعمال موج PWM به موتورهای روبات از Switching Power Mosfet شماره BUZ11 استفاده شده است. این Mosfet دارای قدرت تحمل جریان زیاد و سرعت بالای Switching است. برای تعویض جهت حرکت موتورها از یک رله دوپل برای هر موتور استفاده شده است. جهت چرخش موتورها توسط تغییر جهت جریان کنترل می‌شود. شکل ۴ مدارهای کنترل کننده قدرت برای چهار موتور روبات را نشان می‌دهند.



شکل ۴- مدار کنترلر قدرت موتورهای روبات چهار مدار برای چهار موتور روبات مانند همدیگر هستند.



برای شمارش تعداد برشهای صفحه دایره‌ای ۳۲ دندان‌ای که بر روی موتورهای چرخاننده چرخ‌ها (MR1 و MR2) نصب شده است از یک مکانیزم اپتواینترپتر یا شمارنده نوری استفاده شده است. این وسیله از یک زوج LED مادون قرمز و یک فتوترانزیستور تشکیل شده است. وقتی که نور مادون قرمز از فاصله بین دندان‌های صفحه دایره‌ای عبور کند به طرف دیگر یا گیرنده این دستگاه اصابت کرده و به این ترتیب عمل شمارش را می‌توان انجام داد.

سیستم نرم‌افزار

این سیستم کلاً از سه بخش عمده زیر تشکیل شده است:

الف - الگوریتم‌های بینایی روبات و پردازش تصویر و تشخیص رنگ‌ها

ب - الگوریتم‌های کنترل

پ - برنامه‌های مربوط به کنترل قسمتهای سخت‌افزاری و چگونگی صدور فرمان حرکت به روبات‌ها.

برای ارتباط بین قسمتهای بینایی و کنترل از یک ساختار ثابت استفاده شده است. اطلاعات موجود در این ساختار مرتباً (بصورت بلادرنگ) تغییر پیدا می‌کنند. در این ساختار اطلاعاتی از قبیل رنگ، اندازه، فاصله اشیاء از دوربین روبات قرار داده می‌شود.

الف - الگوریتم‌های بینایی

سیستم بینایی روبات مبتنی بر یک دوربین فیلم‌برداری دیجیتال CCD رنگی بنام Quick Cam است که می‌تواند با سرعت ۵ فریم در ثانیه تصاویر رنگی به اندازه ۱۶۰×۱۲۰ را گرفته و از طریق پورت پارالل به حافظه کامپیوتر منتقل نماید. زاویه دید این دوربین ۴۷ درجه است. الگوریتم‌های بینایی اطلاعات دریافتی از دوربین را پردازش نموده و اشیائی که در میدان دید آن قرار دارند را کلاسه بندی و در ساختار شماره ۱ قرار می‌دهد.

الگوریتم‌های تشخیص رنگ بر مبنای تبدیل مقادیر RGB پیکسل‌های تصویر به مقادیر متناظر HSI است. امتیاز این مکانیزم در واقع حذف پارامتر روشنایی یا I است که پارامتر آزار دهنده‌ای در سیستم RGB محسوب می‌شود. این پارامتر در ساعات‌های مختلف روز و در محیط‌های نوری مختلف مقادیر متفاوتی بخود می‌گیرند. برای شناسائی رنگ در سیستم HSI از پارامترهای S، H استفاده می‌شود. رابطه بین RGB و HSI به شرح زیر تعریف می‌شود [۲].

$$I = \frac{1}{3} [R + G + B]$$

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{1/2 [(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right]$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)]$$

اشیاء در این سیستم از روی رنگ آنها تشخیص داده می‌شوند. رنگ‌هایی که در این سیستم تشخیص داده می‌شوند عبارتند از: قرمز (توپ)، زرد (دروازه)، آبی (دروازه)، سفید (دیوار)، سبز (زمین) و سیاه (روبات‌ها). هر یک از این رنگ‌ها متعلق به یک شیئی خواهد بود. در حال حاضر اطلاعات مربوط به شیئی در یک ساختار آرایه‌ای که هر سطرش در واقع یک ساختار بشرح جدول ۱ است، ذخیره می‌شود.



تعداد سطرهای این آرایه تعداد اشیائی است که در سیستم بینائی روبات تشخیص داده شده است. بعنوان مثال اطلاعات مربوط به توپ همواره در سطر صفر آرایه نگهداشته می شود در این ساختار برای اینکه ببینیم توپ را دیده ایم یا خیر در سطر اول آرایه فیلد iType را آزمایش می کنیم. اگر محتوای این فیلد ۱ باشد نشان می دهد که توپ دیده شده و در صورت صفر بودن یعنی توپ را ندیده است.

متغیر iType همین معنی را برای بقیه اشیاء قابل تشخیص روبات در بردارد برای اینکه سایر اطلاعات مربوط به اشیاء را بخواهیم بقیه فیلدهای سطر مربوطه از آرایه را بررسی می کنیم.

سیستم بینائی هریار که تابعی بنام Look (که در این سیستم نرم افزار روبات ها نوشته شده است) را صدا بزند یک فریم از دوربین را گرفته و اطلاعات آنرا استخراج و ساختار آرایه ای زیر را پر می کند.

بنابراین سیستم نرم افزار با مراجعه به ساختار آرایه زیر همواره بصورت پلاد رنگ می تواند اطلاعات مورد نیاز و مربوط به اشیاء دیده شده توسط دوربین را در اختیار داشته باشد.

جدول ۱ - ساختار بکار رفته در هر یک از سطرهای آرایه ای که اطلاعات مربوط به اشیاء تشخیص داده شده توسط روبات را در اختیار قرار می دهد.

```
struct object - info {
    unsigned char iType ;    // 1 : object seen, 0 : unseen
    Point start ;           // x , y Coordinate of upper left corner of object
    Point end ;             // x , y Coordinate of lower end corner of object
    float distance ;        // Distance of object from camera
    float Area ;            // Area of object seen
    float max-dim ;         // Maximum length or width of object
    float Min-dim ;         // Minimum length or width of object
    point conter ;          // x , y coordinate of center point of object
};
```

در الگوریتم های بینائی پس از تشخیص رنگ شیئی، محدوده اطراف آنرا مشخص نموده و شیئی (مثلاً توپ) مورد نظر را در داخل یک پنجره قرار می دهیم. اندازه این پنجره در صورتیکه در یک زمینه سبز رنگ (زمین) تشخیص داده شود نشان دهنده فاصله توپ تا دوربین است.

برنامه های نرم افزار کلا در محیط DOS و تحت زبان C و به روش شیء گرا نوشته شده اند.

ب - الگوریتم های کنترل

برای کنترل قسمت مکانیک روبات و یا اتوموبیل روبات مدارهائی طراحی شده است که از پورت پارالل فرامین مربوطه را دریافت کرده و دستورات لازم را مجدداً روی پورت پارالل می نویسد. الگوریتم های کنترل فرامینی که در سر فصل سیستم کنترل روبات به آنها اشاره شد را تولید می کنند. این فرامین برای اجرا شدن به یک سری از دستورات مبنائی تبدیل می شوند. برخی از این دستورات به شرح زیر هستند.



GO	: دو تابع با این نام وجود دارد که باعث جلو رفتن یا عقب رفتن روبات می‌شوند
Rotate	: روبات را در حال ایستا به جهت راست یا چپ به اندازه زاویه‌ای که در پارامترهای این تابع تعیین می‌شود می‌چرخاند
Rotate-Round	: این تابع به روبات دستور می‌دهد که حول یک نقطه P در جهت راست یا چپ بچرخد.
Set-Speed	: سرعت چرخش چرخ روبات را مشخص می‌کند. سرعت هر یک از چرخ‌ها بطور جداگانه قابل تنظیم است. مقدار سرعت را با یک پارامتر عددی بین صفر و یک (یک برای حداکثر سرعت) تعیین می‌کنیم.
Made-Stright	: چرخ راست یا چپ را باتوجه به خطای اپتواینتراینتر نسبت به جلوی روبات صاف می‌کند.
Stop	: روبات را متوقف می‌کند.

الگوریتم‌های بازی در خروجی پارامترهای توابع فوق و ترتیب فراخوانی آنها را تعیین می‌کنند.

پ - برنامه‌های مربوط به کنترل روبات یا الگوریتم بازی

از آنجائیکه هدف نهائی این پروژه ساخت روبات‌هایی است که بتوانند فوتبال بازی کنند و اینکار را باید ضمن رعایت یک سری قوانین و مقررات انجام دهند لذا در حال حاضر دو الگوریتم برای روبات‌ها طراحی و پیاده‌سازی شده‌است که کلیات آن بشرح زیر توضیح داده می‌شوند.

۱. الگوریتم دروازه‌بان

در این الگوریتم روبات دروازه‌بان فقط بطرف چپ یا راست و در عرض دروازه حرکت می‌کند. حرکت وقتی انجام می‌گردد که توپ دیده شود. جهت حرکت در جهت حرکت توپ است. حرکت دروازه‌بان طوری است که توپ را همواره در مرکز دوربین ببیند. یکی از نکات مهم این الگوریتم تضمین عدم حرکت روبات در خارج از محدوده دروازه و حرکت موازی آن با خط عرضی وسط زمین است.

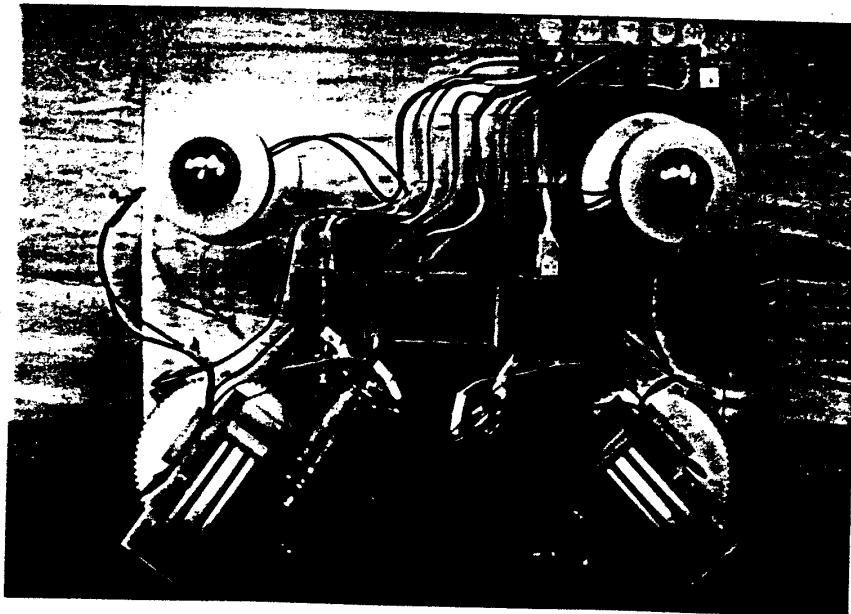
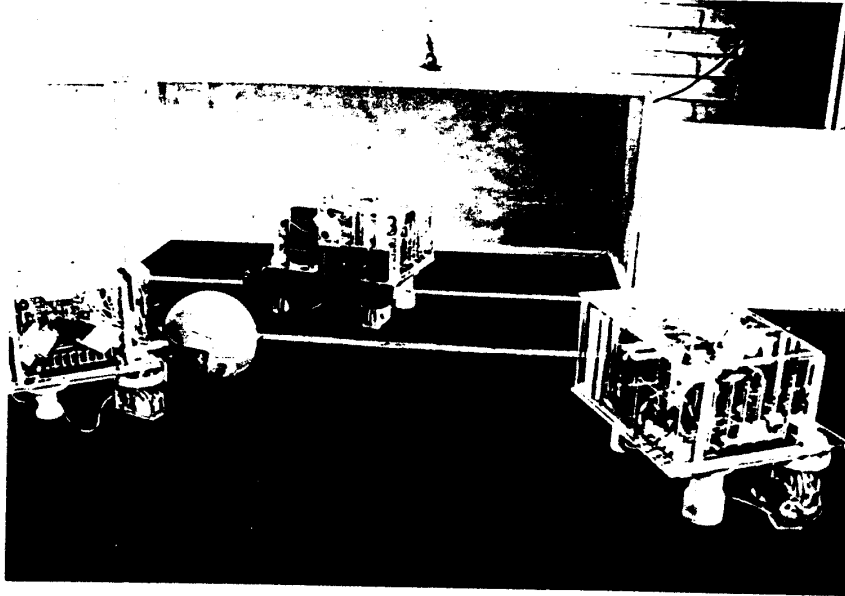
۲. الگوریتم بازیکن

در این الگوریتم روبات آنقدر بدور خودش می‌چرخد تا توپ را ببیند اگر توپ را دیده بطرف آن حرکت می‌کند و به آن نزدیک می‌شود بطوریکه توپ به قسمت جلوی روبات تماس حاصل نماید. آنگاه آنقدر بدور توپ می‌چرخد تا دروازه حریف را ببیند. نکته کمکی در اینجا دیدن دروازه خودی است. که می‌توان پس از دیدن آن محل دروازه حریف را درست مقابل آن فرض کرده و بطرف آن حرکت نماید چون توپ در جلوی روبات واقع است در حرکت روبات بطرف دروازه حریف توپ را نیز با خودش حمل خواهد نمود.

الگوریتم‌ها و مکانیزم‌های بسیار پیچیده و کامل‌تری برای بازیکن و دروازه‌بان می‌توان نوشت که ما تئیر در حال تجربه و پیاده‌سازی چنین الگوریتم‌هایی می‌باشیم. در این الگوریتم قوانین بازی از جمله عدم اصابت به روبات حریف و رعایت سایر قوانین بازی در نظر گرفته شده است. بعلاوه در صورت گیر کردن روبات‌ها در گوشه‌های زمین یا بین توپ و روبات دیگر، روبات‌ها می‌تواند پس از زمان کوتاهی خودشان را از این فرصت ایستا آزاد کرده و مجدداً فعالیت را ادامه دهند.

بحث و نتیجه‌گیری

ساخت روبات هوشمند از جمله پروژه‌هایی است که دارای زمینه‌های متعدد علمی بوده و به تخصص‌های متفاوت نیاز دارد. برای چنین روبات‌های حداقل چهار زمینه کاری نرم‌افزار، سخت‌افزار، کنترل و مکانیک نیازاست. خوشبختانه اعضای تیم درگیر در ساختن روبات‌های



شکل ۵ - عکس بالا : سه روبات ساخته شده، را در حال بازی نشان می‌دهد
عکس پائین : تصویر از قسمت زیر روبات که موتورها، چرخ‌ها، هرزگردها و اتصالات تغذیه موتورها را نشان می‌دهد



فوتبالیست از رشته‌های مهندسی نرم‌افزار، مهندسی سخت‌افزار و مهندسی مکانیک هستند و توانسته‌ایم این چهار زمینه کاری را بطور مطلوبی باهم تلفیق و هماهنگ کنیم.

در حال حاضر ۵ عدد روبات مطابق توضیحات ارائه شده ساخته شده است که یکی از آنها دارای الگوریتم دروازه‌بان و ۴ عدد دیگر دارای الگوریتم بازیکن هستند با نصب یک سیستم سونار بر روی هر یک از روبات‌ها علاوه بر جلوگیری از برخورد آنها با دیوار و یا سایر روبات‌ها می‌توانیم موقعیت روبات‌ها در زمین بازی را نیز تعیین کنیم. یکی از پروژه‌های تحقیقاتی که در حال حاضر در این زمینه در دست انجام است، پیدا کردن یک دید جهانی global view از زمین بازی توسط هر یک از روبات‌ها است. این عمل با بهره‌گیری سونار و روشهای مکان‌یابی انجام خواهد شد که در آنصورت تصمیم‌گیری پیچیده‌تر نیز عملی خواهد شد.

در مقالاتی که در این زمینه ارائه شده است، موضوع روبات‌های فوتبالیست را به‌عنوان یک مسئله Multi Agent معرفی نموده‌اند بطوریکه هر یک از روبات‌ها یک Agent هست و می‌خواهد با سایر Agentها ارتباط برقرار کرده و تبادل اطلاعات نمایند. طبیعی است که این Agentها متحرک بوده و هر کدام دارای نام مشخصی هستند که می‌توانند خودشان را به سایر Agentها از طریق ارسال پیامی که نام خود را نیز در آن دارند معرفی نمایند و کار خاصی را بطور گروهی انجام دهند.

دامنه تکنیک‌هایی که در ساخت این روبات بکار می‌روند بین هوش مصنوعی و روباتیک گسترده شده‌اند. زمینه‌های تحقیقاتی مانند اصول طراحی Agentهای خودکار، همکاری چند Agent با هم، تعیین استراتژی عملکرد برنامه‌ریزی و نتیجه‌گیری بلادرنگ، فیوژن سنسورها و نهایتاً روبات‌های هوشمند از جمله مواردی هستند که در ساختن روبات‌های فوتبالیست باید در نظر گرفته و پیاده‌سازی شوند. ادامه کار در این پروژه تحقیقاتی و تکمیل آن موجب رشد زمینه تحقیقاتی ساخت روبات‌های هوشمند در کشور می‌گردد. که به نوبه خود می‌تواند کاربردهای متعددی در بخش‌های صنایع و آموزشی داشته باشد.

مراجع

1. Kitano H., Asada M., et al, *Robocup, A challenge Problem for AI*. Artificial Intelligence, PP 73 - 85, Spring 1997
2. Gonzalez, R. E. *Woods Digital Image Processing*, . Addison-Wesley @ 1993.