

طراحی و ساخت روبات‌های فوتبالیست

منصور جمزاد* (۱)

امیرعلی فروغ نصیرالی**، احسان چینی فروشان*، آرش رجاییان*، حمیدرضا چیت‌ساز*،
رضا قربانی**، مسلم کاظمی*، فرید مبصر*، بشیر سجاد*، امیر رجب‌زاده*

* دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف تلفن: ۹۱۸۲۰۵۸ نمابر: ۶۰۰۵۶۱۶

** دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف

(۱) تهران. صندوق پستی ۸۶۳۹-۱۱۳۶۵، پست الکترونیکی Jamzad@sina.sharif.ac.ir

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 فوتبال بین‌المللی بین روبات‌ها که بنام Robo Cup (World Cup Soccer) نامیده شده، دنبال می‌شود [۱]. روبات‌های ساخته شده ما 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 ماشین - پردازش بلادرنگ تصویری

۱ 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 انسان‌نمایی باشیم که می‌توانند از عهده بسیاری از کارهایی که انجام آنها برای انسان‌ها بعلمت خطرات جانی زیاد امکان‌پذیر نیست، برآیند. در این راستا می‌توان از عملیات اکتشاف در معادن خطرناک، عملیات نجات در آتش سوزی‌ها، 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 ناگویا در ژاپن همزمان با پنجمین کنفرانس بین‌المللی هوش مصنوعی IJCAI-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 روبوکاپ 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.

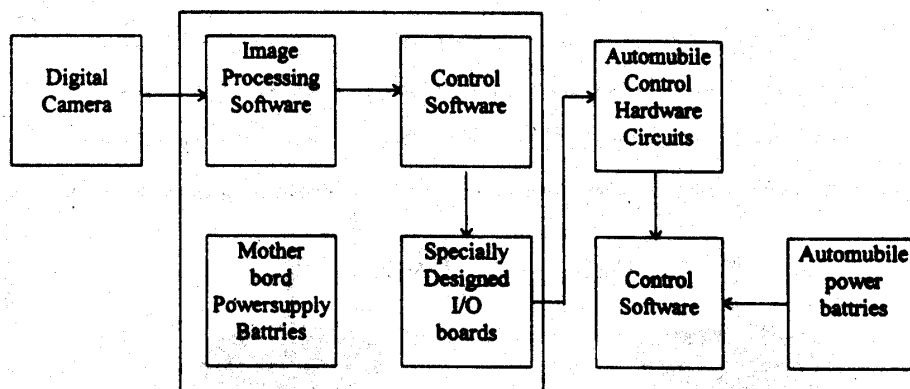
این مسابقات در سه رشته شیبه سازی کامپیوتری، روبات‌های اندازه کوچک و روبات‌های اندازه متوسط برگزار می‌شود. روبات‌هایی که ما ساخته‌ایم از نوع اندازه متوسط است و طول و عرض آن کمتر از ۵۰ سانتی‌متر (طبق مقررات) است. هرچند فعلاً محدودیتی روی ارتفاع روبات‌ها وجود ندارد ولی روبات‌های ما دارای ارتفاع ۴۰ سانت هستند. زمین بازی محوطه‌ای به شکل زمین فوتبال و اندازه ۵×۸ 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 برنگ آبی است. روبات‌ها معمولاً برنگ سیاه بوده و می‌توانند برای تشخیص همدیگر از یک نوار رنگی که بدور روبات نصب می‌شود استفاده کنند. توپ برنگ قرمز و اندازه ۴ استاندارد فیفا است.

۲ 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.



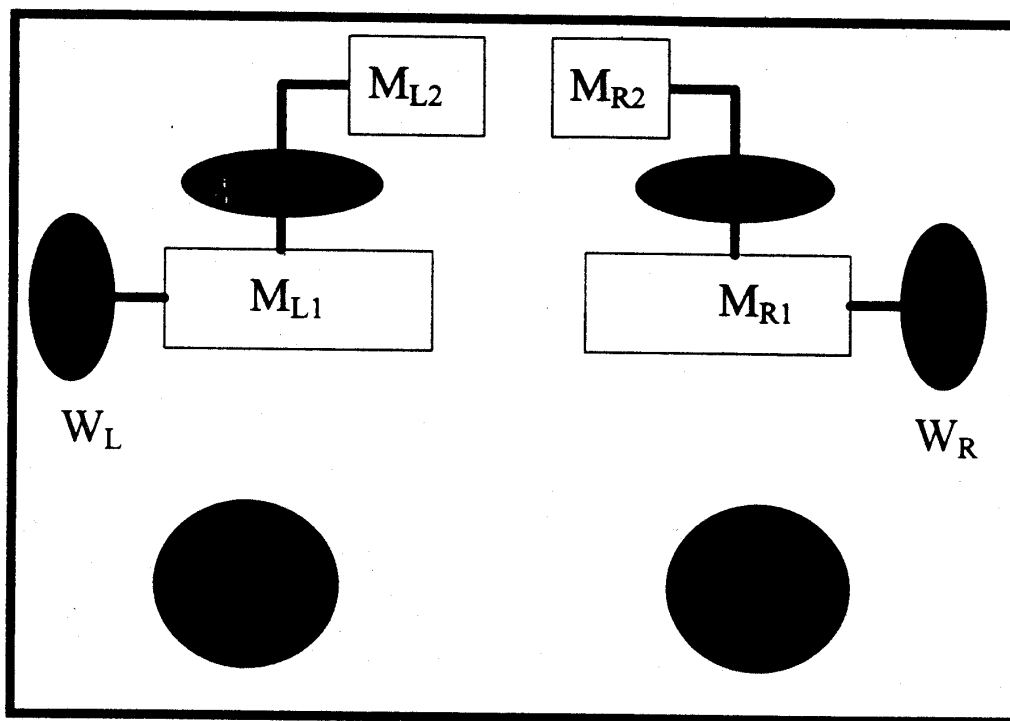
شکل ۱ - بلوک دیاگرام کلی روبات فوتبالیست

۳. نرم افزار کنترل - این نرم‌افزار با دراختیار گرفتن اطلاعات موجود در ساختار ۱ که بطور بلادرنگ توسط نرم‌افزار پردازش تصویر تولید و در آدرس معینی از حافظه قرار داده شده، الگوریتم بازی را به اجرا در می‌آورد. این نرم‌افزار عملاً تعیین کننده چگونگی حرکت روبات در شرایط مختلف است و یکی از مهم‌ترین قسمت‌های روبات محسوب می‌شود. یک الگوریتم خوب که کلیه جوانب را بتواند در نظر گرفته و از درجه هوشمندی بالایی برخوردار باشد می‌تواند پارامتر اصلی در پیروزی یک تیم باشد. بکارگیری روش‌های هوش مصنوعی و مبتنی بر یادگیری می‌تواند 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 جداگانه‌ای طراحی شده است که هر کدام دارای ۱۲۸ بیت هستند. هرچند جمعاً ۲۵۶ بیت I/O زیاد بنظر می‌رسد ولی می‌توان با یکی کردن دو برد ورودی و خروجی ضمن صرفه‌جویی در فضا، به تعداد مطلوب بیت موردنیاز دسترسی یافت.

۵. منبع تغذیه روبات توسط سه باطری ۱۲ ولت و سه باطری ۴/۸ ولت از نوع باطری خشک تأمین می‌شود.
 ۶. مدارهای الکترونیکی کنترل کننده اتوموبیل روبات - این مدارها سرعت و جهت حرکت موتورهای بکار رفته در اتوموبیل روبات را کنترل می‌کنند. بعلاوه از یک مکانیزم اپتواینترابتر یا شمارنده نوری برای تعیین میزان چرخش چرخهای اتوموبیل استفاده شده است. خروجی این مدارها از طریق یک سری رله‌هانی که با قطع و وصل شدن خود باعث ارسال ولتاژ بر روی موتورهای حرکتی اتوموبیل می‌شوند، تأمین می‌گردد.

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 هرکدام 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.

¹ - Opto Inrupter Or Opto Counter

حرکت اتوموبیل توسط موتورهای MR1 و ML1 که منجر به چرخش چرخهای WR و WL می‌شوند انجام می‌گردد. ولتاژ مثبت حرکت بسمت جلو و ولتاژ منفی حرکت بسمت عقب را تأمین می‌کند. سرعت چرخش به روش PWM انجام می‌شود. مجموعه MR1 و WR بعنوان یک یونیت مستقل هستند که کل این یونیت توسط موتور MR2 حول یک نقطه به اندازه زاویه معینی می‌تواند دوران کند. در واقع موتور MR2 کارفرمان اتوموبیل را انجام می‌دهد. زاویه چرخش از طریق شمارش تعداد دنده‌های یک دیسک که به MR2 متصل است صورت می‌گیرد. این شمارش به کمک یک مکانیزم ابتیوتراپتر انجام می‌گردد.

۳ 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 روبات فوتبالیست 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 و مکانیزم آنها از یک گوی گردان داخل مجموعه‌ای از بلبرینگ‌ها تشکیل شده است.

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 پلکس‌گلاس که برای این منظور خاص طراحی و ساخته شده نصب گردیده‌است. 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.

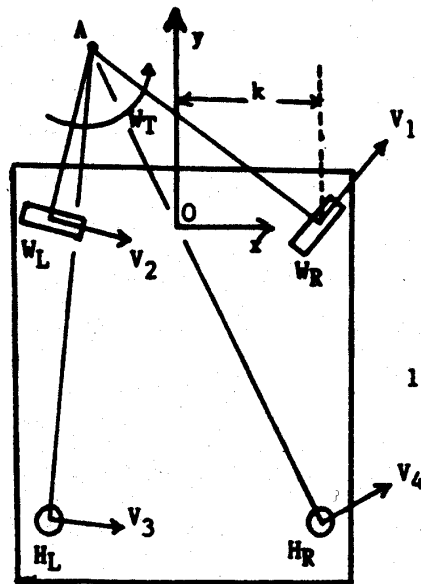
سرعت و توان این موتور مانند چرخ‌های جلو است. بنابراین حداکثر سرعت روبات را می‌توانیم از رابطه زیر بدست آوریم.

$$\text{متر بر ثانیه} = \frac{2200}{60} \times 2\pi \times \frac{70}{2000} \times \frac{1}{15} = 0.537$$

چرخش دورانی که منجر به ایجاد حرکت عمودی بر چرخهای متحرک رویات می‌شود توسط اینکودر تعبیه شده در گیربکس کنترل می‌شود. دقت چرخش دور چرخ حول محور عمودی به اندازه ۰/۱۴ درجه می‌باشد. مکانیزم طراحی شده این امکان را می‌دهد که با چرخاندن چرخها حول محور عمودی به اندازه دلخواه رویات را حول نقطه‌ای داخل رویات و یا خارج رویات بچرخانیم و بنابراین امکان چرخیدن بدور توپ در صورتیکه حتی توپ چسبیده به رویات باشد فراهم می‌شود.

وزن قسمتهای مکانیکی رویات کمتر از ۵ کیلوگرم است. این رویات می‌تواند با سرعت تقریبی ۵۰ سانت برثانیه و رُئی بیشتر از ۱۰ کیلوگرم را با خود حمل نماید.

شکل ۳ چگونگی محاسبه نقطه دوران (A) برای رویات ساخته شده ما را نشان می‌دهد.



شکل ۳ - رویات می‌تواند حول نقطه A دوران کند.

همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود، برای اینکه رویات بتواند حول نقطه A دوران کند لازم است که چرخهای چپ و راست را آنقدر بچرخانیم که در وضعیت v_1 و v_2 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.

۲ 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 به موتورهای MR2 و ML2
 ۴. کنترل سرعت چرخ‌های جلوی روبات و صدور فرمان قطع حرکت بصورت اتوماتیک.
- جهت چرخش موتورها توسط تغییر جهت جریان کنترل می‌شود. برای تعویض جهت حرکت موتورها از یک رله دوپل برای هر موتور استفاده شده است.
- 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 و 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.
- همانطور که در قبل گفته شد تعداد دور موتورهای MR2 و ML2 توسط اینکودر (صفحه مدرج بعلاوه اپتوایترپتر) کنترل می‌شود.
- برای تنظیم زاویه چرخ‌ها به موفقیت‌های موردنظر همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، از یک مکانیزم شمارنده متصل به اپتوایترپتر و فلیپ فلاپ استفاده شده است.

۵ 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 ساعت‌های مختلف روز و در محیط‌های نوری مختلف مقادیر متفاوتی بخود می‌گیرند. برای شناسایی رنگ در سیستم HSI از پارامترهای S, H استفاده می‌شود [۲]

اشیاء در این سیستم از روی رنگ آنها تشخیص داده می‌شوند. در واقع سیستم بینایی سعی در تشخیص رنگ‌ها را دارد و سطحی که دارای یک رنگ باشند را تعیین می‌کند. 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 خواهند 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 بینایی روبات قابل تشخیص است. بعنوان مثال اطلاعات مربوط به توپ همواره در سطر صفر آرایه نگهداشته می‌شود. در این ساختار برای اینکه ببینیم توپ را دیده‌ایم یا خیر در سطر اول آرایه فیلد iType را آزمایش می‌کنیم. اگر محتوای این فیلد ۱ باشد نشان می‌دهد 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 می‌کنیم.

سیستم بینایی هر بار که تابعی بنام Look (که در این سیستم نرم‌افزار روبات‌ها نوشته شده است) را صدا بزنند یک فریم از دوربین را گرفته و اطلاعات آنرا استخراج و ساختار آرایه‌ای زیر را پر می‌کند.

بنابراین سیستم نرم‌افزار با مراجعه به ساختار آرایه زیر همواره بصورت بلادرنگ می‌تواند اطلاعات موردنیاز و مربوط به اشیاء دیده شده توسط دوربین را در اختیار داشته باشد.

```

struct    object - info {
    unsigned char iType ;      // 1 : object seen, 0 : unseen
    Point start ;             // x , y Coordinate of upper loft corner of object
    Point end ;               // x , y Coordinate of lower end corner of object
    float distance ; // Distance of object from comera
    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
};

```

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

در الگوریتم‌های بینائی پس از تشخیص رنگ شیئی، محدوده اطراف آنرا مشخص نموده و شیئی (مثلاً توپ) موردنظر را در داخل یک پنجره قرار می‌دهیم. اندازه این پنجره به نوعی نشاندهنده فاصله توپ تا دوربین است. برنامه‌های نرم‌افزار کلاً در محیط DOS و تحت زبان C و به روش شیء‌گرا نوشته شده‌اند. سخت‌افزاری دوربین توسط نرم‌افزاری که طراحی نموده‌ایم قبل از شروع بازی قابل تنظیم می‌باشد.

ب - الگوریتم‌های 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 می‌نویسد. الگوریتم‌های کنترل فرامینی که در سه فصل سیستم کنترل روبات به آنها اشاره شد را تولید می‌کنند. این فرامین برای اجرا شدن به یک سری از دستورات مبنائی تبدیل می‌شوند. برخی از این دستورات به شرح زیر هستند.

GO	: دو تابع با این نام وجود دارد که باعث بجلو 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 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.
Stop	: روبات را متوقف می‌کند.

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

پ - برنامه‌های مربوط به کنترل روبات یا الگوریتم بازی

از آنجائیکه هدف نهائی این پروژه ساخت روبات‌هائی 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 دید، 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. یک 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. وقتیکه توپ در جلوی روبات قرار گیرد در حرکت روبات بطرف دروازه حریف توپ در جلوی گریپر روبات قرار گرفته و بطرف دروازه‌بان هدایت می‌شود..



شکل ۴ - عکس بالا یک روبات دروازه‌بان و یک روبات حمله را در حال بازی نشان می‌دهد.

۶ بحث و نتیجه‌گیری

ساخت روبات هوشمند از جمله پروژه‌هایی است که دارای زمینه‌های متعدد علمی است و به تخصص‌های متفاوت نیاز دارد. برای چنین روبات‌های حداقل چهار زمینه کاری نرم‌افزار، سخت‌افزار، کنترل و مکانیک نیاز است. خوشبختانه اعضای تیم درگیر در ساختن روبات‌های 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 سنسور 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 سنسور 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* است و می‌خواهد با سایر *Agent*ها ارتباط برقرار کرده و تبادل اطلاعات نمایند. طبیعی است که این *Agent*ها متحرک بوده و هرکدام دارای نام مشخصی هستند که می‌توانند خودشان را به سایر *Agent*ها 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. زمینه‌هایی تحقیقاتی مانند اصول طراحی *Agent*های 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.

۷ مراجع

1. Robocoup, A challenge Problem for AI.
H. Kitano, M. Asada, etal, American Association For
Artificial Intelligence, PP 73 - 85, Spring 97
2. Digital Image Processing
R. C. Gonzalez, R. E. Woods.
Addison-Wesley @ 1993.