هدایت و کنترل یک ربات زیرآبی به روش کنترل فازی

مهدی قنواتی[۱]، افشین قنبرزاده[۲]
ghanavatimehdi@yahoo.com

دریافت مقاله: ۸۹/۰۴/۲۰ پذیرش مقاله: ۸۹/۰۶/۳۰

چکیده

در این طرح هدایت و کنترل یک ربات زیر آبی شامل سه موتور و پروانه های متصل به آن به کمک کنترل فازی بررسی شده است. کنترل فازی بر اساس تجربیات انسانی و قوانین مورد نیاز انجام می‌گیرد. ربات همچنین قابل کنترل و هدایت توسط کاربر نیز می‌باشد. از این ربات می‌توان در محیط دریا یا استخر برای یافتن نقطه هدف و قرار گرفتن در جهت مورد نظر استفاده کرد. علاوه‌بر این ربات می‌تواند مسیری مشخص را نیز دنبال کند و در آن مسیر به جستجو بپردازد. این ربات قادر است انواع موانع در سطح یا در عمق را پشت سر بگذارد و به سمت هدف حرکت کند و عبور از موانع را با استفاده از قوانین فازی انجام می‌دهد، بدین معنی که در برخورد با هر نوع مانعی ،ربات زیرآبی تصمیم لازم را برای عدم برخورد با آن در نظر گرفته و از آن عبور می‌کند. برای شبیه‌سازی سیستم مورد نیاز از نرم‌افزارهای *webots* که یک نرم‌افزار قوی در شبیه‌سازی ربات‌های متحرک می‌باشد و نرم افزار ریاضی *maple* استفاده شده است.

کلید واژه:

ربات زیرآبی خودمختار - اجتناب از موانع - کنترل فازی

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر
۲- استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران اهواز، ghanbarzadeh.a@scu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱-مقدمه

در این طرح به بررسی سیستم هدایت و کنترل یک ربات زیرآبی پرداخته می‌شود که در محیط سه‌بعدی دریا یا استخر قرار گرفته است و با اجتناب از موانع به سمت هدف پیش می‌رود.

ربات‌های زیرآبی از مهمترین ربات‌های می‌باشند که در بسیاری از امور دریایی کاربرد دارند، خصوصاً در اکتشافات، امداد و تحقیق لذا با توجه به این موضوع همواره این ربات‌ها در تکامل هستند. اولین ربات‌های زیرآبی خودمختار[۱] در سال ۱۹۷۰ در دانشگاه MIT در آمریکا توسعه یافتند و هم اینک نیز در این دانشگاه ربات‌های زیرآبی موفقی ساخته می‌شود [۱]. بعد از آن شوروی سابق برای اهداف نظامی این ربات‌ها را مورد استفاده قرار داد که آنها را ربات زیر دریایی نامیدند. امروز ربات‌های زیرآبی برای عمق‌های مختلف ساخته می‌شوند و تا عمق‌های ده هزار متر هم پیش می‌روند [۲]. ناوبری این ربات‌ها بوسیله سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS)، قطب نما و ژیروسکوپ صورت می‌گیرد [۳]. از چالش‌های اصلی در طراحی آنها توان یا انرژی مورد نیاز، مساله هدایت و اجتناب از موانع[۲] است. درباره کنترل و مانورپذیری یک ربات زیرآبی به روش‌های فازی مقالاتی وجود دارد [۴].

با توجه به توسعه صنعت دریانوردی در ایران و وجود منابع نفتی و ترافیک بالا در خلیج فارس نیاز به ربات‌های زیرآبی بسیار محسوس است. لذا انجام کارهای تحقیقاتی در این زمینه می‌تواند راه‌گشای ساخت چنین ربات‌هایی شود. در همین راستا در این طرح سعی بر آن شده که همه مراحل کنترل و شبیه‌سازی یک ربات زیرآبی انجام شود. در این پروژه فرض برآن بوده که تمامی قطعات با توجه به بار اندکی که تحمل می‌کنند دچار هیچ‌گونه شکستی نمی‌شوند.

بعد از مدلسازی دینامیکی و کنترل، استراتژی‌های مختلف برای رسیدن به اهداف از پیش معلوم و عبور از موانعی که ممکن است در سر راه ربات باشد، بحث این پروژه است.

۲- طرح مساله

۲-۱-تعریف ربات زیر آبی

یک وسیله نقلیه زیردریایی قابل کنترل از راه دور یا خودمختار است. ربات زیرآبی به اپراتور این امکان را می‌دهد که این وسیله را در اعماق آب کنترل و هدایت کند و از طریق اعمال فرامین عملیات مورد نظر را از طریق تجهیزات ربات، انجام دهد، در حالت خودمختاری ربات خود به درک محیطش می‌پردازد و به صورت مستقل از انسان در آب حرکت کند که هر دو اختصارا ربات زیرآبی خوانده می‌شود [۵].

۲-۲- تعریف مساله

در این طرح یک ربات زیرآبی با توجه به امکانات و کارهایی که از آن خواسته شده است طراحی و شبیه‌سازی اولیه می‌شود سپس معادلات دینامیکی حرکت آن استخراج شده و با توجه به این معادلات سیستم کنترلی تعریف می‌گردد. با توجه به توانایی این سیستم کنترلی، طرح اصلاح شده و شبیه‌سازی نهایی انجام می‌گیرد و در محیط نرم‌افزار نتایج بررسی می‌شوند. در نهایت مدل اصلی ربات و محیط حرکت آن شبیه‌سازی شده و ربات در آن به حرکت واداشته می‌شود. دو نوع هدف مطرح و فرضیات زیر ناظر بر حرکت رباتند:

۱-ربات به نقطه مطلوب[۳] برود و رو به جهت[۴] خواسته شده قرار گیرد. در این روش ربات خود هر مسیری را می‌تواند برای رسیدن به هدف انتخاب کند، اما مسیر باید یکی از کوتاهترین مسیرها باشد و در عین حال کمترین زمان را داشته باشد و ربات به مانعی نیز اصابت نکند.

۲- ربات یک مسیر مطلوب که مدنظر است را طی کند، شروع و پایان این مسیر مشخص است. فرضا ربات باید در امتداد خطی در کنار یک کشتی غرق شده حرکت کند، یا دور آن بچرخد و به وسیله تجهیزاتی که روی آن نصب است مانند دوربین فیلمبرداری، کاوش کند.

رباتی که در این پروژه طراحی و سیستم کنترل آن تعریف می‌شود را با نام Uwater خواهیم شناخت که هم به صورت خودمختار و هم در صورت نیاز به صورت دستی و به وسیله کاربر هدایت می‌شود. همچنین این ربات بدون کابل است یعنی انرژی لازم را از باطری همراه خودش بدست می‌آورد.

۲-۳- بیان طرح

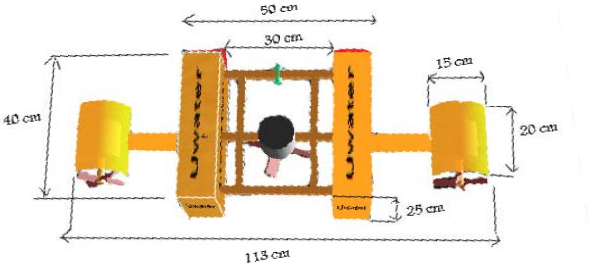
ربات با سه موتور محرک برای حرکت و کنترل در نظرگرفته شده که دو موتور در طرفین برای حرکت به جلو، عقب و چرخش و یک موتور در زیر برای حرکت در عمق است. لذا سه درجه آزادی فعال شامل x, y و یک درجه چرخش ربات با متغیر θ حول محور عمود بر سطح(y) وجود دارد و سه درجه آزادی یگر ربات غیرفعال است. برای کنترل حرکت ربات باید ۳ درجه آزادی فعال که به موتور مجهزند طوری کنترل شوند که سه درجه آزادی غیرفعال حرکتی

۱- Autonomus underwater vichel
۲- Obstacle avoidance
۳- Goal position
۴- Goal orientation

Archive of SID

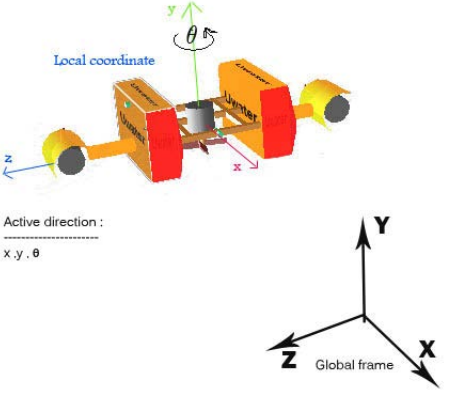
www.SID.ir

نداشته باشند یا حرکت ناچیز داشته باشند. در شکل (۱) طرح و اندازه‌های ربات نشان داده شده است .



شکل(۱): طرح ربات uwater

دستگاه مختصات محلی مطابق شکل (۲) در مرکز ربات قرار داده شده است.



شکل (۲): دستگاه‌های مختصات محلی و جهانی و سه متغیر فعال

وزن ربات مقداری کمتر از نیروی ارشیمدس در حالت غوطه‌وری کامل در نظر گرفته شده است که اگر در هر شرایطی کلیه موتورها خاموش شدند ربات به وسیله نیروی ارشمیدس به سطح آب آورده شود [۶].

با این ایده ربات Uwater برای پایین رفتن نیاز به چرخش پروانه پایینی دارد تا بر نیروی ارشمیدس غلبه کند. اگر چه اختلاف بین وزن ربات و نیروی ارشمیدس کل بسیار اندک است و موتور وسط نیاز به گشتاور زیادی برای پایین رفتن ندارد. اصولاً در هر دو جهت عمق و جلو ربات نزدیک به حالت تعادل قرار دارد تا با کمترین نیرو به حرکت واداشته شود.

۳- مدل کردن ربات زیرآبی Uwater

مدل کردن ربات زیرآبی از نگاه کلی به‌وسیله رایانه بدین صورت انجام گرفت: به‌وسیله نرم‌افزار webots که نرم‌افزاری مناسب برای شبیه‌سازی انواع ربات‌های متحرک است و بیش از هفتصد دانشگاه جهان از آن استفاده می‌کنند [۷]، نخست محیط آب با ویژگی نیروی ارشمیدس و نیروهای درگ برنامه‌نویسی شد. اجزا و موانع لازم هم در قسمت گرافیگی قرار داده شد. سپس قطعات ربات شامل بدنه و موتورهای الکتریکی و خصوصیات آنها و بال‌های ربات و نهایتاً پروانه‌ها مدل شد. تا اینجا ربات زیرآبی به‌صورت ساکن روی آب شناور ماند و منتظر فرمان شد تا حرکت کند. به‌وسیله تعیین زاویه‌ی خط واصل بین نقطه هدف تا مرکز ربات، سوی هدف مشخص شد و دستور حرکت در برنامه صادر شد. نهایتاً وقتی ربات توانست حرکت کند باید معادلات دیفرانسیل حرکت آن در دو جهت x محلی و y مطلق و چرخش کلی ربات مشخص شود تا بتوان نیروی لازم برای حرکت و رسیدن به سرعت مطلوب و نهایتاً نیروی لازم برای توقف را برآورد کند. پس از اتمام این مرحله از کار نوبت به عبور از موانع می‌رسد.

سنسورهای لازم، مانند فاصله یاب، Gps و مادون قرمز به ربات اضافه شد و برنامه‌نویسی عبور از موانع توسط اطلاعات گرفته شده از محیط به وسیله سنسورها تکمیل می‌شود و ربات راه خود را برای رسیدن به هدف پیدا می‌کند. در اینجا کار مدل کردن و شبیه‌سازی ربات به انجام می‌رسد. ربات زیرآبی مورد بررسی در این طرح جسمی آزاد در فضای آبی است است، که موتورهای آن به گونه‌ای چیده شده‌اند که فقط در سه جهت حرکت عمده دارد که شامل حرکت به سمت جلو با متغیر x ،حرکت دورانی حول محور عمودی گذرنده از مرکز آن (محور y) با متغیر θ و حرکت در جهت عمق با متغیر y است. لازم به توضیح است که ربات چون یک جسم صلب است، در فضا شش درجه آزادی دارد. ولی دوران حول محورهای افقی اتفاق نمی‌افتد، مگر آنکه برخوردی صورت گیرد، که آن هم جز فرضیات نیست.

الف)حرکت دورانی ربات: قانون نیوتن را برای دوران حول محور y نوشته و برآیند گشتاورها بدست آورده می‌شود. می‌توان گفت محور y محلی و محور Y جهانی همیشه موازی و هم‌راستا هستند و ربات فقط دارای دوران نسبت به این محورها می‌باشد. θ دوران حول محور y است که در جهت پادساعتگرد مثبت است. به منظور محاسبه گشتاور وارد بر ربات حول محور y نخست باید نیروی جلوبرندگی پره‌ها را محاسبه نمود. برای اینکه رابطه ثابتی بین گشتاور و سرعت زاویه ای برقرار باشد، گشتاور را به وسیله برنامه کنترلی طوری تنظیم می‌کنیم که همواره سرعت زاویه‌ای به ربات

Archive of SID

www.SID.ir

بدهدکه ثابت باشد. نیروی جلوبرندگی بر مرکز پروانه وارد می‌شود. پس از محاسبه تمامی گشتاورها و قرار دادن آنها در قانون نیوتن معادله دیفرانسیلی برحسب θ بدست آمد که تغییرات آن با زمان تقریباً به‌صورت خطی و صعودی است. این ربات باید قادر باشد در زاویه مورد نظر بایستد فرضا در ۹۰ درجه، لذا پس از طی دورانی به منظور ترمز گرفتن، پروانه‌های ربات شروع به چرخیدن به صورت عکس جهت اولیه می‌کنند و پس از توقف کامل، موتور خاموش می‌شود.

مساله تازه این است که ربات در کجا شروع به ترمز گرفتن کند تا در جهت مطلوب متوقف شود؟ (جهتی که رو به سوی هدف است و نقطه شروع جلو رفتن است). پاسخ به این سوال مستلزم حل معادله دیفرانسیل غیرخطی که چنین بدست آمد:

$$2.565\ddot{\theta}+1.682\dot{\theta}^2+8.412\times10^{-4}\omega^2=0 \qquad (۱)$$

از جواب معادله (۱) مشتق گرفته شد تا سرعت دورانی ربات هنگام ترمز کردن بدست آید و ریشه این معادله بدست آورده شد یعنی جایی که ربات سرعت دورانی آن صفر می‌شود و توقف می‌کند، که چنین بدست آمد:

$$t_s=6.819\tan^{-1}(4.471c) \qquad (۲)$$

t_s زمان لازم برای توقف ربات است. مشاهده می‌گردد که این زمان وابسته به سرعت در حال دوران ربات است. از آنجایی که ربات یک سرعت حدی دارد لذا این زمان نیز یک حدی دارد لذا برای داشتن مقدار لحظه‌ای مسافت لازم برای توقف، همواره و در هر لحظه برنامه ربات باید این معادله را حل کند.

$$\theta_s(t_s)=\theta_b(t_s)-a \qquad (۳)$$

θ_b مقدار دوران هنگام ترمز گرفتن است. a مقدار دورانی است که ربات تاکنون پیموده، t_s زمان لازم برای توقف و θ_s دوران لازم برای توقف است. لذا ربات برای رسیدن به زاویه مطلوب θ_g باید نخست $\theta_g-\theta_s$ رادیان دوران کند آنگاه به اندازه t_s ثانیه شروع به توقف کند.

ب)حرکت رو به جلو: از آنجا که ربات همواره در جهت x محلی حرکت می‌کند، بنابراین قانون دوم نیوتن را در این جهت نوشته و نیروهای وارده را که شامل جلوبرندگی موتورهای چپ و راست و نیروی درگ مخالف حرکت وارد بر بدنه است را یافته و معادله دیفرانسیل را خواهیم نوشت. مقدار نیروی جلوبرندگی که قبلاً برای یک موتور بدست آمد اکنون در دو ضرب می‌شود چون دو موتور در یک جهت کار می‌کنند.

در اینجا نیز مانند حالت دوران معادله سرعت در حال ترمز یافته می‌شود و ریشه آن را بدست آورده تا زمان لازم برای توقف بدست آید و از این زمان، مسافت لازم برای توقف بدست آید. ربات همواره در نقطه x_g-x_s شروع به توقف می‌کند و پس از گذشت t_{sx} ثانیه متوقف می‌شود که x_g فاصله تا نقطه هدف است و x_s مسافت لازم برای توقف است.

ج)حرکت در جهت عمق: در جهت پایین یا بالا علاوه بر نیروهای موتور، نیروی درگ f_{yd} و وزن ربات، نیروی ارشمیدس f_b نیز اضافه شده است. از آنجایی که ربات در حالت خاموش به سطح آب می‌آید در نتیجه برای ایستادن و ترمز گرفتن در جهت عمق یا y دیگر نیازی نیست موتور عکس بچرخد. فقط کافیست با دور کمتری حرکت کند به گونه‌ای که مجموع نیروی رو به پایین موتور و وزن ربات کمتر از نیروی ارشمیدس شود.

معادله دیفرانسیلی که از نوشتن قانون دوم نیوتن برای نیروها در جهت y بدست می‌آید چنین است:

$$-21.92\ddot{y}+68.61\dot{y}^2-0.40=0 \qquad (۴)$$

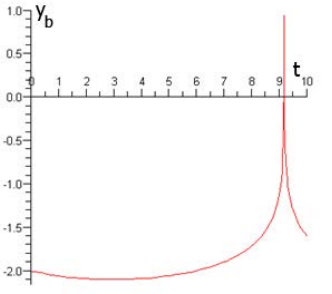
برای اینکه حرکت عمقی ربات متوقف شود معادله دیفرانسیل حرکت همان معادله ۴ است فقط مقدار سرعت زاویه‌ای موتور باید تقریباً به نصف مقدار اولیه کاهش یابد و پس از رسیدن به سرعت صفر در جهت عمق، به منظور پایداری توقف، باید سرعت زاویه پروانه موتور وسط به ۹/۷۳ رادیان بر ثانیه برسد و این نتایج از حل معادله دیفرانسیل هر تکه از حرکت و بررسی آنها بدست می‌آید. در شکل (۳) نمودار حرکت عمقی ربات را تا قبل از پایداری سرعت دیده می‌شود. سرعت اولیه و عدم تعادل در نیروها باعث حرکت نوسانی هنگام توقف می‌شود.

در این حالت مجموع تمام نیروهای ارشمیدس، وزن و نیروی موتور برابر صفر خواهد شد. لذا ربات چون سرعت اولیه‌ی آن نیز از قبل صفر شده بوده است در جای خود می‌ایستد.

بدین ترتیب ربات یک توقف و ایست موفقیت آمیز خواهد داشت. بنابراین در هر عمقی که ربات بخواهد بایستد باید y_s متر، قبل از هدف شروع به توقف به اندازه t_{sd} ثانیه کند. این زمان از حل معادله دیفرانسیل و مشتق‌گیری و بدست آوردن ریشه مشتق بدست می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۳): حرکت عمقی ربات و توقفی چند ثانیه ای

$$t_{sd} = -4.163\tan^{-1}(13.03v) \qquad (۵)$$

v سرعت در جهت عمق ربات زیرآبی است.

۴- استراتژی حرکت

اکنون ربات قادر به حرکت است. چگونه حرکت کند؟ نزدیک‌ترین مسیر را طی کند یا کوتاهترین زمان را؟ در استراتژی حرکت ربات Uwater همزمان که خود را در راستای زاویه هدف قرار می‌دهد، تغییر ارتفاع نیز می‌دهد. یعنی ارتفاع مستقل از جهت‌گیری می‌شود و این باعث می‌شود بخشی از مسیر پیموده شود و ربات زودتر به هدف برسد؛ اگرچه مسیر ربات به صورت یک منحنی می‌شود که پایین‌تر از خط مستقیم مرتبط بین هدف و مرکز ربات، قرار می‌گیرد. برای اینکه ربات در زاویه هدف قرار بگیرد مختصات مکان خودش و نقطه هدف را باید بداند. نقطه شروع را هر لحظه ربات با سیستم موقعیت یاب جهانی Gps پیدا می‌کند و مختصات هدف نیز در شروع برنامه، کاربر باید به ربات بدهد. در اینجا مختصات هدف را (x_g, y_g, z_g) و مختصات مرکز ربات را (x_r, y_r, z_r) فرض می‌شود. لذا زاویه هدف ϕ چنین بدست می‌آید.

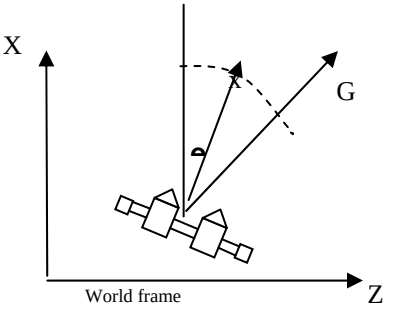
$$\phi = \tan^{-1}\left|\frac{z_g - z_r}{x_g - x_r}\right| \qquad (۶)$$

ϕ زاویه بردار RG با محور جهانی X است بردار RG برداریست که مرکز ربات یعنی نقطه R را به نقطه هدف یعنی G وصل می‌کند. θ زاویه جهت‌گیری ربات نسبت به محور جهانی و ثابت X است مانند شکل ۴ .کار برنامه ربات این است که اختلاف این دو زاویه را صفر کند یعنی

$$\phi - \theta = 0$$

بنابراین ربات پس از روشن شدن بلافاصله زاویه‌های ϕ و θ را می‌یابد و اختلاف آنها را بدست می‌آورد در صورتی که اختلافشان مثبت شود سمت چپ می‌چرخد در صورتی اختلافشان منفی باشد به سمت راست می‌چرخد تا اختلاف به صفر برسد. علامت زاویه‌ها هم مثلثاتی است یعنی پادساعتگرد مثبت و ساعتگرد منفی است.

البته در عمل قرار گرفتن در نقطه‌ای که اختلافش صفر باشد مشکل است. بنابراین در یک حاشیه‌ای از صفر دستور جلو رفتن صادر می‌شود. بنابراین قوس دوران را به سه منطقه q1 ، q2 و q0 تقسیم می‌کنیم. این روش استفاده از کنترل فازی ست. هرگاه ربات در منطقه q1 قرار گرفت ربات در جهت هدف است و شروع به حرکت به سمت جلو می‌کند. جدول یا پایگاه قواعد حرکت ربات در صفحه، مطابق جدول (۱) است. در این جدول بسته به اینکه ربات در چه فاصله‌ای و در چه زاویه‌ای نسبت به هدف قرار گرفته است دستوری صادر می‌شود.



شکل (۴): جهت‌گیری ربات در صفحه افقی

در شکل (۱۰) هر دو زاویه چون نسبت به جهت مثبت X ساعتگرد چرخیدند دارای مقدار منفی هستند. بنابراین اولین برنامه حرکت چنین است:

$$if(\phi - \theta > 0) \rightarrow \text{rotate left}$$
$$if(\phi - \theta = 0) \rightarrow \text{go ahead}$$
$$if(\phi - \theta < 0) \rightarrow \text{rotate right}$$

d فاصله افقی مرکز ربات تا نقطه هدف است که ستون سمت راست جدول (۱) را شامل می‌شود و به چهار ناحیه تقسیم شده است. سطر اول این جدول مقدار β را نشان می‌دهد که $\beta = \phi - \theta$ بر حسب رادیان است. این زاویه به سه ناحیه تقسیم شده است.

جدول (۱): پایگاه قواعد و دستورات

-.04<β<.04						
q_0	q_2	q_1	q_2	q_0		
Rotate right	Srotate right	Go ahead	Srotate left	Rotate left	Q_0	2<d
//	//	//	//	//	Q_3	0.15<d<2
//	//	go	//	//	Q_2	0.08<d<0.15
//	//	Goal	//	//	Q_1	d<0.08

Archive of SID

www.SID.ir

ستون جدول نیز فاصله ربات تا هدف را شامل می‌شود بر حسب متر. دستورات موجود در جدول: چرخش به راست، چرخش به چپ، حرکت به طرف جلو، دستور جلو رفتن با سرعت کم (go) و چرخش با سرعت کم برای دوران‌های کوچک (Srotate) می‌باشند.

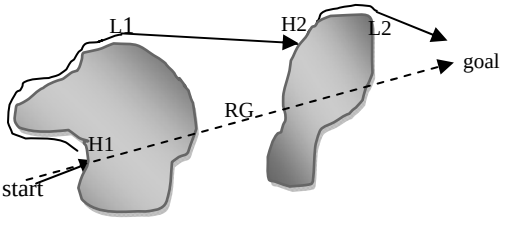
تغییر ارتفاع ربات مستقل از این جدول است و با شرط‌هایی روی $y_g - y_r$ کنترل می‌شود، y_g ارتفاع هدف و y_r ارتفاع مرکز ربات است. تمام این دستورات و قواعدی که گفته شد به زبان برنامه کامپیوتری که در این طرح زبان C است نوشته شده و این برنامه‌ها حرکت ربات تا رسیدن به هدف را کنترل می‌کنند.

۵-عبور ازموانع

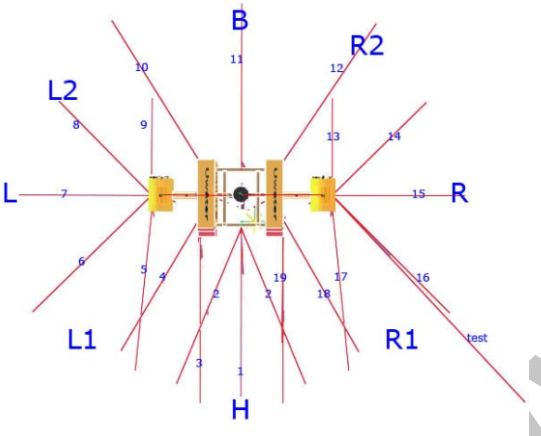
تحقیقاتی درباره عبور از موانع ربات‌های زیرآبی به روش کنترل فازی انجام شده است [۸]. در الگوریتم‌های اجتناب از موانع، خوانده‌های سنسور نقش مهمی در مسیر آینده ربات بازی می‌کند [۹]. روشی که در عبور از مانع ربات زیر آبی Uwater مورد استفاده قرار می‌گیرد بدین صورت است که ربات هر لحظه بردار RG را که از مرکز ربات به هدف متصل است به وسیله داده‌های سنسورهایش بررسی می‌کند، به آن اندازه‌ای که برد سنسورهایش است اگر مانعی در سر راهش بود مرز آن مانع را می‌پیماید و دور می‌زند تا جایی که دیگر بر سر راه ربات یا همان بردار RG مانعی نبیند آنگاه از مانع جدا می‌شود و به سمت هدف حرکت می‌کند. لذا اگر دو شرط برقرار بود ربات جدا می‌شود اول بردار RG به مانعی برنخورد و دوم اینکه اختلاف زاویه جهت‌گیری ربات و جهت هدف کمتر از ۴۵ درجه باشد یا $\beta <$ ۴۵ و چنین الگوریتمی دو مانع را چنین طی می‌کند.

بردار فرضی خط چین RG که در شکل (۵) نشان داده شده است، در هر نقطه از مسیر ربات، عوض می‌شود. اکنون که استراتژی کلی عبور از مانع ربات زیرآبی مشخص شد باید طرح سنسورها معلوم شود و از روی آن مفاهیم فازی چون چپ و راست و جلو و عقب و همچنین فرمان‌های دور زدن چپ و راست تبیین شوند. منظور از سمت چپ ربات کجاست آیا چپ با جلو یا عقب تداخل دارد یا مجزاست؟ برای پاسخ به چنین پرسش‌هایی باید چیدمان دقیق سنسورهای فاصله یاب را بر روی ربات پیدا نمود و برای ربات مفاهیم چپ و راست، جلو و عقب مشخص شود. چیدمان سنسورهای مادون قرمز پیرامون ربات Uwater و شماره‌گذاری آنها در شکل (۶) به تصویر کشیده شده است.

دو مجموعه تعریف می‌شود. نخست مجموعه سنسورها یا ir مجموعه‌ای از ۱۹ سنسور که دارای جایگاه مشخصی هستند. مجموعه دوم، مجموعه فرامین قابل اجرا برای ربات است، سپس روی این دو مجموعه، مجموعه‌های فازی تعریف می‌شود و با قواعدی آنها به هم ربط داده می‌شوند.



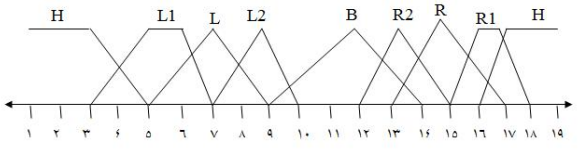
شکل (۵):عبور از مانع ربات زیرآبی



شکل (۶): شمارگذاری سنسورهای افقی ربات Uwater

$$ir = \{ir1, ir2, ir3 \dots ir19\}\text{act} = \{\text{Go, left rot, right rot, go back, Rcircle , Lcircle }\}$$

فرمان Rcircle دور زدن حول انتهای مانع است. در شکل (۷) مجموعه‌های فازی چپ، جلو و ... روی مجموعه سنسورها تعریف شده است و به صورت ظاهری نیز در شکل (۶) قابل مشاهده است.



شکل (۷): :مجموعه‌های فازی سمت های پیرامون ربات

Archive of SID

www.SID.ir

H معرف این است که جلو ربات مانع را حس کرده است، B معرف عقب، R1 معرف راست و جلو، R معرف راست، R2 معرف راست و پایین به همین ترتیب L یعنی چپ ربات مانع را حس کرده است.

نخستین شرط برای ورود به دستورات عبور از موانع این است که یکی از سنسورها مانعی را نشان دهد در این صورت برنامه حرکت به سمت هدف موقتا قطع شده و برنامه دوم یعنی عبور از مانع و قواعد فازی مطابق زیر اجرا می‌شود:

۱- اگر H یا L1 آنگاه left rot (به چپ بچرخ تا جایی که جلو مانعی نباشد)
۲- اگر R1 یا (R1 و H) آنگاه right rot
۳- اگر R یا L آنگاه Go
۴- اگر B یا L2 یا R2 آنگاه Go
۵- اگر H و L و R آنگاه left rot یعنی اگر مانع بزرگی جلوی ربات را تماما گرفته باشد.
۶- اگر H و L1 و L و R1 و R آنگاه go back ، مانند مانع U شکل که سه طرف ربات مانع باشد.

گاهی مانع مانند دیواری عریض است که ربات باید در کنار آن حرکت کند و وقتی به انتهای آن رسید حول انتهای مانع بچرخد تا در راستای هدف قرار گیرد سپس از مانع جدا شود. بدین منظور یک دستور ویژه چرخش نیاز است که مرکز آنی دوران ربات را انتهای دیوار یا مانع قرار دهد. این دستورات را Rcircle و Lcircle در برنامه نامیده شده‌اند در این دستورات یک موتور با سرعت زاویه‌ای دو برابر موتور دیگر می‌چرخد اینجا قاعده هفتم و هشتم نوشته می‌شود که مربوط به نقطه جدایی است.

۷-هنگامی که ربات در کنار مانع در سمت چپ خود در حرکت است، اگر سنسورشماره ۶، مقدار صفر را نشان داد آنگاه Rcircle تا زمانی که مجموعه فازی L فعال است و ربات در راستای هدف قرار گیرد.

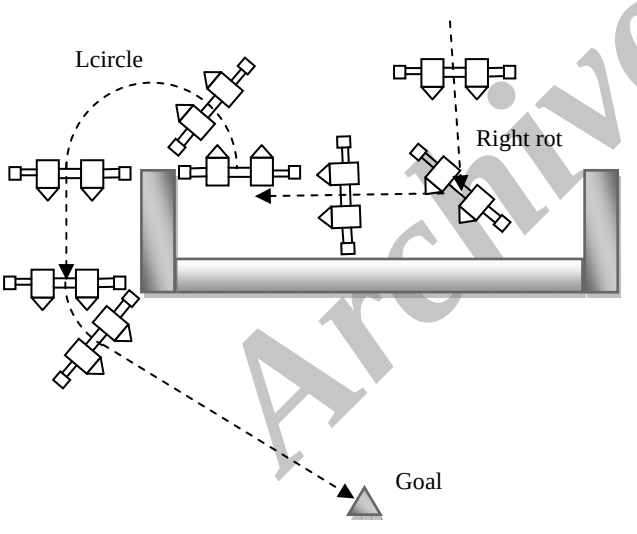
۸-هنگامی که ربات در کنار مانع در سمت راست خود در حرکت است اگر سنسور ۱۶ مقدار صفر را نشان داد Lcircle تازمانی که مجموعه فازی R فعال است و ربات در راستای هدف قرار گیرد. برای موانعی که در زیر یا بالای ربات ظاهر می‌شوند. سنسورهای مادون قرمزی در بالا و پایین ربات قرار داده شده است. به طور کلی این ربات دارای سه حالت کلیدی است که می‌توانند بعضاً همزمان نیز اجرا شوند:

کلید اول و اصلی و اولویت اول: حرکت به سوی هدف

کلید دوم: هنگام برخورد با موانعی در افق، برنامه عبور از موانع افقی کلید سوم: برخورد با موانع عمقی بالا یا پایین، توقف حرکت عمقی کلید اول و دوم در هر زمان فقط یکی اجرا می‌شود. ولی کلید سوم همزمان با هر یک از کلیدهای اول یا دوم می‌تواند اجرا شود بنابراین ربات دارای چهار حالت می‌شود: کلید اول به تنهایی، کلید اول و سوم، کلید دوم به تنهایی، کلید دوم و سوم.

۶-نتیجه‌گیری

در این طرح نشان داده شد که می توان با حداقل موتورها و صرفه جویی در توان و انرژی و به وسیله کنترل فازی رباتی طراحی کرد که به اهداف از قبل طراحی شده دست یابد. سادگی کنترل آن با دست نیز بر قابلیت مانور بالای آن افزوده است به طوری که کاربر در هر لحظه می‌تواند بین دو حالت کنترل خودمختار و دستی سویچ کند. شکل (۸) گذر ربات از یک مانع Uشکل و چرخش دایره‌ای در نقطه جدایی را حول انتهای مانع نشان می‌دهد. Uwater اساسی است برای طرح‌های بزرگتر، اساسی که همواره ثابت است و با امکانات بهتر بر همین اساس می‌توان طرح‌های فوق‌العاده‌ای را عرضه نمود. تمامی فایل‌ها و فیلم‌های شبیه‌سازی ربات و عبور آن از موانع و رسیدن به هدف نزد نویسندگان موجود و قابل ارائه است.



شکل (۸): عبور ربات زیرآبی از مانع U شکل

۷- مراجع

[1] Sofge E., "MIT Submarine Is Most Autonomous Robot Ocean Researcher Yet", Popular Mechanics September 29, 2008

[2] Blidberg R., "The Development of Autonomous Underwater Vehicles (AUV), a Brief Summary", Autonomous Undersea Systems Institute, Lee New Hampshire, USA, 2007

Archive of SID

www.SID.ir

[3] Corke P., Carrick D., Matthew D., "Experiments with Underwater Robot Localization and Tracking", IEEE International Conference on Robotics and Automation Roma, Italy, April 2007, pp. 4556-4561

[4] I. S. Akkizidis, G.N. Roberts, "Designing a Fuzzy-like PD Controller for an Underwater Robot", journal of science direct, Control Engineering Practice, Vol. 11, 2003, pp. 471–480

[5] www.Rov.org & www.Auv.ir

[۶] Burchur.R & Rydill.L، اصول طراحی زیردریایی، ترجمه مونسان محمد ،دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۸۸، فصل ۲، ۱۹

[۷] قنواتی م.، راهنمای جامع Webots نرم‌افزار شبیه‌ساز ربات‌ها، نشر تراوا، ۱۳۸۸، فصل ۱، ۱۳

[8] Kanakakis V.,Valavanis K. P. and Tsourveloupis N, "Fuzzy-Logic Based Navigation of Underwater Vehicles", Technical University of Crete", Journal of Intelligent and Robotic Systems, Vol. 40, 2004, pp. 45-58.

[9] Siegwart R., Nourbakhsh. I., Introduction to autonomous mobile robots, a Bradford book the MIT press London, 2004, Chaps. 6, 272

Archive of SID

www.SID.ir