۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق–کنترل

توسعه و پیاده سازی مسیریابی دیداری ربات سیار Melon به کمک دوربین استریو

حنانه سلطانی

استاد راهنما:

دکتر حمیدرضا تقی راد

زمستان ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم حنانه سلطانی

را با عنوان توسعه و پیاده‌سازی مسیریابی دیداری ربات سیار Melon **به کمک دوربین استریو**

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر حمیدرضا تقی‌راد	استاد	
۲- استاد مشاور	-	-	
۳- استاد مشاور	-	-	
٤- استاد ممتحن	دکتر منصور جم‌زاد	دانشیار	
٥- استاد ممتحن	دکتر علیرضا فاتحی	استادیار	
٦- نماینده گروه	دکتر علیرضا فاتحی	استادیار	

تقدیم

به پدر و مادر عزیزم

“ For if my father was the head of our house, my mother was its heart.”
(How Green Was My Valley – John Ford – 1941)

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر حمیدرضا تقی‌راد که در طول این پروژه، لحظه‌ای مرا از حسن توجه و یاری بی‌منّت خود محروم نساختند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از جناب آقای مهندس علیرضا نوروززاده که بدون یاری ایشان، به نتیجه رسیدن این پروژه ممکن نبود، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

“ I believe that man will not merely endure: he will prevail. He is immortal, not because he alone among creatures has an inexhaustible voice, but because he has a soul, a spirit capable of compassion and sacrifice and endurance. The poet’s, the writer’s, duty is to write about these things.” (William Faulkner’s Nobel prize speech - 1950)

چکیده

در این پروژه به مسیریابی و کاوش ربات های سیار در محیط های خارجی ناشناخته می‌پردازیم. برای این منظور از ربات سیار Melon و دوربین استریوی صنعتی بهره می‌گیریم. اولین قدم در کاوش محیط های ناشناخته ساخت نقشه محیط پیرامون به صورت بلادرنگ می‌باشد. با استخراج تصویر ناهمخوانی از جفت تصاویر برگرفته از دوربین استریو و انتقال نقاط به فضای سه بعدی مدل ابر نقطه ای محیط ساخته می‌شود. با تصویر نمودن نقاط بر صفحه XZ و از کنار هم قرار دادن نقشه های محلی به کمک تخمین موقعیت ربات، که در هر لحظه با استفاده از مکان‌یابی دیداری تعیین می‌شود، نقشه جهانی محیط پیرامون به صورت بلادرنگ ساخته می‌شود. همچنین برای یافتن مسیر بهینه ربات از روش A* استفاده شده‌است و هدایت ربات بر روی مسیر توسط کنترل کننده غیرخطی پس‌گام صورت می‌گیرد. در نهایت ربات به کمک مراحل فوق و با سرکشی به محیط های ناشناخته به جستجوی شیء مطلوب می‌پردازد و حضور یا عدم حضور آن را به کاربر مخابره می‌کند. از جمله ویژگی‌های این پایان نامه می‌توان به تک سنسور بودن آن اشاره کرد. استفاده از دوربین استریو ما را بر این داشته‌است که در تمام مراحل پروژه صرفا بر ویژگی بینایی دوربین و اطلاعات دیداری برگرفته شده از محیط تکیه کنیم. تا آنجا که هدف نهایی ربات نیز بر پایه اطلاعات دیداری تعریف شده‌است و شناسایی و رسیدن به شیء ای مطلوب لحاظ می‌شود. همین امر فرآیند مسیریابی را از گذر از نقطه شروع به نقطه پایان توسعه داده و به فرآیند جستجو، یافتن و ردیابی هدف مطلوب تبدیل می‌کند. بدین ترتیب تعیین مسیر بهینه از فرآیند ساده الگوریتم A* به مدلی پیچیده که در آن نقطه شروع و هدف به صورت بلادرنگ به روز رسانی می‌شوند تبدیل می‌شود و بدین ترتیب امکان ردیابی هدف پویا نیز فراهم می‌شود. از طرفی از آنجا که مسیریابی در محیط های ناشناخته بیرونی انجام می‌شود اطلاعات از پیش دانسته ای از محیط در اختیار نداریم و نقشه جهانی محیط به طور پویا و با گرفتن اطلاعات محیط اطراف به روز رسانی می‌شود.

کـلـیـد و ا ژ ه : ربات سیار، بینایی استریو، مسیریابی، کاوش، محیط بیرونی ناشناخته.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فهرست جدول‌ها ..... د
فهرست شکل‌ها ..... ه
فصل ۱- مقدمه ۱
۱-۱- دیباچه ۱
۱-۲- تعریف مسئله ۳
۱-۳- سخت افزار مورد استفاده در آزمایشها ۵
۱-۳-۱- ربات سیار Melon ۵
۱-۳-۲- دوربین استریو ۶
۱-۳-۳- کابل اتصال ۸
۱-۴- مسیریابی در ربات های سیار ۱۰
۱-۵- نوآوری ۱۱
فصل ۲- بینایی استریو، محاسبه عمق و تولید نقشه ۱۳
۲-۱- تاریخچه مختصری بر پژوهش های بینایی ۱۳
۲-۱-۱- مقدمه ۱۳
۲-۱-۲- نگاهی بر تاریخچه دانش بینایی ۱۳
۲-۲- بینایی استریو و ویژگی های آن ۱۶
۲-۲-۱- مقدمه ۱۶
۲-۲-۲- هندسه حاکم بر سیستم های بینایی استریو ۱۶
۲-۲-۳- سیستم استریوی استاندارد ۲۱
۲-۲-۴- محاسبه ماتریس های اساسی و بنیادی ۲۲
۲-۲-۵- یکسوسازی تصویر ۲۳
۲-۲-۶- کالیبره کردن دوربین ۲۵
۲-۲-۷- مشخصه های دوربین استریوی پروژه ۲۶
۲-۳- محاسبه ناهمخوانی تصاویر استریو ۲۶
۲-۳-۱- مقدمه ۲۶
۲-۳-۲- روش انطباق نیمه عمومی ۲۷
۲-۳-۳- نتایج پیاده‌سازی عملی ۳۱
۲-۴- تولید نقشه محیط ۳۲

۲-۴-۱- مدل ابرنقطه ای ۳۲
۲-۴-۲- نقشه اشغال شده ۳۳
۲-۴-۳- تخمین موقعیت ربات به کمک مکانیابی دیداری ۳۴
۲-۴-۴- تولید نقشه جامع محیط ۳۹
۲-۵- نتیجه گیری ۴۰
فصل ۳- مسیریابی ربات سیار Melon ۴۱
۳-۱- مسیریابی به کمک الگوریتم A* ۴۱
۳-۱-۱- الگوریتم جستجوی A* و تضمین بهینگی آن ۴۱
۳-۱-۲- بهبود مسیریابی به کمک الگوریتم انتقال فاصله ۴۵
۳-۱-۳- نتایج عملی ۴۶
۳-۲- هدایت ربات بر روی مسیر تعیین شده ۴۷
۳-۲-۱- سیستم های Nonholonomic ۴۷
۳-۲-۲- سیستم های Nonholonomic در رباتیک ۴۷
۳-۲-۳- طراحی کنترل کننده با روش پسگام ۵۰
۳-۳- بهبود مسیر تولید شده توسط A* به منظور بهبود عملکرد کنترل کننده ۵۵
۳-۳-۱- B-Spline ۵۵
۳-۳-۲- توابع پایه B-Spline ۵۶
۳-۳-۳- مسئله عمومی تقریب تابع با استفاده از ب-اسپیلاین ۵۶
۳-۳-۴- بهبود عملکرد کنترل کننده به کمک ب-اسپیلاین ۵۸
۳-۴- نتیجه گیری ۵۹
فصل ۴- جستجو در محیطهای بیرونی ناشناخته ۶۰
۴-۱- مقدمه ۶۰
۴-۲- شناسایی شیء مطلوب ۶۰
۴-۳- مسیریابی و جستجو در محیط ۶۵
۴-۴- نتایج پیاده‌سازی ۶۶
۴-۴-۱- مقدمه ۶۶
۴-۴-۲- آزمایش اول ۶۶
۴-۴-۳- آزمایش دوم ۷۰
۴-۴-۴- آزمایش سوم ۷۳
۴-۴-۵- آزمایش چهارم ۷۵
۴-۴-۶- آزمایش پنجم ۷۷
۴-۵- نتیجه گیری ۸۰

فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۲

ضمیمه أ -اطلاعات دوربین استریوی مورد استفاده ۸۵

ضمیمه ب -برنامه کالیبراسیون دوربین استریوی مورد استفاده ۹۱

فهرست مراجع ۹۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱- ۱: مشخصات فیزیکی ربات Melon **۶**

فهرست شکل‌ها

عنوان | صفحه

شکل ۱- ۱ : فرآیند انجام کار ۴
شکل ۱- ۲ : سخت افزار مورد استفاده در آزمایشها..... ۵
شکل ۱- ۳ : تصویر ربات Melon..... ۶
شکل ۱- ۴ : دوربین استریوی مورد استفاده در پروژه..... ۷
شکل ۱- ۵ : دقت محاسبه عمق در فواصل نزدیک..... ۸
شکل ۱- ۶ : دقت محاسبه عمق در فواصل دور ۸
شکل ۱- ۷ : کابل اتصال دوربین..... ۸
شکل ۱- ۸ : مشخصات کابل مورد استفاده..... ۹

شکل ۲- ۱ : طرحی از اتاق تاریک، اثر Jesuit Athanasius Kircher..... ۱۴
شکل ۲- ۲ : سه بعدی اثر Antonio Canal (۱۷۶۵)..... ۱۴
شکل ۲- ۳ : نمایی از شهر ورشو، اثر Bernardo Bellotto..... ۱۵
شکل ۲- ۴ : استروسکوپ..... ۱۵
شکل ۲- ۵ : هندسه اپیپولار ۱۷
شکل ۲- ۶ : سیستم استریوی استاندارد با فاصله کانونی f و خط اساسی b..... ۲۱
شکل ۲- ۷ : تصویر یکسوسازی شده و یکسوسازی نشده..... ۲۳
شکل ۲- ۸ : یکسوسازی تصویر استریو ۲۴
شکل ۲- ۹ : تخته شطرنج به عنوان یک الگوی کالیبراسیون..... ۲۵
شکل ۲- ۱۰ : تصویر اصلی و تصویر یکسوشده..... ۲۶
شکل ۲- ۱۱ : خطای شیوه های مختلف انطباق سازی استریو..... ۲۷
شکل ۲- ۱۲ : نحوه محاسبه مجموع هزینه ها در فضای ناهمخوانی ۲۹
شکل ۲- ۱۳ : الف- تصویر سمت راست، ب- تصویر سمت چپ، ج- تصویر ناهمخوانی ۳۱
شکل ۲- ۱۴ : الف- تصویر سمت راست، ب- تصویر سمت چپ، ج- مدل ابر نقطه ای ۳۳
شکل ۲- ۱۵ : نقشه محیط در صفحه xz..... ۳۴
شکل ۲- ۱۶ : رابطه میان نقاط انطباق یافته در سه تصویر..... ۳۶
شکل ۲- ۱۷ : رابطه هندسی میان دو جفت تصویر استریوی پشت هم..... ۳۶
شکل ۲- ۱۸ : چگونگی توزیع نقاط برجسته تصویر ۳۷
شکل ۲- ۱۹ : تخمین موقعیت دوربین به کمک مکانیابی دیداری ۳۹

شکل ۲- ۲۰ : نقشه جامع محیط..... ۴۰

شکل ۳- ۱ : مسیر تولیدشده توسط الگوریتم *A..... ۴۲
شکل ۳- ۲ : اعمال تبدیل فاصله بر روی تصویر سمت چپ..... ۴۶
شکل ۳- ۳ : اعمال الگوریتم مسیریابی بر روی نقشه محیط..... ۴۶
شکل ۳- ۴: ربات سیار به همراه فریم مرجع ۴۹
شکل ۳- ۵- نمودار موقعیت ربات و موقعیت مرجع برای تعریف خطا ۵۰
شکل ۳- ۶. انواع منحنی ب-اسپیلاین..... ۵۵
شکل ۳- ۷: اعمال الگوریتم ب-اسپلاین بر روی مسیر ۵۹

شکل ۴- ۱ : الف-تصویر ورودی، ب- تصویر در فضای HSV ، ج- تشخیص دایره زرد رنگ.... ۶۱
شکل ۴- ۲ : الف-تصویر ابتدایی، ب- تصویر دوم، ج- نتیجه تسخیص توپ در تصویر دوم .. ۶۲
شکل ۴- ۳ : الف) مشخص کردن توپ در تصویر نمونه، ب) تصویر فعلی، ج) تصویر احتمال، د) شناسایی مکان توپ در تصویر سمت راست، ه) مکان توپ در تصویر سمت راست، و) محاسبه مکان توپ در تصویر سمت چپ..... ۶۳
شکل ۴- ۴ : الف) تصویر مرجع، ب) تصویر احتمال وجود جسم مطلوب، ج) مکان توپ در تصویر، د) نقشه جهانی محیط، ه) نقشه حاصل از حذف شیء مطلوب ۶۴
شکل ۴- ۵ : ردیابی هدف در حال حرکت..... ۶۴
شکل ۴- ۶ : چگونگی مسیریابی ربات (از راست به چپ) ۶۶
شکل ۴- ۷ : چگونگی مسیریابی ربات از دید دوربین استریو (تصویر دوربین سمت چپ) ۶۷
شکل ۴- ۸ : تصاویر ناهمخوانی..... ۶۷
شکل ۴- ۹ : الف- فریم بیست و پنجم ب- تصویر احتمال حضور توپ ج- شناسایی جسم مطلوب..... ۶۸
شکل ۴- ۱۰ : نقشه جهانی محیط ۶۹
شکل ۴- ۱۱ : مسیر عبوری ربات ۶۹
شکل ۴- ۱۲ : چگونگی مسیریابی ربات (از راست به چپ) ۷۰
شکل ۴- ۱۳ : چگونگی مسیریابی ربات از دید دوربین (تصویر دوربین سمت چپ) ۷۰
شکل ۴- ۱۴ : تصاویر ناهمخوانی ۷۱
شکل ۴- ۱۵ : فریم هفدهم، تصویر احتمال وجود توپ ، شناسایی جسم مطلوب..... ۷۲
شکل ۴- ۱۶ : نقشه جهانی محیط..... ۷۲
شکل ۴- ۱۷ : مسیر عبوری ربات ۷۳
شکل ۴- ۱۸ : چگونگی مسیریابی ربات (از راست به چپ) ۷۳

شکل ۴- ۱۹ : چگونگی مسیریابی ربات از دید دوربین (تصویر دوربین سمت چپ)..... ۷۴
شکل ۴- ۲۰ : فریم چهل و ششم، تصویر احتمال وجود توپ ، شناسایی جسم مطلوب..... ۷۴
شکل ۴- ۲۱ : نقشه جهانی محیط..... ۷۵
شکل ۴- ۲۲ : مسیر عبوری ربات..... ۷۵
شکل ۴- ۲۳: ردیابی هدف متحرک (از راست به چپ) ۷۶
شکل ۴- ۲۴ : ردیابی جسم مطلوب از دید دوربین(تصویر دوربین سمت چپ) ۷۶
شکل ۴- ۲۵ : شناسایی جسم مطلوب..... ۷۷
شکل ۴- ۲۶ : ایجاد مانع U شکل پیش روی ربات ۷۷
شکل ۴- ۲۷ : تغییر جهت ربات و عدم ورود به مانع U شکل..... ۷۸
شکل ۴- ۲۸ : چگونگی حرکت ربات در مانع U شکل ۷۸
شکل ۴- ۲۹ : چگونگی حرکت ربات در مانع U شکل از دید دوربین..... ۷۸
شکل ۴- ۳۰ : شناسایی جسم مطلوب ۷۹
شکل ۴- ۳۱ : نقشه جهانی محیط ۷۹
شکل ۴- ۳۲ : حرکت ربات در مانع U شکل و عدم مشاهده جسم مطلوب..... ۷۹
شکل ۴- ۳۳ : حرکت ربات در مانع U شکل از دید دوربین ۸۰

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– دیباچه

امروزه ربات‌ها در محیط‌های متفاوت و برای کاربردهای متنوع از زمینه های تولیدی و صنعتی تا کاوش بر روی سیاره های دور مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر این اساس ربات های سیار نقش به سزایی در تحقیقات علمی، صنعتی و نظامی ایفا می‌کنند. اولین قدم برای حرکت ربات های سیار یافتن مسیری مناسب و بی خطر برای ربات بدون برخورد با موانع است. برای این منظور سنسورهای متنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما در سه دهه اخیر مسیریابی دیداری مورد توجه بیشتری قرار گرفته چرا که تنها با یک تصویر اطلاعات وسیعی از محیط پیرامون در اختیار ربات قرار می‌گیرد.[۱] مسیریابی ربات های سیار به طورکلی به دو دسته مسیریابی در محیط های بیرونی [۲,۳] و داخلی[۴,۵] تقسیم بندی می‌شود که در این پایان نامه توجه به محیط های بیرونی معطوف شده‌است.

یکی از مهمترین اهدافی که در زمینه ربات‌های سیار مطرح است، اکتشاف یک محیط ناشناخته توسط ربات به منظور تولید نقشه محیط، تشخیص وجود علائم خاص از قبیل علائم حیاتی موجودات زنده، علائم هشدار دهنده و خطرزا، آلودگی‌های محیطی و ... در محیط و تعیین دقیق مکان آن‌ها در نقشه محیط است. برای رسیدن به چنین هدفی موضوعات تحقیقاتی عبارت‌اند از : تعیین مناطق کاوش نشده محیط، مسیریابی به منظور هدایت ربات و جهت تعیین مسیری قابل عبور، برای رساندن ربات به مناطق کاوش نشده و عدم برخورد با موانع و کنترل ربات.

قدم اول در هدایت ربات های سیار مسیریابی به منظور عدم برخورد با موانع و هدایت ربات به هدف می‌باشد. این مساله در تحقیقات مختلف مورد توجه قرار گرفته است و در حالت کلی به دو دسته روش‌های سراسری و محلی تقسیم بندی می‌شوند. در روش‌های سراسری مدل کاملی از محیط ربات در اختیار می-باشد و تمامی مسیر از ابتدا تا انتها بصورت قطع خط محاسبه می‌گردد. امتیاز این دسته از روش‌ها در مقابل روش‌های محلی بهینه بودن مسیر بر اساس فاکتورهای بهینگی می‌باشد. اما زمانی که مدل محیط دقیق نباشد و یا اینکه اساساً مدلی از محیط موجود نباشد این روش‌ها ناتوان از حل مسئله هستند. در بسیاری از مواردی که نیاز به وجود ربات‌های خودمختار است، نقشه دقیقی از محیط در دسترس نیست و در این موارد اهمیت روش‌های محلی مشخص می‌گردد. برخلاف روش‌های سراسری، در روش‌های محلی اطلاعاتی از محیط از قبل وجود ندارد و ربات در هر لحظه با توجه به اطلاعاتی که توسط سنسورهای خود در همان لحظه بدست می‌آورد، تصمیم گیری می‌کند. برای استفاده از اطلاعات سنسورها و تولید نقشه محیط روش های متفاوتی به کار برده می‌شود. هنگامی که از سنسورهای دیداری همچون دوربین استریو استفاده می‌کنیم الگوریتم های مختلفی برای محاسبه عمق و ناهمخوانی تصاویر پیشنهاد می‌شوند که به دو دسته الگوریتم های عمومی و محلی تقسیم بندی می‌شوند. الگوریتم محلی در هنگام محاسبه

عمق هر پیکسل همه تصویر را در محاسبات وارد نمی‌کند بلکه یک مسیر محلی اطراف هر پیکسل در نظر می‌گیرد و برای محاسبات خود از روش SSD[1] و همبستگی نرمالیزه[2] بهره می‌گیرد.[۶]

یکی از معایب روش همبستگی محلی این است که در محاسبه عمق برای اجسامی که بافت[3] خاصی ندارند دچار مشکل می‌شود چرا که در این موارد یک پیکسل از تصویر سمت چپ می‌تواند با پیکسلهای زیادی از تصویر سمت راست منطبق شود حال آنکه در روش تقسیم بندی عمومی[4] که دو دسته تقسیم بندی تصویر مبتنی بر رنگ و لبه را شامل می‌شود این مسئله مطرح نیست. برای ساخت نقشه محیط نیز رویکردهای متفاوتی وجود دارد. در برخی روش ها مدل سه بعدی محیط به طور کامل ساخته می‌شود [۷,۸] حال آنکه برخی دیگر صرفا از نقاط برجسته[5] محیط برای استخراج اطلاعات پیرامون استفاده می‌کنند[۹,۱۰]. در مراجع [۱۱,۱۲] برای تفکیک موانع از زمین روش ناهمخوانی V به کار گرفته شده است. در مرجع [۱۳] این کار با آموزش محیط به ربات انجام می‌شود و مرجع [۱۴] به کمک روش RANSAC صفحه ای را بر نقاط زمین منطبق می‌کند. در مرجع [۱۵] بر اساس میزان قابل گذر[6] بودن نقاط مختلف محیط نقشه مدرجی[7] از محیط ارائه می‌گردد.

یافتن مسیری بهینه برای ربات های سیار نیز با روش های گوناگونی همراه است. برخی از روش های فازی در مسیریابی بهره می‌گیرند[۱۶,۱۷] حال آنکه در برخی دیگر از کاربردها از الگوریتم های مسیریاب همچون A*، D* و میدان پتانسیل استفاده می‌شود.[۱۸]

در نهایت برای هدایت ربات بر روی مسیر نیازمند تخمین موقعیت ربات به صورت بلادرنگ هستیم که در این کار می‌توان از روش های مختلف اودومتری دیداری[۱۹] یا سخت افزارهای موجود همچون حسگرهای دوران چرخ، حسگرهای مکانیاب فراگیر GPS یا واحدهای اندازه گیری اینرسی بهره گرفت.

در این پروژه به مسیریابی و کاوش در محیط های ناشناخته بیرونی به کمک بینایی استریو می‌پردازیم. ابتدا به تعریف مسئله مورد تحقیق و سخت افزار های مورد استفاده می‌پردازیم. سپس در فصل ۲ بینایی استریو، چگونگی محاسبه عمق و تولید نقشه را بررسی کرده و در فصل ۳ روش یافتن مسیر بهینه توضیح داده شده و چگونگی هدایت ربات به کمک کنترل کننده پس‌گام شرح داده می‌شود. در فصل ۴ جستجوی ربات در محیط ناشناخته و نتایج نهایی پیاده‌سازی ارائه می‌شود و در نهایت در فصل ۵ نتایج آزمایشات تشریح شده و پیشنهادات ادامه تحقیق بیان می‌شود.

[1] sum of squared differences
[2] normalized cross correlation
[3] Texture
[4] global segmentation
[5] Feature
[6] Traversability
[7] Elevation Map

۱-۲- تعریف مسئله

دانش رباتهای سیار[1] شاخهای از دانش رباتیک است که در آن موضوعاتی از قبیل بررسی نحوه درک محیط و نمایش آن، حرکت و کاوش در محیطهای ناشناخته و ایجاد تغییر در آنها از طریق عاملهای[2] مصنوعیای که توسط رایانه کنترل میشوند، مورد بررسی قرار میگیرند. نمونههایی از کاربرد این شاخه از دانش را میتوان در ساخت رباتهای خود گردانی یافت که در کاوشهای داخل معادن و ساختمانهای دچار حادثه شده و حتی کاوش بر روی سطح سیارات دیگر، مورد استفاده قرار میگیرند. در اکثر این کاربردها رباتها جای انسان را در فعالیتهایی میگیرند که به هر دلیل برای انسان غیر ممکن، خطرزا یا خستهکننده است. در بعضی کاربردها نیز رباتها انسان را در انجام کارهای سخت یاری میرسانند همانند استفاده از ربات در عملیات نجات.

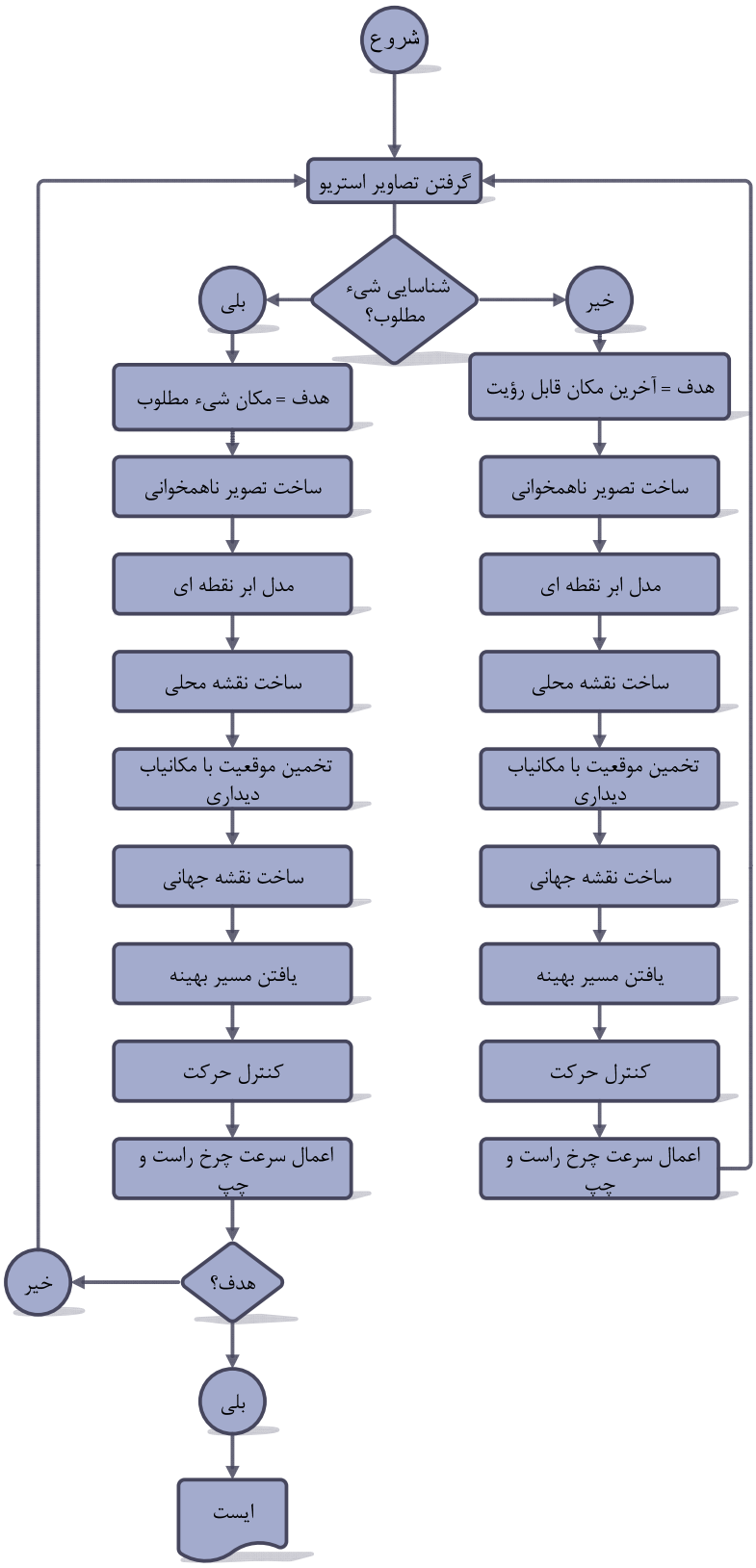
امروزه دانش رباتهای سیار علاوه بر جذابیّت و میزان کارایی قابل توجه آن، به دلیل زمینههای تحقیقاتی گستردهای که بصورت بالقوه ایجاد میکند مورد توجه پژوهشگران از شاخههای مختلف دانش مهندسی قرار دارد. میتوان اینگونه ادعا نمود که هدف اصلی دانش رباتهای سیار، خود گردان نمودن تمام فعالیتهایی است که یک ربات سیار انجام میدهد و لذا محققین از هر یک از شاخههای مهندسی تلاش میکنند که مشکلاتی را که در این راه وجود دارد با توجه به تخصص خود مرتفع نمایند.

از جمله کاربردهای رباتهای سیار حرکت و کاوش در محیطهای ناشناخته است. برای این منظور در درجه اول به روشی برای ساخت نقشه محیط نیازمندیم. برای این کار میبایست اطلاعات محیط پیرامون را استخراج کنیم. استخراج اطلاعات پیرامون توسط سنسورهای مختلفی همانند فاصلهیاب لیزری، فاصله-سنج مافوق صوت، دوربین و ... صورت میگیرد که در این پروژه از دوربین استریو و حسگرهای بینایی استفاده شدهاست. استفاده از یک دوربین ربات را در تشخیص عمق محیط دچار مشکل میکند اما به کمک دوربین استریو و از طریق ترکیب ویژگیهای دو تصویر راست و چپ میتوان فاصله بین موانع تا ربات را تشخیص داده و بدین ترتیب نقشه ای از محیط پیرامون ربات استخراج نمود. در این روش با محاسبه ناهمخوانی تصاویر استریو و تولید ابر نقطه ای محیط سه بعدی و تصویر نقاط بر صفحه XZ نقشه محلی محیط قابل استخراج است. سپس در مرحله بعد با تخمین موقعیت ربات در هر لحظه به کمک فاصله سنجی دیداری و از کنار هم گذاشتن نقشههای محلی نقشه جهانی محیط ساخته میشود. حال با در اختیار داشتن نقشه محیط پیرامون برای کاوش در محیط به دنبال یافتن مسیری بهینه خواهیم بود. برای این منظور از الگوریتم مسیریابی A* استفاده میکنیم و برای هدایت ربات بر روی مسیر تعیین شده از کنترل کننده غیر خطی پسگام بهره میجوییم.

در نهایت ربات به کمک مراحلی که در بالا ذکر شد و با سرکشی به محیط های ناشناختهای که از دادههای آنها هیچ گونه اطلاعی در دست نیست و جستجو در محیط، حضور یا عدم حضور شیءای خاص را به کاربر مخابره میکند. در صورت مشاهده شیء مورد نظر ربات هدف محلی خود را فراموش

[1] Mobile Robotics
[2] Agent

می‌کند و به سمت شیء مطلوب حرکت می‌کند تا در نزدیکی آن توقف کند. همچنین در صورتی که شیء مطلوب نسبت به مکان اولیه خود حرکت کند، ربات با ردیابی آن به دنبال شیء مورد نظر حرکت می‌کند. شکل ۱- ۱ فرآیند انجام کار را به نمایش می‌گذارد.



شکل ۱- ۱ : فرآیند انجام کار

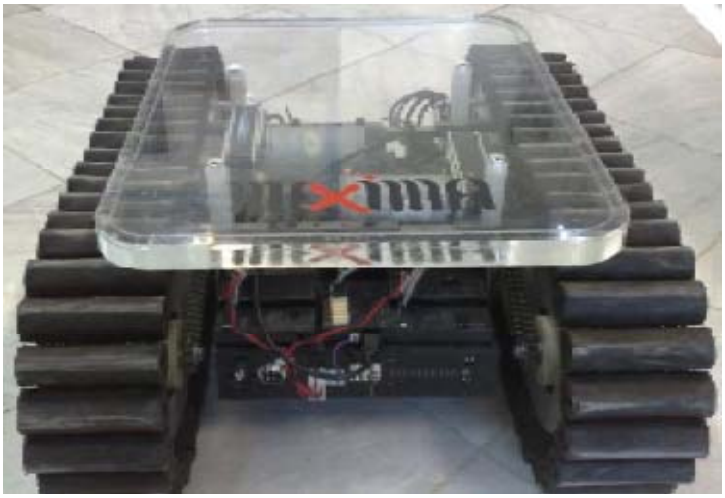
۱–۳– سخت افزار مورد استفاده در آزمایش‌ها

شکل ۱- ۲ : سخت افزار مورد استفاده در آزمایش‌ها

۱–۳–۱– ربات سیار Melon

ربات Melon که در این پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد، از دسته ربات‌های شنی دار[1] می‌باشد. تصویر آن در شکل ۱- ۳ دیده می‌شود. بر روی این ربات دو موتور DC نصب شده‌است که وظیفه حرکت چرخ‌ها را به عهده دارند. مشخصات کامل فیزیکی این ربات در جدول ۱- ۱ آورده شده‌است.

[1] Tracked



شکل ۱- ۳ : تصویر ربات Melon

جدول ۱- ۱ : مشخصات فیزیکی ربات Melon

مشخصات فیزیکی ربات	
طول	۴۵ سانتی متر
عرض	۴۰ سانتی متر
ارتفاع	۳۰ سانتی متر
وزن	۲۵ کیلوگرم
شعاع چرخش	۶۰ سانتی متر
فاصله بین دو چرخ	۳۵ سانتی متر
شعاع هر چرخ	۱۰ سانتی متر
ماکزیمم سرعت خطی	۰.۰۸ متر بر ثانیه
ماکزیمم سرعت زاویه‌ای	۰.۱۵ رادیان بر ثانیه

۱-۳-۲- دوربین استریو

دوربین مورد استفاده ما در این پایان نامه، دوربین استریوی Bumblebee2 مدل BB2-03S2C-25 محصول شرکت Point Grey است که از جمله مشخصات آن می‌توان به حداکثر اندازه تصویر ۶۴۰ در ۴۸۰، زاویه دید ۱۰۰ درجه، قابلیت گرفتن تصاویر رنگی، سرعت فریم بر ثانیه ۴۸، توان ۲.۵ وات در ولتاژ ۱۲، فاصله کانونی ۲.۵ میلی متر و فاصله اساسی ۱۲ سانتی متر اشاره کرد.

شکل ۱- ۴ : دوربین استریوی مورد استفاده در پروژه

از ویژگی های این دوربین استریو می‌توان به کالیبره بودن آن اشاره کرد به طوری که به علت ساختار مقاوم بدنه دوربین به ندرت امکان خارج شدن آن از کالیبراسیون وجود دارد و این دوربین در برابر حرکات پایه دوربین و اعوجاج لنزها بسیار مقاوم است.

همچنین این دوربین به همراه دو بسته نرم افزاری FlyCapture SDK و Triclops SDK ارائه می‌شود که نرم‌افزار اول وظیفه کنترل دوربین و گرفتن تصاویر استریو و نرم‌افزار دوم وظیفه کالیبراسیون و یکسوسازی تصاویر را به عهده دارند.

در توضیح میزان دقت تقریبی دوربین در نقاطی با عمق متفاوت نیز می‌توان به شکل ۱- ۵ و شکل ۱- ۶ اشاره کرد. همان‌گونه که در این اشکال ملاحظه می‌شود با افزایش فاصله، دقت محاسبه عمق کاهش می‌یابد.