دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

توسعه و پیاده سازی روش EKF SLAM با تلفیق اطلاعات IMU برای یک ربات سیار

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

سالار آسایش قلعه سیف

استاتید راهنما

دکتر مهدی کشمیری

دکتر حمیدرضا تقی‌راد

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

توسعه و پیاده سازی روش EKF SLAM با تلفیق اطلاعات IMU برای یک ربات سیار

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

سالار آسایش قلعه سیف

استاتید راهنما

دکتر مهدی کشمیری

دکتر حمیدرضا تقی‌راد

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مکانیک– طراحی کاربردی آقای سالار آسایش قلعه سیف

تحت عنوان

توسعه و پیاده سازی روش EKF SLAM با تلفیق اطلاعات IMU برای یک ربات سیار

در تاریخ ۹۲/۲/۹ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای اول پایان‌نامه	دکتر مهدی کشمیری
۲- استاد راهنمای دوم پایان‌نامه	دکتر حمیدرضا تقی‌راد
۳- استاد داور	دکتر سعیدبهبهانی
۴- استاد داور	دکتر محمد دانش
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمدرضا سلیم‌پور

بر خود لازم از زحمات گرانمایه اساتید بزرگوارم جناب آقایان دکتر مهدی کشمیری و دکتر حمیدرضا تقی راد نهایت تشکر و سپاسگذاری را داشته باشم. انجام این پروژه بدون حمایت‌ها، دلسوزی‌ها و توصیه‌های ارزشمندشان هرگز میسر نبود. در ادامه از زحمات دوستان عزیزم آقایان کسری خصوصی و مصطفی قبادی به خاطر پیشنهادات و حمایت‌هایشان کمال تشکر را دارم.

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است

تقدیم به:

پدر و مادر مهربان و همسر عزیزم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ پیشگفتار ۲

۱-۲ رباتیک احتمالی ۵

۱-۳ مقدمه ای بر حل مسئله مکانیابی و تولید نقشه به صورت همزمان ۶

۱-۴ معرفی انواع توصیفات محیط ۸

۱-۴-۱ نقشه ویژگی مبنا ۸

۱-۴-۲ نقشه شبکه‌بندی شده ۱۰

۱-۴-۳ نقشه همبند ۱۲

۱-۵ کاربردهای حل مسئله SLAM ۱۳

۱-۶ مروری بر کارهای انجام شده ۱۶

۱-۷ تعریف مسئله ۱۸

۱-۸ روند ارائه موضوعات پایان نامه ۲۰

فصل دوم: آشنایی با مفاهیم مرتبط با پروژه

۲-۱ پیشگفتار ۲۱

۲-۲ مفاهیم مقدماتی تئوری احتمالات ۲۱

۲-۳ بیان بردار حالت مسئله ۲۴

۲-۴ باور و انتشار باور ۲۵

۲-۵ الگوریتم فیلتر بیز ۲۶

۲-۶ بیان مسئله به فرم احتمالاتی ۲۸

۲-۷ فیلتر کالمن توسعه یافته ۳۱

۲-۸ حل مسئله SLAM با استفاده از تخمینگر فیلتر کالمن توسعه یافته ۳۳

۲-۸-۱ استخراج ویژگی ۳۴

۲-۸-۲ تناظر داده‌ها ۳۵

۲-۸-۳ پیش بینی حالت ها ۳۶

۲-۸-۴ به روزآوری حالت ها ۳۷

۲-۸-۵ اضافه کردن حالت جدید ۳۷

فصل سوم: ویژگی و استخراج ویژگی

۳-۱ پیشگفتار ۳۹

۳-۲ معرفی انواع ویژگی ها ۴۰

۳-۲-۱ نقطه ۴۱
۳-۲-۲ خط دو بعدی ۴۱
۳-۲-۳ صفحات عمودی سه بعدی ۴۲
۳-۳ انتخاب ویژگی مورد استفاده در پروژه ۴۳
۳-۴ استخراج خطوط دو بعدی ۴۳
۳-۴-۱ تخمین پارامترهای خط به روش بیشترین تشابه ۴۴
۳-۴-۲ تخمین پارامترهای خط به روش حداقل مربعات ۴۶
۳-۵ پیش پردازی داده‌های پویشگر لیزری ۴۸
۳-۵-۱ روش خوشه‌بندی ۴۹
۳-۵-۲ روش حذف آشفتگی با استفاده از روش انحراف استاندارد ۴۹
۳-۶ الگوریتم‌های استخراج خط ۵۰
۳-۶-۱ الگوریتم تقسیم و ترکیب ۵۱
۳-۶-۲ الگوریتم افزایشی ۵۱
۳-۶-۳ الگوریتم برازش خط یا پنجره متحرک ۵۲
۳-۶-۴ الگوریتم تبدیل هاف ۵۲
۳-۶-۵ الگوریتم اجماع نمونه‌های تصادفی(RANSAC) ۵۳
۳-۶-۶ الگوریتم بیشترین انتظار ۵۵
۳-۷ مقایسه عملی الگوریتم‌های استخراج خط ۵۶
۳-۸ پیاده سازی و بهبود الگوریتم تقسیم و ترکیب ۵۸
۳-۸-۱ الگوریتم تقسیم و ترکیب ۵۸
۳-۸-۲ تقسیم ۵۹
۳-۸-۳ ترکیب ۶۱
۳-۸-۴ بهبود الگوریتم ۶۲
۳-۸-۵ مقایسه نتایج آزمایشات تجربی در الگوریتم تقسیم و ترکیب متعارف و بهبودیافته ۶۲
۳-۹ پیاده‌سازی الگوریتم برازش خط ۶۶
۳-۹-۱ پیاده سازی عملی ۶۷
۳-۱۰ نتیجه‌گیری ۶۹
فصل چهارم: پیاده سازی الگوریتم EKF SLAM
۴-۱ مدل حرکت برای ربات امدادگر خورشید صبا ۷۰
۴-۲ مدل مشاهده کننده ۷۳
۴-۳ اضافه کردن حالت ۷۴
۴-۴ تناظر داده ۷۶
۴-۵ نتایج پیاده سازی با استفاده از داده های معتبر بین المللی ۷۷
۴-۶ نتایج پیاده سازی با استفاده از داده های بدست آمده از ربات خورشید صبا ۸۶
۴-۶-۱ راهروی مسطح U شکل طبقه پنجم دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی اصفهان ۸۶

۴-۶-۲ طی کردن مسیر پیچ دار توسط ربات ۸۹
فصل پنجم: بهبود الگوریتم پیاده شده با استفاده از اطلاعات سنسور اینرسی **۹۱**
۵-۱ پیشگفتار ۹۱
۵-۲ مقدمه و مروی بر کارهای انجام شده ۹۱
۵-۳ توسعه الگوریتم SLAM ۹۴
۵-۳-۱ موارد استفاده از حسگر اینرسی ۹۵
۵-۴ بیان ریاضیات حالت توسعه یافته ۹۶
۵-۴-۱ حالت مسئله ۹۶
۵-۴-۲ مدل مشاهده کننده ۹۷
۵-۴-۳ مدل حرکت ۹۸
۵-۵ پیاده سازی ۹۸
۵-۶ نتایج ۹۹
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات **۱۰۵**
پیوست الف: معرفی و کاربرد انواع حسگرهای مورد استفاده برای حل مسئله SLAM ۱۰۸
پیوست ب : استخراج پارامترهای یک خط در مختصات قطبی ۱۱۲
پیوست ج: انتشار خطا و عدم قطعیت در استخراج خط با روش حداقل مربعات در مختصات قطبی ۱۱۵
پیوست د : فاصله ماهالونوبیس ۱۱۸
مراجع ۱۲۰

چکیده

موضوع این پایان‌نامه، پیاده سازی و توسعه روش EKF SLAM با استفاده از تلفیق اطلاعات IMU بر روی ربات سیار خورشید صبا است. حل مسئله SLAM گام مهمی در راستای خودمختار کردن ربات‌های پایه متحرک است. در این پایان‌نامه لزوم استفاده از رباتیک احتمالی به دلیل وجود عدم قطعیت‌های موجود در محیط تشریح شده و ابزاری مناسب برای برخورد با یکی از مسائل رباتیک احتمالی ارائه شده‌است. همچنین بررسی کاملی راجع به اجزای الگوریتم EKF SLAM دو بعدی از جمله ویژگی‌های توصیف محیط صورت گرفته و نوآوری‌هایی در روش‌های استخراج ویژگی انجام شده‌است. در ادامه پس از پیاده‌سازی الگوریتم EKF SLAM با ویژگی از جنس خط بر روی ربات خورشید صبا، این الگوریتم با داده‌های IMU تلفیق شده‌است تا سازگاری لازم در محیط های سه‌بعدی را ایجاد کند. با استفاده از نوآوری انجام شده، ربات قادر است ضمن ترسیم دقیق نقشه دوبعدی یک محیط ناهموار، توصیفات سه بعدی مناسبی را در کنار نقشه دوبعدی ارائه کند. تمام پیاده‌سازی‌های پروژه با بسترسازی در هسته دینامیک و رباتیک بر روی رباتی انجام شده که خود اینجانب بالغ بر ۴ سال به عنوان سرپرست گروه در یک کار تیمی در طراحی، ساخت و راه‌اندازی آن ایفای نقش کرده‌ام.

کلمات کلیدی: ۱- SLAM ۲- ویژگی ۳- عدم قطعیت ۴- حسگراینرسی

فصل اول
مقدمه

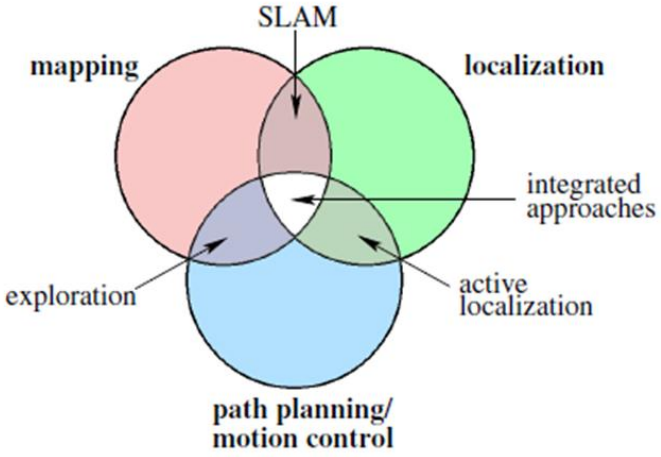
۱-۱ پیشگفتار

بدست آوردن مدل فیزیکی محیط اطراف ربات برای دسته وسیعی از کاربردهای رباتیکی از جستجو و نجات گرفته تا سیستم‌های خودکار یک مریخ‌نورد ضروری به نظر می‌رسد. بدست‌آوردن و آموزش نقشه در علم رباتیک در طی دهه گذشته مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته‌است. در حالت کلی، آموزش نقشه محیط به ربات مستلزم انجام سه‌کار است که عبارتند از: تولید نقشه، مکان‌یابی و طراحی مسیر. مسئله تولید نقشه، پردازش و پایش اطلاعات بدست آمده از حسگرهای ربات در یک نمایش خاص است. این کار را می‌توان در قالب این سوال که جهان اطراف ربات به چه شکل است، مطرح کرد. نکته مهم در تولید نقشه انتخاب چارچوب نمایش و تفسیر اطلاعات ورودی از حسگرهای ربات به گونه‌ای است، که برای ربات قابل فهم باشد است. در مقابل، مسئله مکان‌یابی مربوط به تخمین موقعیت ربات در این توصیف ارائه شده برای محیط است. در انتها، طراحی مسیر شامل این مسئله است که چگونه باید ربات را تا یک موقعیت دلخواه و یا در طول یک مسیر هدایت کرد. به بیان ساده‌تر طراحی مسیر سعی در پاسخ به این پرسش که چطور ربات به یک موقعیت دلخواه می‌رسد، دارد.

متاسفانه، این سه‌کار به صورت مستقل از هم نمی‌توانند برای یک ربات انجام شود. قبل از اینکه ربات به این پرسش که محیط اطراف من با توجه به مشاهدات انجام شده توسط حسگرها چگونه‌است پاسخ دهد، ضروری‌است بداند از چه موقعیتی این مشاهدات را انجام داده‌است. به طور مشابه تخمین موقعیت ربات به تنهایی بدون داشتن

یک توصیف از محیط دشوار است. طراحی یک مسیر برای رسیدن به یک موقعیت در چارچوب مرجع نیاز به داشتن اطلاعات از موقعیت ربات و توصیف مناسب از محیط اطراف ربات دارد.

در شکل ۱ - ۱ محدوده سه عمل تولید نقشه، مکان‌یابی و طراحی مسیر و نقاط اشتراک آن‌ها با یکدیگر نشان داده شده‌است. مسئله مکان‌یابی و تولید نقشه به صورت همزمان (SLAM[1]) شامل ساختن یک توصیف مناسب (نقشه از محیط) و همرمان با آن یافتن موقعیت ربات در همان توصیف است. در این مسئله هیچ‌کدام از این دو پارامتر نمی‌توانند به صورت مستقل از هم حل شوند، چراکه همانطور که قبلاً ذکر شد مکان‌یابی مستلزم دانستن موقعیت ربات و تولید نقشه مستلزم دانستن مکان ربات که در آن مشاهدات انجام می‌شود است.



شکل ۱ - ۱ توصیف شماتیک مرز فرآیندهای مکان‌یابی، تولید نقشه و طراحی مسیر

مطابق با شکل فوق، یک توصیف خوب از محیط احتیاج به تخمین دقیق از موقعیت وسیله دارد. مسئله موقعیت یابی فعال به دنبال راهنمایی ربات به موقعیت مناسب بر طبق نقشه برای بهبود تخمین موقعیت است. از طرف دیگر، در مسئله اکتشاف[2] فرض می‌شود تخمین دقیقی از اطلاعات موقعیت ربات در دسترس است و تنها روی مسئله راهنمایی ربات به صورت بهینه در طول نقشه ساخته شده تمرکز می‌کند. قسمت مرکزی این سه کار، روش یکپارچه[3] به حل همزمان این سه مسئله می‌پردازد که SPLAM[4] نامیده می‌شود. حل مسئله SPLAM ربات را قادر می‌سازد تا با استفاده از داده‌های دریافت شده از روی حسگرهای خود ، به طور خودمختار رفتار کرده و در طول

[1] Simulataneous localization and mapping
[2] Exploration
[3] Integrated approach
[4] Simultaneous planning, localization and mapping

محیط به اکتشاف بپردازد. در واقع می‌توان ادعا کرد، حل مسئله مکان‌یابی و تولید نقشه به صورت همزمان کلیدی برای خودمختار کردن ربات‌های سیار و همکاری بین ربات‌ها است.

تاکنون مطالعات بسیاری روی جنبه‌های مختلف حل این مسئله انجام شده‌است. استفاده از چند ربات همکار و برقرار نمودن همکاری بین این ربات‌ها برای حل این مسئله مزایای زیادی نسبت به حل توسط یک ربات دارد. همکاری بین ربات‌ها سرعت انجام حل این مسئله را بیشتر می‌کند. از طرف دیگر با حل سریع‌تر این مسئله می‌توان کنترل همکاری پایدارتری برای این ربات‌ها برقرار کرد [۱].

شایان ذکر است تمام این مسائل در حالتی که محیط اطراف ربات در طول زمان تغییر کند، پیچیده‌تر می‌شود. اکثر تکنیک‌های ترسیم نقشه فرض می‌کندکه محیط اطراف ربات در حالت ایستا قرار دارد و در طول زمان تغییر نمی‌کند. از آنجا که بیشتر مکان‌های کاری برای یک ربات سیار در مکان‌هایی است که انسان نیز وجود دارد، این فرض کاملاً معقولانه به نظر نمی‌رسد. این تغییرات در محیط معمولاً توسط حرکت افراد، باز و بسته شدن درها توسط افراد و یا جابجایی متعلقات محیط انجام می‌شود. حالت تولید نقشه با در نظر گرفتن یک محیط پویا بسیار چالش برانگیز می‌باشد، اما ربات را قادر می‌سازد به طور موثر در محیط به انجام وظایف خود بپردازد.

به طور خلاصه، حل مسئله آموزش محیط اطراف توسط ربات در جهت خودمختار شدن و همکاری با سایر ربات‌ها شامل پاسخ به پرسش‌های زیر است.

- ربات در طول یک اکتشاف خودکار به کجا باید هدایت شود؟
- با نویز در طول تخمین موقعیت ربات و یا در مشاهدات ربات چگونه باید مواجه شد؟
- با عدم قطعیت موجود در مدل ربات و حسگرها چگونه باید مواجه شد؟
- تغییر در محیط اطراف ربات در طول زمان را چگونه باید مدل کرد؟
- چگونه باید به طور موثر مجموعه‌ای از ربات‌ها را به طور همکار برای عملیات خاصی برنامه ریزی کرد؟

از آنجا که پاسخ به پرسش‌های فوق مستلزم دانستن عملکرد نویز و عدم قطعیت حسگرهای ربات است، ابتدا لازم است، مبحث رباتیک احتمالی توضیح داده شود.

۱-۲ رباتیک احتمالی

مباحث علمی مرتبط با ربات‌های سیار[1]موضوعاتی را در بر می‌گیرد که در آنها بررسی نحوه درک محیط و نمایش آن، حرکت و کاوش در محیط ناشناخته و ایجاد تغییر در آن‌ها از طریق عامل‌های مصنوعی‌ای که توسط رایانه کنترل می‌شوند را شامل می‌شود. در حل مسائل مربوط به ربات‌های سیار عدم قطعیت‌هایی وجود دارد که به پنج دسته کلی تقسیم می‌شوند که عبارت از محیط، حسگرها، عملگرها، مدل کنترلی و محاسبات می‌باشند[۲].

الف) محیط[2]: محیطی که ربات با آن در تعامل است دارای عدم قطعیت می‌باشد. به عنوان مثال در نظر بگیرید، ربات قرار است در یک موزه به عنوان راهنما کار کند. موانع محیطی اطراف ربات که شامل افراد بازدید کننده از موزه است کاملا دارای عدم قطعیت است، همچنین مسیر حرکتی هر کدام از افراد بازدید کننده نیز از قبل برای ربات مشخص نشده است.

ب) حسگرها[3]: حسگرها عامل تعامل ربات با محیط اطرف هستند. حسگرهایی که ربات با استفاده از آن‌ها مشغول به کار است به طور عمده دارای دو نوع عدم قطعیت می‌باشند. یکی اینکه حسگرها محدوده کارکرد و دید محدودی دارند، به عنوان مثال یک دوربین قادر نیست موانع پشت یک دیوار را تشخیص دهد و دیگر اینکه داده-های حسگرها آغشته به نویز اندازه‌گیری است. بدین جهت استفاده از حسگرها نیز با عدم قطعیت همراه است.

ج) عملگرها[4]: در سیستم دینامیکی داخلی عملگرها نیز مسائلی وجود دارد که عملگر را دچار عدم قطعیت می‌کند. به عنوان مثال یک موتور الکتریکی را در نظر بگیرید، در ساختمان داخلی موتور عواملی چون لقی و لغزش باعث عدم دقت در کارکرد موتور می‌شود.

د) مدل کنترلی: در مدل ریاضی که برای ربات در شبیه‌سازی‌ها لحاظ می‌شود، عواملی چون اصطکاک وجود دارد که نمی‌توان به طور دقیق در مدل سازی و شبیه‌سازی‌ها لحاظ کرد.

ه) محاسبات[5]: در محاسبات مربوط به مسائل رباتیک، باید در حل عددی مسائل تقریب‌هایی را در نظر گرفت که باعث عدم قطعیت می‌شود.

عدم قطعیت‌ها تنها به عوامل فوق محدود نمی‌شود. به طور کلی این پدیده به طور دائم در اکثر مسائل رباتیک حضور دارد، در بعضی مواقع می‌توان از آن‌ها صرف نظر کرد و در سایر مسائل باید با ابزار مناسب با آن‌ها برخورد کرد. شاخه‌ای از علم رباتیک که در دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته‌است، رباتیک احتمالی می‌باشد و به

---

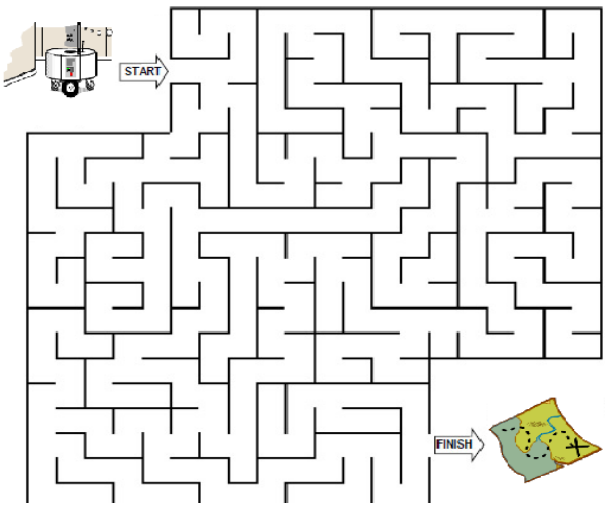
[1] Mobile Robot
[2] Environment
[3] Sensors
[4] Robot Actuators
[5] Computations

بررسی مسائلی از رباتیک می‌پردازد که با این عدم قطعیت‌ها درگیر است. در این علم با این مسائل به شکل الگوریتم‌های احتمالی و متغیرهای تصادفی برخورد می‌شود و کارکرد ربات نسبت به این عدم قطعیت‌ها مقاوم می‌شود.

۱-۳ مقدمه‌ای بر حل مسئله مکان‌یابی و تولید نقشه به صورت همزمان

یکی از مسائلی که در رباتیک احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرد مسئله مکان یابی و تولید نقشه به صورت همزمان است. چالش به دست آوردن مکان خود ربات را مسئله مکان‌یابی و چالش به دست آوردن توصیفی از محیط را مسئله ایجاد نقشه می‌نامند. هر ربات سیار برای هدف از پیش تعیین شده‌ای مشغول به کار است، همانطورکه در شکل ۱ - ۲ مشاهده می‌کنید هدف از حل این مسئله این است که اگر ربات در یک محیط کاملاً ناشناخته قرار دهیم، ربات ضمن پیمایش مسیر بتواند در هر لحظه موقعیت خود را به همراه نقشه‌ای از محیط ارائه کند. در واقع مسئله SLAM بررسی می‌کند که آیا امکان دارد ربات در یک محیط ناشناخته قرار داده شود و ربات در حین کاوش محیط یک نقشه از آن ترسیم کند و به طور همزمان مکان خود را در آن نقشه مشخص کند؟

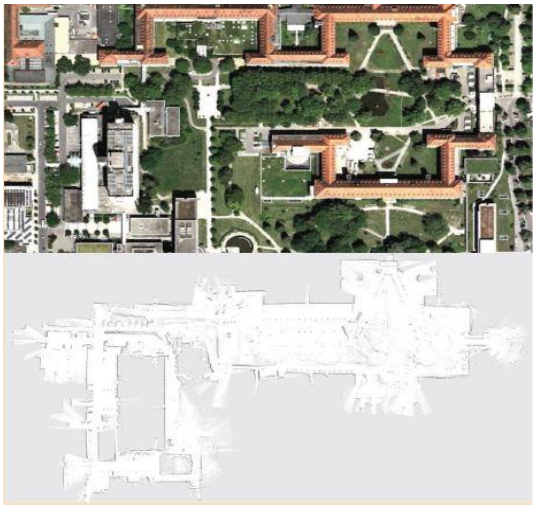
حل مسئله SLAM از آنجا دشوار است که رسم نقشه احتیاج به مکان‌یابی و مکان‌یابی احتیاج به نقشه از محیط دارد. در واقع حل این مسئله برای خودمختار کردن ربات‌ها ضروری است و به عقیده‌ی برخی از دانشمندان این علم پیش مقدمه‌ای است که برای کارهای پیچیده‌تر در زمینه ربات‌های سیار مورد نیاز می‌باشد.



شکل ۱ - ۲ فرآیند مکان‌یابی و تولید نقشه به صورت همزمان

برای حل مسئله SLAM چهارچوب‌های متفاوتی در نظر گرفته شده‌است. به عنوان نمونه می‌توان بـه انجـام SLAM در محیط‌های داخلی[1]، محیط‌های خارجی[2]، داخل آب و عملیات‌هـای هـوایی اشـاره کـرد. بـه طـور کلـی توصیفی که از محیط ارائه می‌شود به دو دسته‌ی سه بعدی و دو بعـدی تقسـیم مـی‌شـود. شـکل ۱ - ۳ توصـیف سـه بعدی را به همراه تصویر هوایی محیط واقعی، نشان می‌دهد. توصیف دوبعدی محیط نیز در شکل ۱ - ۴ نشـان داده شده‌است.

شکل ۱ - ۳ تصویر بالایی نمای هوایی از پارکینگ دانشگاه استنفورد و تصویر پایین نقشه ۳ بعدی پارکینگ است، که توسط الگوریتم SLAM و با استفاده از یک اتومبیل خود مختار رسم شده‌است.



شکل ۱ - ۴ تصویر بالایی، تصویر ماهواره‌ای یک مکان و تصویر پایین نقشه ۲ بعدی مکان است.

[1] Indoor Environment
[2] Outdoor Environment

۱-۴ معرفی انواع توصیفات محیط

برای انجام هر عمل خودمختار[1] توسط ربات، نیاز است که یک نمایش[2] از فضای کاری، که قرار است عمل خودمختار در آن انجام شود، در اختیار ربات قرار داده شود. در صورتی که حوزه عملکرد محدود و محلی باشد، نیاز به یک نمایش محلی[3] وجود دارد و برای تصمیم‌گیری در حوزه وسیع‌تر، به نمایش سراسری[4] احتیاج می‌باشد. به طور خاص اگر هدف، حرکت ربات و اکتشاف در یک محیط ناشناخته باشد؛ نقشه‌ی محیط اطرافِ ربات برای انجام تصمیم‌گیری مورد استفاده واقع می‌شود. در حال حاضر سه گونه اصلیِ نحوه نمایش محیط برای ربات‌های متحرک، به صورت عمده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱- نقشه ویژگی مبنا[5]

۲- نقشه شبکه‌بندی شده[6]

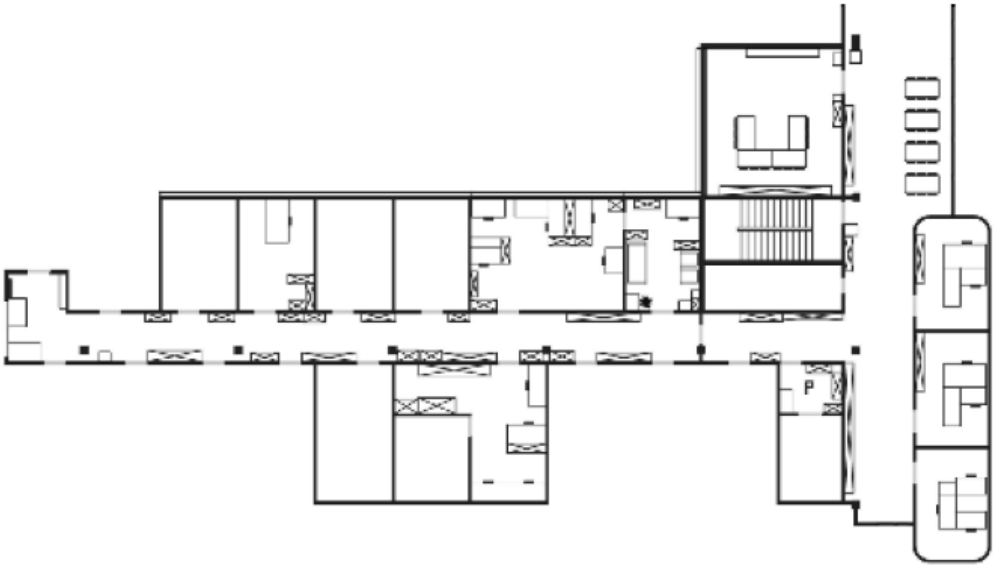
۳- نقشه همبند[7]

۱-۴-۱ نقشه ویژگی مبنا

نقشه با مقادیر پیوسته یکی از روش‌های تجزیه محیط است. در این شیوه، مکان ویژگی‌های محیطی در یک فضای پیوسته نمایش داده می‌شود. ربات‌های متحرک نقشه‌های پیوسته را در فضای دو بعدی پیاده‌سازی می‌کنند. روش مرسوم آن است که دقت نمایش‌های پیوسته، در فرض‌های یک جهان محدود ترکیب شود. به این معنا که، هرگاه تمامی اشیاء محیطی در نقشه مشخص گردید یک فرض نمایش داده می‌شود؛ و هر ناحیه‌ای از نقشه که خالی از شیء باشد، در جهان پیرامون در آن ناحیه متناظر نیز شیء وجود نخواهد داشت. در این شیوه بازنمایی، نیاز به حافظه متناسب با چگالی اشیاء در محیط پیرامون است. به عبارتی محیط‌های خلوت با نقشه‌ای که حافظه کمی را اشغال می‌کند نمایش داده خواهد شد. در [۳]، نمایش پیوسته‌ای در دو بعد نمایش داده شده است. موانع محیطی به صورت چند ضلعی ترسیم گردیده‌اند.

---

[1] Autonomous
[2] Representation
[3] Local
[4] Global
[5] Feature Based Map
[6] Grid Based Map
[7] Topological



شکل ۱ – ۵ نمایش پیوسته محیط با استفاده از چندضلعی‌هایی که معرف موانع محیطی می‌باشند (برگرفته از[۳])

در یک شبیه‌سازی واقعی، محیط پیرامون به وسیله یک نقشه شرح داده می‌شود. اشیاء توسط حسگرها تشخیص داده شده، در نهایت یک نقشه هندسی می‌تواند مکان فیزیکی اشیاء (ویژگی‌های محیط) را بدون رجوع به بافت، رنگ یا دیگر خصوصیات ثانوی (که ارتباط مستقیم با مکان و فضا ندارند) نمایش دهد. در این سطح از شبیه‌سازی، نقشه تهیه شده توسط ربات متحرک با محاسبه جنبه‌هایی از هندسه اشیاء، که در محاسبه سریع مکان‌یابی وابسته هستند، حافظه مصرفی را کاهش می‌دهد. برای سرعت محاسبات تمامی اشیاء با چندضلعی‌های ساده نمایش داده می‌شوند. در نقشه ویژگی مبنا، از اطلاعات حسگرهای روی ربات ویژگی‌هایی استخراج می‌شود و مجموعه این ویژگی‌ها در قالب نقشه ذخیره می‌شود. نمونه چنین روشی استخراج خطوط از پویش‌های فاصله‌یاب لیزری است.

بسیاری از رباتهای سیار متکی بر مسافت‌یاب‌های لیزری، مسافت نزدیک‌ترین اشیاء را بازیابی می‌نمایند. از قبیل ربات‌هایی که به صورت خودکار برازنده‌ترین خطوط را از هزاران نقطه‌ای که از پرتاب لیزر به دست آورده‌اند استخراج می‌کنند. نوع پیوسته نقشه، خطوطی را ضمانت می‌کند که می‌توانند در مکان‌های دلخواه و با زوایای دلخواهی واقع شوند. انتزاعی از اشیاء محیط واقعی، از قبیل دیوارها و محل تقاطع آن‌ها را با انواع اطلاعاتی که حسگرهای ربات بازیابی می‌کند مطابقت می‌دهند. در شکل ۱ – ۶ یک محیط داخلی، که برای ترسیم نقشه آن از نمایش خطوط پیوسته استفاده شده، قابل مشاهده است. هر ویژگی با یک خط مستقیم نمایش داده شده (از قبیل دیوارها و گوشه‌ها)، بنابراین بایستی معادله خطوط برازنده را به دست آورد.