دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی هوافضا

پایان نامه کارشناسی ارشد

در گرایش : دینامیک پرواز و کنترل

عنوان:

توسعه الگوریتم بازشناسی الگو در ناوبری نجومی

استاد راهنما:

دکتر جعفر روشنی‌یان

استاد مشاور:

دکتر مسعود ابراهیمی

دانشجو: شبنم یزدانی

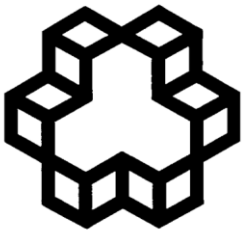
مرداد ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم
بهار

تقدیم به پدر فرزانه و مادر فداکارم که هر چه می دانستند به من آموختند؛

تقدیم به دکتر جعفر روشنی یان که بسیار بیش از این به من آموختند؛

و تقدیم به دکتر مسعود ابراهیمی که به من از نو آموختند.



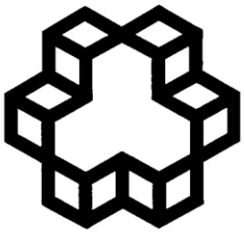
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی هوافضا

تاییدیه هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تحت عنوان : **توسعه الگوریتم بازشناسی الگو در ناوبری نجومی** توسط خانم شبنم یزدانی صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه **کارشناسی ارشد** در رشته **مهندسی هوافضا** گرایش **دینامیک پرواز و کنترل** مورد تایید قرار دادند.

استاد راهنما : دکتر جعفر روشنی‌یان	امضاء
استاد مشاور: دکتر مسعود ابراهیمی	امضاء
استاد ممتحن : دکتر امیر علی نیکخواه	امضاء
استاد ممتحن : دکتر عبدالمجید خشنود	امضاء
نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر امیرعلی نیکخواه	امضاء



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی هوافضا

اظهارنامه دانشجو

عنوان پایان نامه : توسعه الگوریتم بازشناسی الگو در ناوبری نجومی

استاد راهنما : دکتر جعفر روشنی‌یان

اینجانب **شبنم یزدانی** دانشجوی دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا گرایش دینامیک پرواز و کنترل دانشکده‌ی هوافضا دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارئه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج شده در این پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ مدرک یا امتیازی یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چهارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

شبنم یزدانی

۹۱/۵/۱

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی هوافضا

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱. حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشگده هوافضا دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد. ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲. کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در پژوهش حاضر بعد از تشریح اجمالی عملکرد یک سامانه ستاره یاب، روش‌های بازشناسایی الگوی ستارگان به عنوان یکی از اجزای اصلی نرم افزار در دو گروه بازگشتی و گمشده در فضا مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در ادامه الگوریتم شناسایی بدون بعد که یکی از جدیدترین روش‌های تشخیص الگوی ستاره می‌باشد، به عنوان یک گزینه عملیاتی مناسب جهت کاربرد در سامانه ناوبری نجومی نصیر ۱ انتخاب گردیده است. جهت پیاده سازی، در گام اول روش تولید پایگاه داده الگوریتم مذکور تشریح شده و پایگاه داده مربوطه تولید گشت. به منظور برآورده سازی الزامات مربوط به سامانه نصیر ۱ شامل اندازه میدان دید، حجم حافظه‌ی در اختیار و فرکانس به روز رسانی وضعیت روش‌های مختلفی به کار گرفته شد و نهایتاً پایگاه داده مناسب با در نظر گرفتن ستارگان پرنورتر از قدر ۵ تولید گشت. در گام دوم روش جستجوی بردار k معرفی و پیاده سازی شد؛ در ضمن برای صحه گذاری گام‌های فوق از مراجع مرتبط استفاده شده و نتایج ارائه شده‌اند. پس از اعمال انتخاب‌های مناسب و تصمیم گیری در مورد بهترین پارامترها جهت انجام شناسایی آنلاین، تست الگوریتم به صورت نرم افزار در حلقه صورت گرفت که نتایج رضایت بخشی در بر نداشت. در نتیجه با انجام اصلاحاتی بر روی روش بدون بعد و اضافه کردن مشخصه شناسایی جدید به آن، عملکرد این روش بهبود یافت. نتایج تست‌های نرم افزار در حلقه که با بهره گیری از نرم افزار شبیه ساز آسمان تدوینی در این پایان نامه و روش مونت کارلو انجام شده‌اند، حکایت از موفقیت بالای روش اصلاح شده دارد. در انتها الگوریتم در ترکیب با سایر اجزا سامانه مورد تست سخت افزار در حلقه قرار گرفته و نتایج تست‌های نرم افزاری مورد تایید قرار گرفت.

کلید واژه : حسگر ستاره، الگوریتم شناسایی بدون بعد، الگوریتم جستجوی بردار K، رای دهی هندسی

فهرست مطالب

مقدمه		**۱**
فصل اول	**سیر تحول سامانه‌های ستاره‌یاب**	**۴**
۱-۱-	**مقدمه**	**۴**
۱-۲-	**مروری بر حسگرهای وضعیت**	**۶**
۱-۲-۱-	**حسگر زمین**	**۶**
۱-۲-۲-	**حسگر خورشید**	**۶**
۱-۲-۳-	**مغناطیس سنج**	**۷**
۱-۲-۴-	**حسگر ستاره**	**۷**
۱-۳-	**حسگر ستاره چیست؟**	**۹**
۱-۳-۱-	**سخت افزار اپتیکی**	**۹**
۱-۳-۲-	**سیستم آشکارساز**	**۹**
۱-۳-۳-	**واحد پردازش الکترونیکی**	**۹**
۱-۳-۴-	**نرم افزار پردازش تصویر**	**۱۰**
۱-۳-۵-	**نرم افزار شناسایی الگوی ستاره**	**۱۰**
۱-۳-۶-	**نرم افزار تعیین وضعیت**	**۱۰**
۱-۴-	**حسگر ستاره در گذر زمان**	**۱۱**
۱-۴-۱-	**ستاره‌یاب‌های بدون CCD (۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰)**	**۱۱**
۱-۴-۲-	**ستاره‌یاب‌های CCD پایه غیر اتوماتیک(۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰)**	**۱۳**
۱-۴-۳-	**ستاره‌یاب‌های CCD پایه‌ی اتوماتیک (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰)**	**۱۳**
۱-۴-۴-	**ستاره‌یاب‌های ترکیبی یا چند هدفی (۲۰۰۰ تا کنون)**	**۱۴**
۱-۵-	**کاربردهای سامانه ستاره یاب**	**۱۵**

۱-۵-۱-	**کاربردهای نظامی ستاره‌یاب**	**۱۵**
۱-۵-۱-۱.	کاربرد در بمب‌های هدایت شونده	۱۶
۱-۵-۱-۲.	کاربرد در هواپیماهای نظامی	۱۷
۱-۵-۱-۳.	کاربرد در موشک‌های بالستیک	۱۸
۱-۵-۲-	**کاربردهای غیر نظامی**	**۱۸**
۱-۵-۲-۱.	راکت کاوش	۱۸
۱-۵-۲-۲.	کاوشگرها	۱۸
۱-۵-۲-۳.	فضاپیماها و ماهواره‌ها	۱۹

فصل دوم — مروری بر الگوریتمهای شناسایی الگوی ستاره — ۲۰

۲-۱- مقدمه — ۲۰

۲-۲- الگوریتم‌های گمشده در فضا — ۲۶

۲-۲-۱-	**روش زاویه**	**۲۶**
۲-۲-۲-	**روش سه گانه ستاره**	**۲۸**
۲-۲-۳-	**روش مثلثهای سطحی و کروی**	**۲۸**
۲-۲-۴-	**روش هرم**	**۲۹**
۲-۲-۵-	**روش شبکه بندی**	**۳۲**
۲-۲-۶-	**استفاده از شبکه عصبی**	**۳۴**

۲-۳- الگوریتمهای بازگشتی — ۳۵

۲-۳-۱-	**روش چند ضلعیهای کروی**	**۳۷**
۲-۳-۲-	**روش همسایگی ستاره**	**۳۹**

۲-۴- اعتبارسنجی پاسخ الگوریتم‌های شناسایی — ۴۱

۲-۴-۱-	**روش رای دهی هندسی**	**۴۱**

فصل سوم — پیاده سازی الگوریتم شناسایی الگوی ستاره — ۴۲

۳-۱- مقدمه : مروری بر روش شناسایی بدون بعد ۴۲

۳-۲- الزامات طراحی ۴۸

۳-۲-۱- الزامات پایگاه داده ۴۹

۳-۲-۱-۱. نحوه تولید پایگاه داده ۵۳

۳-۲-۱-۲. کاهش عناصر پایگاه داده ۵۹

۳-۲-۱-۳. کم کردن تعداد ستارگان کاتالوگ ۶۰

B) کم کردن ستارگان دوتایی از کاتالوگ ۶۰

C) یکنواخت سازی آسمان ۶۱

۳-۲-۱-۴. حذف مثلثها با زوایای بسیار کوچک که مثلث را شبیه به خط میسازند ۶۵

۳-۲-۱-۵. صحت سنجی پایگاه داده ۶۵

۳-۲-۲. الزامات روش جستجو ۶۷

۳-۲-۲-۱. روش جستجوی بردار K ۶۷

۳-۲-۳. الزامات شناسایی آنلاین ۷۱

۳-۲-۳-۱. طبقه بندی اطلاعات ورودی از پردازش تصویر ۷۲

۳-۲-۳-۲. انتخاب از بین اطلاعات ورودی مرتب شده ۷۴

۳-۲-۳-۳. اعتبار سنجی نهایی شناسایی الگوی ستاره ۷۵

فصل چهارم تحلیل، صحت سنجی و نتایج ۷۷

۴-۱- مقدمه ۷۷

۴-۲- تست نرم افزار به صورت منفرد ۷۸

۴-۲-۱- تصحیحات الزامی برای بهبود عملکرد الگوریتم شناسایی الگو ۸۴

۴-۳- تست نرم افزار در حلقه به کمک شبیه سازی اطلاعات ورودی ۸۶

۴-۳-۱- تدوین شبیه ساز آسمان به منظور تست عملکرد الگوریتم شناسایی ۸۷

۴-۳-۱-۱. شبیه سازی روشنایی ستاره ۹۱

۴-۳-۱-۲. صحه گذاری شبیه ساز تدوین شده ۹۳

۴-۳-۲- تست نرم افزار در حلقه با استفاده از شبیه سازی آسمان ۹۵

۴-۳-۳- تست نرم افزار در حلقه به کمک شبیه ساز آسمان و الگوریتم پردازش تصویر ۹۸
۴-۳-۴- تست سخت افزار در حلقه ۱۰۲

نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۵

مقالات ارائه شده ۱۰۸

منابع و مراجع ۱۰۹

فهرست اشکال

شکل ۱- ۱ یک ستاره یاب با ساختار صفحه پایدار ۱۰۱

شکل ۱- ۲ نمایی از فضاپیمای آپولو ۱۱ ..... ۱۰۲

شکل ۱- ۳ نمایی از یک ستاره یاب اتوماتیک ۱۰۴

شکل ۱- ۴ استفاده از ستارهیاب در هدایت و ناوبری یک وسیله بازگشتی ۱۰۶

شکل ۱- ۵ بمب هدایت شونده B-50 دارای سیستم ناوبری استلار- اینرسیال ۱۰۶

شکل ۱- ۶ بمب افکن B-52 ..... ۱۰۷

شکل ۱- ۷ جنگنده SR-71 ..... ۱۰۷

شکل ۱- ۸ کاوشگر مارینر ۴ ..... ۱۰۹

شکل ۱- ۹ ماهواره Bilsat به همراه حسگر نجومی به کار رفته در آن ۱۰۹

شکل ۲- ۱ روند تعیین وضعیت در حسگر ستاره[۴] ۲۰۰

شکل ۲- ۲ زاویه فضایی بین دو ستاره ۲۰۱

شکل ۲- ۳ بریده‌های کاتالوگ مورد استفاده در الگوریتم اولیه جانکینر ۲۰۲

شکل ۲- ۴عملیات چرخاندن زاویه فضایی ۲۰۷

شکل ۲- ۵ مثلث کروی و مثلث سطحی ۲۰۹

شکل ۲- ۷ روش هرم [۱۶] ۳۰۱

شکل ۲- ۸ روش شبکه بندی [۸] ۳۰۳

شکل ۲- ۹ چند ضلعی کروی [۲۴] ۳۰۸

شکل ۲- ۱۰ سطح مشترک مخروطها [۲۵] ۳۰۹

شکل ۲- ۱۱ روش همسایگی [۲۵] ۴۰۰

شکل ۲- ۱۲ جا به جایی تصویر ستاره با توجه به سرعت زاویه‌ای [۲۵] ۴۰۰

شکل ۳- ۱ تاثیر تغییر پارامترهای دوربین بر مکان و مقیاس ستاره‌ها ۴۰۳

شکل ۳- ۲ هندسه تصویر در دوربین ۴۰۴

شکل ۳- ۳ تعداد ستاره در میدان دید ۱۵ درجه و قدر ۵ ..... ۵۰۰

شکل ۳- ۴ تعداد ستاره در میدان دید ۱۵ درجه و قدر ۵/۵ ..... ۵۰۰

شکل ۳- ۵ تعداد ستاره در میدان دید ۱۵ درجه و قدر ۶ ..... ۵۰۱

شکل ۳- ۶ تعداد ستاره در میدان دید ۱۵ درجه و قدر ۶/۵ ..... ۵۰۱

شکل ۳- ۷ تعداد ستاره در میدان دید ۱۵ درجه و قدر ۷ ..... ۵۰۲

شکل ۳- ۸ دایره‌ی محاط بر میدان دید ۵۰۴

شکل ۳- ۹ دایره محاط بر میدان دید ۵۰۵

شکل ۳- ۱۰ یکنواخت سازی آسمان به کمک قطاع‌های یکسان[۲۸] ۶۰۲

شکل ۳- ۱۱ توزیع یکنواخت با استفاده از عنصرهای شارژ شده[۲۸] ۶۰۳

شکل ۳- ۱۲ توزیع یکنواخت با استفاده از مارپیچ شیب ثابت[۲۸] ۶۰۴

شکل ۳- ۱۳ روش جستجوی بردار K ۶۰۸

شکل ۳- ۱۴ تعاملات بخش نرم افزار ۷۰۱

شکل ۴- ۱ اعمال خطای نیم واحد بر روی مختصات رئوس مثلث ۸۰
شکل ۴- ۲ هیستوگرام اعمال خطای نیم پیکسل روی زاویه اول یک مثلث بزرگ ۸۱
شکل ۴- ۳ هیستوگرام اعمال خطای نیم پیکسل روی زاویه اول یک مثلث کوچک ۸۱
شکل ۴- ۴ عملکرد الگوریتم شناسایی بدون بعد در حضور خطای موقعیت نقاط روشن ۸۴
شکل ۴- ۵ عملکرد الگوریتم شناسایی عملیاتی در حضور خطای موقعیت نقاط روشن ۸۶
شکل ۴- ۶تصویرسازی آسمان با استفاده از ماتریس تبدیل ۸۸
شکل ۴- ۷ شبیه ساز تدوین شده برای تست الگوریتمهای شناسایی الگو ۹۰
شکل ۴- ۸ نمایی از نرم‌افزار شبیه سازی بعد از اجرا ۹۲
شکل ۴- ۹ خروجی نرم‌افزار شبیه سازی ۹۲
شکل ۴- ۱۰ عملکرد تابع PSF بر روی تصویر اصلی ۹۳
شکل ۴- ۱۱مقایسه شبیه ساز تدوین شده با آسمان شب ۹۳
شکل ۴- ۱۲ پاسخ صحیح الگوریتم شناسایی به شبیه ساز آسمان ۹۵
شکل ۴- ۱۳ میزان پاسخ غلط الگوریتم شناسایی به شبیه ساز آسمان ۹۶
شکل ۴- ۱۴ میزان عدم تشخیص الگوریتم شناسایی به شبیه ساز آسمان ۹۶
شکل ۴- ۱۵ پاسخ صحیح الگوریتم شناسایی به فریمهای دارای اجرام غیر ستاره ۹۷
شکل ۴- ۱۶ پاسخ غلط الگوریتم شناسایی به فریمهای دارای اجرام غیر ستاره ۹۷
شکل ۴- ۱۷ عدم پاسخ الگوریتم شناسایی به فریمهای دارای اجرام غیر ستاره ۹۸
شکل ۴- ۱۸ عکس شبیه سازی شده توسط شبیه ساز آسمان به فرم ۱۶ بیتی ۹۹
شکل ۴- ۱۹ عکس پردازش شده توسط الگوریتم پردازش تصویر ۹۹
شکل ۴- ۲۰ پاسخ صحیح الگوریتم شناسایی به اجرای مونت کارلو در حضور پردازش تصویر ۱۰۰
شکل ۴- ۲۱ پاسخ غلط الگوریتم شناسایی به اجرای مونت کارلو در حضور پردازش تصویر ۱۰۱
شکل ۴- ۲۲ عدم پاسخ الگوریتم شناسایی به اجرای مونت کارلو در حضور پردازش تصویر ۱۰۱
شکل ۴- ۲۳ میز مقدماتی تست نرم افزاری ۱۰۲
شکل ۴- ۲۴ شمایی از نرم افزارهای سامانه ستاره یاب نصیر ۱ ..... ۱۰۳
شکل ۴- ۲۵ میز تست نهایی به کمک دوربین نجومی SBIG ۱۰۳
شکل ۴- ۲۶ برد پردازنده DSP و شمای کلی سامانه ستاره یاب نصیر ۱ ..... ۱۰۴

فهرست جداول

جدول ۱- ۱ مقایسه حسگرهای وضعیت متداول ۸

جدول ۳- ۱ احتمال وجود حداقل ۵ ستاره در میدان دید ۴۹

جدول ۳- ۲ متوسط تعداد ستاره در میدان دید ۱۵ درجه ۵۲

جدول ۳- ۳ تعداد عناصر پایگاه داده روش بدون بعد ۵۶

جدول ۳- ۴ احتمال وجود حداقل ۴ستاره در میدان دید ۵۷

جدول ۳- ۵ حذف ستارگان دوتایی و تفاوت تعداد عناصر پایگاه داده ۶۰

جدول ۳- ۶ مقایسه تعداد عناصر پایگاه داده ۶۶

جدول ۳- ۷ مقایسه زوایای پایگاه داده مرجع ۱۱ و ستاره یاب نصیر ۱ ..... ۶۶

جدول ۳- ۸ بخشی از پایگاه داده تولیدی برای روش بدون بعد ۶۶

جدول ۴- ۱ خطای پردازش تصویر و عملکرد الگوریتم بدون بعد ۸۳

جدول ۴- ۲ تست منفرد نرم افزار شناسایی الگوی اصلاح شده ۸۵

جدول ۴- ۳ مقایسه زوایای مختلف توسط شبیه سازی های مختلف ۹۴

جدول ۴- ۴ تفاوت زاویه مثلث در اثر تصویر کردن بر روی صفحه تخت ۱۰۰

فهرست علائم و اختصارات

b_i	بردارهای بدنی یا بردارها در دستگاه تصویر
r_i	بردارهای اینرسی ستارگان در کاتالوگ آسمان
c	ماتریس تبدیل بین دو دستگاه بدنی و اینرسی
$w \equiv \{x, y, z\}^T$	بردار جهت ستاره
hσ	زاویه راس مخروط به مبدا ستاره در روش بازگشتی
K_{start} و K_{end}	محدوده شروع و پایان جستجوی در پایگاه داده
Focal Length (f)	فاصله کانونی
$\frac{FOV^\circ}{2}=\Theta$	نصف اندازه میدان دید
D	نصف قطر میدان دید مربعی
s(i)	عناصر یک آرایه که به منظور جستجو مرتب می‌شوند
αerror	محدوده بررسی روش جستجوی بردار k
N_x و N_y	عداد پیکسل در هر ردیف
FOV_x	اندازه میدان دید در جهت x در صورتیکه میدان دید مربعی نباشد
FOV_y	اندازه میدان دید در جهت y
α	بعد ستاره
α_0	بعد خط دید
δ	میل ستاره
δ_0	میل خط دید
ψ	زاویه میل بردار حسگر نجومی
θ	زاویه بعد بردار حسگر نجومی
φ	زاویه چرخش حول محور حسگر نجومی
η(x,y)	تابع نویز
f(α,β)	شی (منبع نقطه‌ای)
h(x,y;α,β)	تابع گستردگی نقطه‌ای
FOV(Field Of View)	میدان دید
INS(Inertial Navigation System	سیستم ناوبری اینرسی
GPS(Global Positioning System)	سیستم موقعیت یاب جهانی
CCD(charged Coupled Device)	ابزارهای بار جفت شده
Spherical polygon (SP-search)	روش چند ضلعی کروی
Point-spread function (PSF)	تابع گستردگی نقطه‌ای یا هاله نور

مقدمه

نیاز به تعیین موقعیت و وضعیت در خشکی، دریا، هوا و فضا سبب گردیده تا دانشمندان و متخصصان به توسعه دانش و فناوری ناوبری با استفاده از روش‌های مختلف بپردازند. از آن جمله می‌توان به روش‌های ناوبری اینرسی INS[1]، روش ناوبری با کمک سیستم موقیت‌یاب جهانی GPS و روش‌های ناوبری سماوی اشاره کرد. در این میان، روش‌های ناوبری نجومی بر مبنای مشاهده اجرام سماوی نظیر خورشید و ستاره‌ها توسعه یافته و جزء دقیق‌ترین روش‌های ناوبری می‌باشند.

با توجه به انباشتگی خطا در سیستم‌های اینرسی و کاهش دقت آنها در ماموریت‌های بلند مدت، استفاده از سیستم‌های تلفیقی به عنوان کمک ناوبری اجتناب ناپذیر است. استفاده از اطلاعات دقیق وضعیت سامانه ستاره یاب، نقش اساسی در کاهش خطاهای ناوبری اینرسی دارد. از اینرو فناوری ناوبری نجومی یا ستاره‌یاب یکی از فناوری‌های راهبردی در انجام موفق ماموریت‌های هوافضایی محسوب می‌شود. به دلیل پیچیدگی بالا، فناوری طراحی و ساخت سامانه ستاره‌یاب در انحصار چند کشور می‌باشد. در نتیجه با توجه به سند توسعه صنعت هوافضا در راستای دستیابی به تکنولوژی مذکور، دانشکده هوافضای

[1] Inertial Navigation System

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی اقدام به تعریف پروژه طراحی و ساخت سامانه ستاره‌یاب نصیر ۱ نمود.

به طور خلاصه، یک ستاره یاب به کمک دوربین نجومی و تجهیزات اپتیکی خود از فضای اطراف ماهواره که شامل ستارگان است یک عکس تهیه می‌کند. پس از پردازش عکس و استخراج اطلاعات آن، ستارگان ثبت شده در تصویر شناسایی می‌شوند. در ادامه الگوریتم تعیین وضعیت، با توجه به وضعیت ستارگان در دستگاه اینرسی و دستگاه دوربین اقدام به تعیین وضعیت ماهواره می‌نماید.

شناسایی ستارگان توسط الگوریتم‌های شناسایی الگو صورت می‌پذیرد. الگوریتم شناسایی الگو می‌بایست دارای خصوصیات اصلی زیر باشد:

۱ -درصد بالای شناسایی صحیح

۲ -سرعت شناسایی بالا مطابق با نیازمندی‌های سخت افزار سامانه مانند فرکانس به روز رسانی

۳ -پایگاه داده با حجم مناسب مطابق با نیازمندی‌های سخت افزار سامانه مانند حجم حافظه در اختیار

در این زمینه الگوریتم‌های متعددی توسعه یافته‌اند که با توجه به خصوصیات فوق هرکدام دارای مزایا و معایبی هستند که ممکن است کاربردهای عملیاتی آنها را با محدودیت مواجه سازد. در این میان الگوریتم شناسایی بدون بعد یکی از الگوریتم‌های جدید شناسایی الگوی ستاره می‌باشد که با توجه به شاخص‌های فوق مناسب به نظر می‌رسد. هدف از این پایان نامه پیاده سازی و اصلاح روش بدون بعد با در نظر گرفتن ملاحظات سامانه نصیر ۱ می‌باشد. در این راستا پایان نامه در چهار فصل سازمان یافته است.

فصل اول پایان نامه حاضر به مرور تاریخی سامانه‌های ستاره‌یاب و سیر تحول این سامانه تا به امروز می‌پردازد. در همین فصل کاربردهای مختلف سامانه مذکور و اجزای اصلی تشکیل دهنده آن نیز بررسی می‌شوند. در فصل دوم مروری بر الگوریتم‌های شناسایی الگوی ستاره انجام گرفته است و با اجتناب از

بیان معادلات ریاضی، سعی شده است مفهوم عملکردی آنها انتقال یابد. در فصل سوم الگوریتم شناسایی بدون بعد که الگوریتم مورد بررسی در پایان نامه حاضر می‌باشد توضیح داده شده و نکات طراحی که در این فاز باید مد نظر قرار گیرند من جمله اندازه کاتالوگ ستارگان، قدر مورد استفاده برای تولید پایگاه داده و حجم پایگاه داده بیان شده‌اند. همچنین در این فصل روند شناسایی آنلاین به کمک تعریف تست‌های مختلف شامل تست مونت کارلو بررسی شده و میزان مقاومت الگوریتم بدون بعد به خطاهای زاویه و سیستمی مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در فصل چهارم اصلاحیه پیشنهادی برای بهبود عملکرد الگوریتم شناسایی و بالا بردن نرخ شناسایی صحیح ارائه شده و عملکرد آن به صورت نرم افزار منفرد، نرم افزار در حلقه، سخت افزار در حلقه و پیاده سازی نهایی بر روی پردازنده سامانه ستاره یاب نصیر ۱ بررسی می‌شود.

فصل اول

سیر تحول سامانه‌های ستاره‌یاب

۱-۱ - مقدمه

موفقیت در یک ماموریت فضایی وابسته به عملکرد دقیق و بی نقص تک تک زیر مجموعه‌های آن است. این زیر مجموعه‌ها از بخش زمینی، پرتاب و قرارگیری ماهواره در مدار گرفته تا زیر سیستم‌های خود ماهواره را شامل می‌شوند. یکی از زیر سیستم‌های اصلی ماهواره بخش تعیین وضعیت در سیستم ناوبری می‌باشد. اما در ابتدا لازم است تعریف مختصری از ناوبری ارائه شود؛ کلمه NAVIGATION از ریشه یونانی NAVIGATIO به معنی دریانوردی یا فن هدایت کشتی‌ها گرفته شده است که کلمه NAVIS به معنی کشتی ریشه اصلی آن می‌باشد. اما تعریف امروزی و معاصر واژه‌ی ناوبری به فرآیند تعیین مکان، سرعت و وضعیت برای یک جسم متحرک اشاره دارد. با توجه به این تعریف، تعیین وضعیت ماهواره به روش‌های تعیین زوایای محور اصلی ماهواره با یک دستگاه مرجع (اینرسی و...) اطلاق می‌گردد که توسط حسگرهای مختلفی اندازه‌گیری و پردازش می‌شود. تنوع حسگرهای وضعیت در کاربردهای فضایی با توجه به کاربردهای مختلف آنها، بسیار زیاد است. به طور کلی در طراحی حسگرهای وضعیت تلاش می‌شود، دقت و قابلیت اطمینان تخمین وضعیت حول محورهای بدنی افزایش یافته و جرم، اندازه، انرژی مصرفی، تاخیر اندازه‌گیری وضعیت و قیمت تا حد امکان کاهش یابد. با این وجود همواره این امکان وجود ندارد که

تمامی این اهداف به طور همزمان برآورده شوند. از این رو بایستی بسته به نوع ماموریت و انتظاراتی که از سیستم تعیین وضعیت وجود دارد، از میان معیارهای مختلف انتخاب صورت گیرد. در حال حاضر روش-های ناوبری مختلف را می‌توان به پنج دسته کلی تقسیم بندی نمود:

- روش خلبانی[1] : در این روش ناوبری از شناسایی علائم زمینی جهت تعیین موقعیت و وضعیت استفاده می‌شود. این روش از ابتدای تاریخ مورد استفاده قرار گرفته است.
- روش محاسبه‌ای[2] : در این روش نقطه شروع مشخص است به علاوه اطلاعات جهت گیری و تخمینی از سرعت وجود دارد، بنابراین می‌توان نقطه فعلی را مشخص کرد. یکی از متداول‌ترین روش‌های مورد استفاده در این بخش روش ناوبری اینرسی است؛ در این روش با مشخص بودن موقعیت، سرعت، وضعیت اولیه و اندازه گیری سرعت‌های زاویه‌ای و شتاب‌ها در هر لحظه موقعیت، سرعت و وضعیت وسیله مشخص می‌شود. این روش تنها روش ناوبری است که به هیچ منبع خارجی نیاز ندارد
- روش ناوبری رادیویی : در این روش از امواج رادیویی با منبع مشخص جهت ناوبری استفاده می‌شود. این امواج می‌توانند منشأ زمینی یا فضایی داشته باشند.
- روش ناوبری سماوی (نجومی)[3] : در این روش از زمین و زوایای دید اجرام سماوی مشخص نظیر خورشید، ماه و ستاره ها استفاده می‌شود.

در اکثر سیستم‌های امروزی معمولاً سیستم ناوبری اینرسی به عنوان روش پایه بوده و از سایر روش‌ها جهت اصلاح آن استفاده می‌شود. تفاوت در روش‌های ناوبری از تفاوت در نوع حسگرها (سخت افزار) و تفاوت در الگوریتم‌ها (نرم‌افزار) ناشی می‌شود. در بخش بعدی به مرور انواع حسگرهای وضعیت می‌پردازیم.

---

1 - Pilotage
2 - Dead Reckoning
3 - Celestial