٣٠١٨٣

مرکز اطلاعات ... ایران

۱۳۷۹ /۵/ ۲۱

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی مکانیک

آنالیز طراحی ، کارآیی ، پایداری و کنترل یک هواپیمای بدون سرنشین

حمید علی مددی

۷۳۴۷

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استاد راهنما : آقای دکتر نصیری

زمستان ۱۳۷۸

۳۰۱۸۳

چکیده

در این پروژه مطالعه و بررسی طراحی یک هواپیمای بدون سرنشین مورد نظر است . ماموریت این هواپیما ، شناسایی و حمله به اهداف معین تعریف شده است . این پژوهش شامل طراحی اولیه ، انجام آنالیزهای آیرودینامیکی ، عملکرد ، پایداری و کنترل می‌باشد .

در بخش طراحی اولیه ، وزن تخمینی هواپیما ، مساحت بال و قدرت موتور آن بدست آمد و مشخصات هندسی و ممانهای اینرسی هواپیما محاسبه شد . در قسمت آنالیز آیرودینامیکی ، ضرایب آیرودینامیکی و مشتقات پایداری و کنترلی با استفاده از مراجع مربوطه و همچنین نرم افزار محاسبه گردید و نتایج آنها مقایسه شد . در بخش عملکرد نیز سرعتهای مختلف هواپیما ، نرخ اوج گیری ، برد و تداوم پروازی ، سقف پرواز و دیاگرام V-n از روش دستی و نرم افزار محاسبه و نتایج آنها مقایسه گردید . در بخش پایداری و کنترل ، در پایداری استاتیکی محدوده مجاز تغییر مرکز ثقل ، شرایط تریم و همچنین در پایداری دینامیکی توابع تبدیل ، معادلات مشخصه و ریشه های آنها در شرایط پروازی کروز و شیرجه محاسبه شد و سپس هواپیما از نظر کیفیتهای پروازی مورد بررسی قرار گرفت .

بطور کلی مطالعات و بررسی های انجام شده ، نتایج رضایتبخشی را در طراحی این هواپیما داشته است (نتایج بصورت جدول و نمودار در ضمائم پیوست شده است) در آخر نیز پیشنهاداتی جهت بهینه شدن و تکمیل هواپیما ارائه شده است .

تقدیر و تشکر

منت خدای را عز و جل که توفیق کسب علم و دانش عطا نمود و مقام و جایگاهمان را رفیع گردانید ، انشاءا... ما را در زمرهٔ اهل ایمان و تقوی نیز قرار دهد .

امیدوارم این علم و ایمان حرکتمان در جهت تقرب به ذات اقدس الهی را سریعتر و خالصانه تر نماید .

بر خود لازم میدانم نهایت سپاس و قدردانی خویش را از خدمات ارزنده جناب آقای دکتر محمد نصیری استاد راهنما که در مراحل تحقیق و تحلیل و پیشبرد پروژه راهگشای اینجانب بوده‌اند ابراز نموده و موفقیت و بهروزی روز افزون ایشان را از خداوند متعال خواستارم .

هممچنین از همکاری و مساعدت مسئولین محترم صنایع هوایی ، دوستان گرامی جناب آقای مهندس علی صلح میرزایی و جناب آقای مهندس سید مسعود حسینی پور که در انجام پروژه بنده را یاری نموده‌اند سپاسگزارم و از زحمات بی شائبه پدر و مادر و همسر مهربانم که همواره در این راه مرا پشتیبان بوده اند قدردانی می‌نمایم .

زمستان ۱۳۷۸

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه

بخش اول :

فصل ۱) مأموریت هواپیما ۱

۱-۱) بررسی و مطالعه نوع ماموریت هواپیما ۱

۱-۲) عملکرد مورد نیاز (درخواست شده) ۳

۱-۳) نحوه برخاست و نشست ۴

فصل ۲) هواپیماهای مشابه و طراحی اولیه ۵

۲-۱) مقدمه ۵

۲-۲) تخمین اولیه وزن حداکثر برخاستن ۶

۲-۳) تخمین مساحت بال و قدرت موتور ۷

۲-۴) تخمین اولیه پسای قطبی ۱۰

فصل ۳) مشخصات هندسی و اینرسی هواپیما ۱۱

۳-۱) مقدمه ۱۱

۳-۲) مشخصات هندسی بال ۱۲

۳-۳) مشخصات هندسی سطوح عمودی نوک بال ۱۵

۳-۴) مشخصات هندسی بدنه ۱۶

۳-۵) وزن و ممانهای اینرسی هواپیما ۱۷

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل ۴) ضرایب آیرودینامیکی وتراست ۱۹

۴-۱) مقدمه ۱۹

۴-۲) ضریب برآی هواپیما ۲۰

۴-۳) ضریب ممان پیچشی هواپیما ۲۲

۴-۴) پسای قطبی هواپیما ۲۴

۴-۵) ضرایب آیرودینامیکی در حالت دائمی ۲۷

فصل ۵) موتور (انتخاب ، چیدمانی و محاسبات کارآیی) ۲۸

۵-۱) مقدمه ۲۸

۵-۲) انتخاب موتور ۲۹

۵-۳) محل نصب موتور ۳۰

۵-۴) پارامترهای کارآیی موتور ۳۱

فصل ۶) عملکرد و کارآیی هواپیما ۳۴

۶-۱) مقدمه ۳۴

۶-۲) تعیین پارامترهای کارآیی از روش محاسبه دستی ۳۶

۶-۳) تعیین کارآیی با استفاده از کد کامپیوتری ۳۸

۶-۴) مقایسه روشهای بکاررفته در تعیین کارآیی هواپیما ۴۱

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل ۷) پایداری و کنترل هواپیما ۴۲

۷-۱) مقدمه ۴۲

۷-۲) مشتقات پایداری و کنترل ۴۵

۷-۳) پایداری استاتیکی ۴۹

۷-۴) پایداری دینامیکی ۵۴

۷-۵) کیفیتهای پروازی ۷۰

فصل ۸) بحث و نتیجه گیری ۷۶

مراجع ۸۰

فهرست تصاویر و جداول

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) شمای کلی مأموریت هواپیما ۲
جدول (۱-۱) مشخصات عملکرد مورد نیاز هواپیما ۳
جدول (۱-۲) جدول عمومی Preliminary Sizing ۷
شکل (۲-۲) دیاگرام تطبیق هواپیما ۸
جدول (۱-۳) مشخصات هندسی بال ۱۲
شکل (۱-۳) نمایش ایرفویلهای بال ۱۴
جدول (۲-۳) مشخصات هندسی سطوح عمودی نوک بال ۱۵
جدول (۳-۳) مشخصات هندسی بدنه ۱۶
جدول (۵-۳) وزن اجزاء و موقعیت مرکز ثقل هواپیما ۱۷
جدول (۱-۴) خصوصیات شرایط پروازی ۱۹
شکل (۱-۴) تغییرات ضریب برآ بر حسب زاویه حمله ۲۱
شکل (۲-۴) نمودارهای Cm - Cl هواپیما ۲۳
شکل (۶-۴) سهم اجزای هواپیما در پسای کل ۲۵
شکل (۷-۴) مقایسه نتایج حاصل از روشهای بکار رفته در تعیین پسا ۲۶
جدول (۳-۴) ضرایب ایرودینامیکی در حالت دائمی ۲۷
شکل (۱-۵) نمودار تغییرات توان موتور بر حسب ارتفاع ۳۲
شکل (۲-۵) نمودار تغییرات توان موتور بر حسب سرعت ۳۲
شکل (۳-۵) نمودار تغییرات مصرف ویژه سوخت بر حسب ارتفاع ۳۲
جدول (۱-۵) مشخصات ملخ موتور ۳۳
شکل (۱-۶) نمودار v - n هواپیما ۳۶
جدول (۱-۶) پارامترهای کارآیی از روش محاسبه دستی ۳۷
شکل (۲-۶) نمودارهای کارآیی هواپیما ۳۹
جدول (۱-۷) مشتقات پایداری و کنترلی طولی هواپیما ۴۶
جدول (۲-۷) مشتقات پایداری و کنترلی عرضی - سمتی هواپیما ۴۸
جدول (۳-۷) مقادیر مشتقات متناظر با معیارهای پایداری استاتیکی ۴۹
جدول (۴-۷) جدولهای معادلات طولی هواپیما در حالت کروز ۵۰
جدول (۵-۷) جدولهای معادلات طولی هواپیما در حالت شیرجه ۵۱

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۷) تعیین عقب ترین مکان مجاز برای CG ۵۲
شکل (۲-۷) تعیین جلو ترین مکان مجاز برای CG ۵۲
جدول (۶-۷) ضرایب توابع تبدیل طولی و معادله مشخصه در حالت کروز ۵۵
جدول (۷-۷) ضرایب توابع تبدیل طولی و معادله مشخصه در حالت شیرجه ۵۶
جدول (۸-۷) خصوصیات مدهای طولی هواپیما ۵۷
شکل (۳-۷) پاسخهای زمانی به ورودی پالس الویتور در حالت کروز ۵۸
شکل (۴-۷) پاسخهای زمانی به ورودی پالس الویتور در حالت شیرجه ۵۹
جدول (۹-۷) ضرایب توابع تبدیل عرضی - سمتی و معادله مشخصه در حالت کروز ۶۱
جدول (۱۰-۷) ضرایب توابع تبدیل عرضی - سمتی و معادله مشخصه در حالت شیرجه ۶۲
جدول (۱۱-۷) خصوصیات مدهای عرضی - سمتی هواپیما ۶۴
شکل (۵-۷) پاسخهای زمانی به ورودی پالس ایلرون در حالت کروز ۶۶
شکل (۶-۷) پاسخهای زمانی به ورودی پالس ایلرون در حالت شیرجه ۶۷
شکل (۷-۷) پاسخهای زمانی به ورودی پالس رادر در حالت کروز ۶۸
شکل (۸-۷) پاسخهای زمانی به ورودی پالس رادر در حالت شیرجه ۶۹
جدول (۱۲-۷) طبقه بندی هواپیما از نظر کیفیت پروازی ۷۰
جدول (۱۳-۷) مقادیر تغییرات الویتور نسبت به سرعت هواپیما ۷۱
جدول (۱۴-۷) مقادیر تغییرات الویتور نسبت به ضریب برآ هواپیما ۷۱
جدول (۱۵-۷) کیفیتهای پروازی برای مدهای طولی ۷۲
جدول (۱۶-۷) ضریب میرایی مد فوگوید ۷۲
جدول (۱۷-۷) ضریب میرایی مد شورت پریود ۷۳
جدول (۱۸-۷) کیفیتهای پروازی مد اسپیرال ۷۳
جدول (۱۹-۷) زمان دامنه برای مد اسپیرال ۷۳
جدول (۲۰-۷) کیفیتهای پروازی مد رول ۷۴
جدول (۲۱-۷) ثابت زمانی مد رول ۷۴
جدول (۲۲-۷) کیفیتهای پروازی مد داتچرول ۷۵
جدول (۲۳-۷) مشخصات مد داتچرول ۷۵
شکل (۱-۸) نمایش ترکیب بندی هواپیمای Dar ۷۷
شکل (۲-۸) نمایش ترکیب بندی هواپیمای Harpy ۷۷
شکل (۳-۸) نمایش ترکیب بندی هواپیمای Lark ۷۸
شکل (۴-۸) نمایش ترکیب بندی هواپیمای Marula ۷۸

مقدمه:

بزرگترین مشکل در اجرای عملیات هوایی هواپیماهای سرنشین دار که آنرا محدود کرده است توسعه و پیشرفت سیستم های پدافندی است که به کنترل آتش راداری پیشرفته و یا موشکهای هدایت پذیر مجهز گشته اند . هواپیماهای بدون سرنشین با جثه کوچک و قدرت نفوذ بالا می توانند مکملی برای هواپیماهای سرنشین دار در اکثر عملیاتها باشند . پس از جنگ جهانی دوم ، توسعه صنعت هواپیمای بدون سرنشین و رشد روزافزونی داشته است . بطوریکه در دهه ۸۰ و بعد از آن پیشرفتهای قابل توجهی را مشاهده می‌کنیم . یکی از عوامل مهم در توسعه ، تجربیات بدست آمده در عملیاتهای بدست آمده در عملیاتهای نظامی و غیر نظامی می‌باشد . بعنوان مثال تکامل ساختاری و عملیاتی برخی از هواپیماهای بدون سرنشین معروف در جهان مانند ... , Pioneer مرهون همسویی تحقیق و تجربیات علمی و عملی بدست آمده در عملیاتها میباشد .

همچنین تجربیاتی که نیروهای چند ملیتی در جنگ خلیج فارس در کاربرد این نوع هواپیماها چه برای ماموریت شناسایی و چه بعنوان طعمه برای گمراهی سیستم پدافند هوایی عراق بدست آوردند،نشان می‌دهد که این هواپیماها بیش از آنچه از آنها انتظار میرفت ، کارآمد می‌باشند .

به همین دلیل است که در سالهای اخیر بعضی ازکشورها بخش قابل توجهی از بودجه نظامی خود را به توسعه و تکامل این هواپیماها اختصاص داده اند . در این خصوص طی دهه ۱۹۹۸-۱۹۸۹ حدود ۱۵/۶ میلیارد دلار سرمایه گذاری شده است که ۸۰ ٪ سرمایه گذاری در این صنعت متعلق به آمریکاست .

اخیرا" انواع جدیدی از UAV ها با ماموریت های جدید و منحصر به فرد پدید آمده و توسعه یافته اند . UAV های جدید به تناسب ماموریتهایی که انجام میدهند دارای پیکر بندی (Configuration) و خصوصیات آیرودینامیکی ویژه‌ای هستند . یک نوع از این ماموریتها ، انهدام

سیستم های راداری و بطورکلی از بین بردن اهداف خاصی که دارای تشعشع الکترو مغناطیسی هستند ، می‌باشد .

در این حالت هواپیما پس از هدایت به مرکز تجمع دشمن و گشت در منطقه و یافتن مرکز تشعشع راداری ، قادر خواهد بود سیستم قفل کننده آنتن را روی رادار قفل کرده و بطور مستقیم به طرف آنتن دار حمله کند . از جمله UAV هایی که قادر به انجام یافتن ماموریتی هستند میتوان UAV های SAGEM Marula , Harpy , Lark , DAR را نام برد . این UAV ها را بطورکلی UAV های ضد تشعشع (Anti - Radiation UAV) می‌نامند .

در این رابطه پروژه «آنالیز طراحی ، عملکرد و پایداری وکنترل یک هواپیمای بدون سرنشین بعنوان پروژهٔ کارشناسی ارشد اینجانب تعریف گردید .

مطالب این پروژه در ۲ بخش سازماندهی و تنظیم شده است :

فصلهای اصلی شامل ۸ فصل و ضمائم که ضمیمه A تا K را در بر می‌گیرد .

محاسبات انجام شده همگی در ضمائم آورده شده اند و فصل های اصلی فقط شامل نتایج می‌باشند .

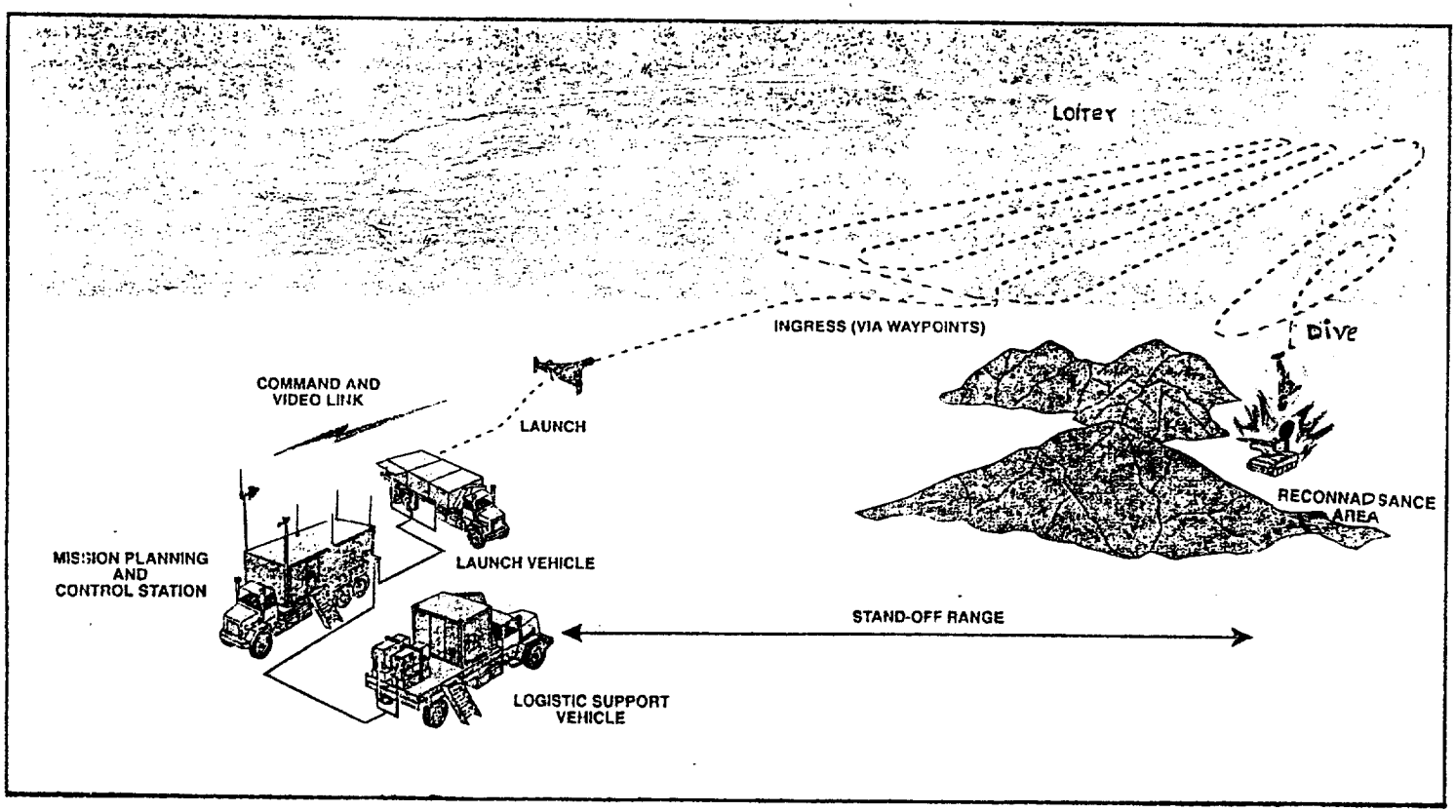
در فصل اول ماموریت هواپیما توضیح داده شده است . در فصل دوم هواپیماهای مشابه و طراحی اولیه ارائه شده است . فصل سوم به مشخصات هندسی مورد نیاز برای آنالیز آیرودینامیکی و پایداری اختصاص یافته و در فصل چهارم ضرایب آیرودینامیکی و تراست هواپیما از روشهای مختلف مورد بررسی و محاسبه قرارگرفته است . در فصل پنجم به مسائل مربوط به موتور پرداخته شده و در فصل ششم عملکرد وکارآیی هواپیماارائه گردیده است .فصل هفتم مربوط به پایداری وکنترل هواپیما بوده که به بررسی پایداری استاتیکی و دینامیکی و تعیین مودهای پروازی پرداخته شده است . در فصل هشتم جمع بندی کلی هواپیما و پیشنهاداتی جهت تغییراتی در ترکیب شکل هواپیما آورده شده است .

فصل اول :
مأموریت هواپیما

۱-۱) بررسی و مطالعه نوع مأموریت هواپیما:

مأموریت هواپیمای « شاهین » شناسایی هدف و تهاجم به آن (Strike & Expendable Drone) تعریف شده است. هواپیمای « شاهین » که مجهز به سیستم دوربین تلویزیونی و یا« Radar Seeker » است ، می‌بایست مأموریت تعریف شده یعنی پرتاب اوج‌گیری ، گشت‌زنی ، یافتن هدف، شیرجه به سمت آن و در نهایت نابودی هدف را به انجام برساند.

شکل (۱-۱) شمای کلی مأموریت (mission) هواپیمای « شاهین » را نشان می‌دهد.



شکل(۱-۱) شمای کلی مأموریت هواپیمای « شاهین »

۲-۱)عملکردموردنیاز:

جهت شروع طراحی نیاز به یک سری اطلاعات اولیه داریم. این اطلاعات که درواقع خواسته‌های مشتری یا سفارش دهنده هواپیماست عبارتند از :

۱ - مشخصه های کارآیی مانند :

- مداومت پروازی

- برد

- حداکثر سرعت، سرعت گشت‌زنی و سرعت واماندگی

- شدت اوج‌گیری

- سقف پرواز

۲ - بار مفید قابل حمل

۳ - الزامات ویژه مانند مانور خاص یا ...

مشخصات عملکرد هواپیمای « شاهین » به شرح ذیل تعریف شده است :

جدول (۱-۱) مشخصات عملکرد مورد نیاز « شاهین »

1	Endurance	40 ~ 60 min
2	Range	5 Km
3	Ceiling	7000 ft
4	Climb	300 ft/min
5	Maximum Speed	180 Km/hr
6	Cruise Speed	140 Km/hr
7	Stall Speed	80 Km/hr
8	Payload weight	8.8 Kg

۳-۱)نحوه برخاست و نشست :

در حالت معمول نحوه برخاست (Take - Off) هواپیما به صورتهای زیر امکان پذیر است :

۱ - حرکت بر روی باند و بلند شدن هواپیما که این حالت به دو شکل انجام می‌گیرد

الف - توسط ارابه فرود یا چرخ Landing gear

ب - ترولی Trolly

این حالت احتیاج به طول باند مورد نیاز جهت برخاستن و تجهیزات جانبی دارد . لذا مناطق کوهستانی و زمینهای ناهموار برای این حالت برخاستن هواپیما نامناسب و غیر ممکن است.

۲ - پرتاب توسط پرتاب کننده (Launcher) که با فشار هوا صورت می‌گیرد (ریل شیبدار به طول حدودا" ۱۰ متر). به خاطر طویل بودن ریل . جابجایی آن سهل و آسان نیست .

۳ - پرتاب به کمک موشکهای تقویت کننده (JATOS or Jet - Assisted Take-Off System) در این حالت هواپیما ممکن است از روی ریل یا بدون استفاده از ریل (ریل صفر) پرتاب گردد.

نحوه نشست (Landing) یا بازیافت (Recovery) هواپیما نیز (البته به غیر از هواپیماهای انتحاری و یکبار مصرف) توسط ارابه فرود یا چتر (Parachute) و یا به کمک تور هوایی انجام می‌پذیرد.