

باسمه تعالی

پيشنهادة پایان‌نامة کارشناسی ارشد رشتة هوافضا......گرایش دینامیک پرواز و کنترل...... دانشکدة فنی و مهندسی

# عنوان پژوهش:

|  |  |
| --- | --- |
| **1-فارسی:** | تدوین روندنمای طراحی پهپاد ملخ در مجرا و بهینه‌سازی سامانه‌ی پیشرانش آن |
| **2-انگلیسی:** | Compilation of the design algorithm of the ducted propeller drone and optimization of its propulsion system |

# مشخصات دانشجو:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **نام و نام خانوادگی** | **شماره دانشجويي** | **رشته و گرايش** | **امضا** |
| سیدرضا میربهبهانی | 2110752610 | دینامیک پرواز و کنترل |  |

# مشخصات استادان راهنما و مشاور:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| رديف | **نام و نام خانوادگی** | **دانشگاه و گروه آموزشی/ سایر مؤسسات** | **تخصص** | **راهنما یا مشاور** | **امضا** |
|  | نوربخش فولادی | دانشگاه اصفهان / مکانیک | هوافضا | راهنما | Emza.jpg |

# ثبت پيشنهاده در ايرانداک:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **نوع ثبت** | **شماره نامة گواهی ثبت** | **تاريخ نامة گواهی ثبت** |
| **همانندجویی** |  |  |
| **ثبت نهايي** |  |  |

# هدفمندسازی پایان‌نامه و رساله:

|  |  |
| --- | --- |
| **كد ماموریت پژوهشي استاد راهنما** | **عنوان ماموریت پژوهشي استاد راهنما** |
|  | طراحی وسایل پرنده |
| **سازمان حمايت كننده** | **نوع حمايت یا شماره و مبلغ قرارداد** |
|  |  |

# شناسه اخلاق در پژوهش:

نیاز دارد  نیاز ندارد 

در صورت نیاز به شناسه اخلاق، بلافاصله پس از تصویب پیشنهاده در گروه، اقدام شود.

# نوع تحقيق:

1-بنیادی  2-توسعه‌ای 3-کاربردی 

# کليد واژه‌ها:

**فارسی انگلیسی**

1- پهپاد ملخ در مجرا

Ducted fan drone

2- روندنمای طراحی پهپاد

UAV design algorithm

3- بهینه‌سازی

optimization

4- بهبود عملکرد سامانه پیشرانش

Improvement of propulsion system performance

# مسالة پژوهش:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **د-1- مقدمه**  در طول تاریخ پرواز و توسعه هواگردها، با توجه به پیشرفت ملخاوری و با هدف به روزرسانی و پاسخ گویی به نیازهای روز، روش‌های جدیدی برای پرواز هواگردها توسعه داده شده است که این روش‌های جدید امکان بهره‌گیری از هواگردها در ماموریت‌های جدید را فراهم کرده است. یکی از پیشرفت‌های مهم در توسعه صنعت هواگردها، طراحی و ساخت پرنده‌های بی‌سرنشین است. از دیدگاه تاریخی اولین پرنده بی‌سرنشین در آغاز جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفته است. به دلیل این که استفاده از پرنده‌های بی‌سرنشین به طور چشمگیری مورد استقبال قرار گرفت، با تغییرات ملخاوری و پیشرفت آن، تا به امروز انواع مختلفی از پرنده‌های بی‌سرنشین برای انجام ماموریت‌های مختلف ساخته شده است. از جمله ماموریت‌هایی که پرنده‌های بی‌سرنشین برای آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان به مواردی نظیر کاربردهای نظامی همچون جاسوسی، دیده‌بانی، پشتیبانی، تهاجی و کاربردهای غیر نظامی نظیر عکس‌برداری هوایی، حمل و نقل سریع‌تر بسته‌های پستی وغیره اشاره کرد. از مهمترین مزیت‌های پرنده‌های بی‌سرنشین می‌توان به بالا بودن مانورپذیری، کاهش هزینه‌های عملیاتی، وزن سبک، کم شدن سطح مقطع راداری، مداومت زیاد در پرواز، عدم نیاز به نیروی انسانی و خدمه در داخل پرنده و غیره اشاره کرد[1].  در طول زمان با تغییر نیازهای عملیات و همچنین اجرای ماموریت در محیط‌های مختلف، منجر به شکل‌گیری نیازمندی‌های جدید در نحوه اجرای ماموریت شده است. یکی از موضوعات کلیدی، نحوه نشست و برخاست و نوع پرواز هواگردها در حین انجام ماموریت می‌باشد. به طور کلی، هواگردها را می‌توان از نقطه نظر نوع پرواز به دو بخش کلی دسته‌بندی کرد که عبارتند از: هواگردهای بال ثابت[[1]](#footnote-1) و هواگردهای با قابلیت انجام پرواز ایستا[[2]](#footnote-2) و برخاست و نشست عمودی[[3]](#footnote-3)[2].  عامل اصلی پرواز در هواگردهای بال ثابت، نیروی برآی ایجاد شده به کمک بال پرنده می‌باشد. مزیت اصلی بهره گیری از این نوع هواگردها، مداومت پروازی بالا، امکان پرواز با سرعت بیشتر، امکان پرواز در ارتفاع بالاتر و توانایی حمل محموله با وزن بالاتر می‌باشد. اما نقطه ضعف اصلی این هواگردها را می‌توان در نیاز به سرعت اولیه برای شکل‌گیری نیروی برآ بر روی بال دانست. سرعت اولیه مورد نیاز، می‌تواند به وسیله حرکت روی باند، استفاده از سکوی پرتاب و در بعضی موارد محدود، با پرتاب به صورت دستی ایجاد شود. از سوی دیگر در فرآیند نشست این نوع هواگردها نیز باید از تجهیزات ویژه‌ای مانند باند پرواز و یا تور استفاده کرد. بدیهی است که نیاز به تجهیزات اضافی برای نشست و برخاست این هواگردها، مستلزم صرف هزینه‌های بیشتر و ایجاد محدودیت‌های بیشتر در اجرای ماموریت می‌باشد[3].  در مقابل، هواگردهای با قابلیت پرواز ایستا مانند بالگردها، توسط ایجاد نیروی تراست به کمک موتور، نیروی لازم جهت برخاست را ایجاد می‌کنند. مزیت اصلی استفاده از این نوع هواگردها، امکان برخاستن و نشستن به صورت عمودی و همچنین پرواز ایستا است. این مزیت در برخی از ماموریت‌های پروازی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. استفاده از این نوع هواگردها در محیط‌هایی با فضای محدود مانند محیط‌های شهری، امکان پذیر می‌باشد. هواگردها با قابلیت پرواز ایستا را می‌توان بر اساس تعداد ملخ‌های آن‌ها به مدل‌های تک ملخ، دو ملخ، چهار ملخ، هشت ملخ و غیره دسته‌بندی کرد[4].  امروزه با پیشرفت‌هایی که در طراحی هواگردهای VTOL رخ داده است، حتی مداومت پروازی آن‌ها بیشتر از هواگردهای بال ثابت شده است. همچنین سرعت پرواز و ارتفاع پرواز و میزان حمل محموله توسط آن‌ها نیز افزایش چشمگیری داشته است. دلیل اصلی این امر را می‌توان در تولید نیروی لازم توسط موتور و صرف انرژی بیشتر دانست.  همان طور که در بالا نیز عنوان شد، پهپادهای دارای ملخ، نوعی وسیله نقلیه هوایی بی‌سرنشین[[4]](#footnote-4) (پهپاد) یا وسیله نقلیه هوایی میکرو[[5]](#footnote-5)MAV) ) هستند که قابلیت برخاست و فرود عمودی را دارد. این وسیله دارای کاربردهای گسترده‌ای مانند نظارت و شناسایی در زمینه نظامی، نظارت بر ترافیک و تشخیص آلودگی در زمینه صنعتی، نقشه‌برداری هوایی و تحول در زمینه زندگی روزمره[1-3]، و غیره می‌باشد. همچنین استفاده از این نوع هواگردها در عملیات عمرانی و تحقیقات دانشگاهی بسیار چشمگیر بوده است. علت اصلی آن را می‌توان در مزایای این نوع هواگرد جست و جو کرد. از جمله این مزایا می‌توان به جابجایی آسان، وزن کم، مداومت پروازی بالا، هزینه و قابلیت مانور اشاره کرد[4،5]. به منظور انجام ماموریت‌های مختلف به صورت فوق العاده، داشتن برخی ویژگی‌ها از جمله بازده بالا، پایداری، قابلیت مانور، مدت زمان پرواز هوایی و غیره برای این هواپیما ضروری است. مطالعات تحقیقاتی زیادی بر روی بالگردهای چند روتوره انجام شده است که با نیروی بالابری و بهبود کارایی آن، در روش طراحی و بهینه‌سازی پره‌ها [6]، طراحی ملخ‌های همپوشاننده در ارتفاعات مختلف [7] و طراحی مولتی‌روتور با روتورهایی با فاصله نوک زیاد [8]، شیب [9] یا شرود[10-12] مرتبط است.  در اغلب طراحی‌های قبلی از ملخ بر روی بدنه هواگرد استفاده شده است. اما در سال‌های اخیر، ایده استفاده از ملخ هواگرد در داخل مجرا مطرح شده است. بررسی‌های انجام شده نشان دهنده این موضوع است که استفاده از ملخ درون مجرا می‌تواند تاثیر مثبتی بر روی عملکرد هواگرد، افزایش مسافت پروازی، افزایش سرعت پرواز، افزایش ارتفاع پرواز و شکل‌گیری نیروی تراست داشته باشد. هر چند این موضوع در سال‌های اخیر مطرح شده است و پژوهش‌های بسیار کمی بر روی آن صورت گرفته است، اما در همین پژوهش‌ها نیز تاثیر مثبت مجرا بر عملکرد ملخ اثبات شده است.  **د-2- انواع پهپاد عمود پرواز و ساختار آن‌ها**  در حالت کلی پهپادهای عمود پرواز را می‌توان به دو دسته پهپادهای خودگردان و هدایت از دور دسته‌بندی کرد.  در نوع خودگردان هیچ نیازی به دخالت انسان نیست و پهپاد پیش از عملیات برنامه‌ریزی می‌شود و بدون نیاز به دخالت انسان یا صدور فرمان حین عملیات، پهپاد عمل می‌کند. اما در مورد پهپادهای هدایت از دور، خلبان بر روی زمین قرار دارد و به صورت مستقیم و یا از طریق نمایشگر و یا حتی عینک‌های هوشمند به بررسی مسیر و کنترل پهپاد می‌پردازد. در دسته‌بندی دیگری می‌توان پهپادهای عمود پرواز را به دو دسته دم نشین و غیر دم نشین طبقه بندی کرد.  نمونه‌ای از پهپادهای دم نشین با ملخ محصور را می‌توان در شکل (1) مشاهده کرد. لازم به ذکر است که از دیدگاه دیگر می‌توان این پرنده‌ها را به دو دسته ملخ محصور و بدون ملخ محصور نیز تقسیم بندی کرد.    شکل1. پهپادهای دم نشین با ملخ محصور[3-1]    دو نمونه دیگر از پهپادهای دم نشین بی‌سرنشین و عمود پرواز و بدون ملخ محصور را می‌توان در شکل (2) مشاهده کرد.    شکل2. نمونه‌های دیگری از پرنده‌های دم نشین [5,4]  پهپادهای عمود پرواز غیردم نشین از تنوع و گستردگی بیشتری برخوردار هستند و بر اساس نوع قرارگیری ملخ‌ها و هندسه پهپاد می‌توان آن‌ها را به دسته‌های هواپیماگونه، بالگردگونه و کوپترها تقسیم‌بندی کرد.  لازم به ذکر است که در دسته‌بندی دیگری می‌توان هر یک از موارد ذکر شده را به دو دسته ملخ محصور و بدون ملخ محصور تقسیم بندی کرد. در شکل (3) می‌توان نمونه‌ای از پهپادهای غیردم نشین بی‌سرنشین و بدون ملخ محصور، از نوع بالگرد گونه را مشاهده کرد.    شکل3. نمونه‌ای پهپاد بالگرد گونه بدون ملخ محصور [7]  همچنین نمونه پهپادهای غیر دم نشین هواپیماگونه بدون ملخ محصور در شکل (4) نشان داده شده است.    شکل4. پهپاد بی‌سرنشین عمود پرواز بدون ملخ محصور از نوع هواپیماگونه[6]  کوپترها نیز بر اساس تعداد ملخ‌ها به دسته‌های مختلف دو، سه چهار، پنچ و ... ملخ تقسیم می‌شوند. در شکل (5) می‌توان نمونه‌ای از یک کواد کوپتر(کوپتر با 4 ملخ) نوع عمود پرواز بی‌سرنشین و بدون ملخ محصور را مشاهده کرد.    شکل5. نمونه‌ای کوادکوپتر بدون ملخ محصور[8]  همچنین پهپادها با ملخ در مجرا را می‌توان از دیدگاه دیگری نیز دسته‌بندی کرد. از لحاظ تعداد پره‌های در مجرا می‌توان آن‌ها را به دسته‌های دو، سه و یا چهار پره دسته‌بندی کرد.  از دیدگاه تعداد ملخ‌های در مجرای استفاده شده بر روی بدنه پهپاد نیز می‌توان آن‌ها را به دو ملخه، سه ملخه، چهار، پنچ، شش و بیشتر تقسیم بندی کرد. در اصطلاح به نوع چهار ملخه، کوادکوپتر گفته می‌شود.  images  شکل7. نمونه‌ای از یک پرنده بی‌سرنشین با ملخ محصور از نوع غیردم نشین با چهار ملخ محصور[7]  پهپادهای با ملخ محصور از قسمت‌های اصلی بدنه، ملخ محصور در مجرا، سامانه کنترل، تجهیزات جانبی، موتور، ملخ، مکانیزم سازه و غیره ساخته می‌شوند. بدنه اصلی بسته به ماموریت پروازی وسیله، می‌تواند در هندسه‌های مختلف ساخته شود. ملخ محصور در مجرا نیز از لحاظ تعداد پره و یا تعداد ملخ‌های محصور در مجرای نصب شده بر روی بدنه اصلی متفاوت هستند.  در نهایت از یک دیدگاه دیگر می‌توان پهپادها را از نظر ماموریت پروازی به دو دسته نظامی و غیرنظامی تقسیم کرد. در شکل(7) می‌توان دسته‌بندی کاملی از هواگردهای فوق‌الذکر را مشاهده کرد.  شکل7. دسته‌بندی انواع هواگردها  **د-3- معرفی پارامترهای طراحی**  به طور کلی با توجه به پیچیدگی فرآیند طراحی پهپادها، پارامترهای طراحی متعددی در طراحی دخیل می‌باشند که هر یک از این پاارمترها مرتبط با یک زیرسامانه از پهپاد است. برای مثال در زمینه سامانه کنترل پهپاد، پارامترهای طراحی مربوط به کنترل‌کننده با توجه به نوع کنترل‌کننده مطرح می‌شود. و یا در زمینه سازه بدنه با توجه به پارامترهای آیرودینامیکی، ضرایب برآ و پسآ مطرح می‌شوند. و یا در مورد موتور مورد استفاده در پهپاد، پارامترهای عملکردی موتور نظیر سرعت دوران، بازده موتور و غیره مطرح می‌شود. اما تمرکز اصلی در پژوهش حاضر بر روی ملخ‌های محصور می‌باشد. از این رو باید پارامترهای طراحی مربوط به ملخ‌های محصور را مد نظر قرار داد. اولین پارامتر طراحی در این مورد، هندسه پره‌های ملخ، تعداد پره‌های ملخ، طول وتر ملخ، زاویه حمله و زاویه دم ملخ، زاویه چرخش ملخ، فاصله نوک پره تا مجرا پیرامون آن، ضخامت مجرا، وزن و جنس ملخ، زبری سطح پره، سرعت دوران پره، ضریب برآ و پسآی پره، موقعیت قرارگیری، جهت چرخش ملخ، زاویه باز شدن و بسته شدن مجرا و غیره می‌باشد. بدیهی است که بررسی تمامی این پارامترها در یک پژوهش امکان پذیر نمی‌باشد.  از این رو در پژوهش حاضر، هدف توسعه روندنمای طراحی برای پهپادهایی که ملخ آن‌ها در داخل مجرا قرار می‌گیرد با هدف بهینه‌سازی سامانه پیشرانش پهپاد می‌باشد. در این طراحی پارامترهای بسیاری دخیل می‌باشند که از جمله آن‌ها می‌توان به وزن مجرا، هندسه مجرا، ارتفاع مجرا، فاصله ملخ از مجرا، زاویه بسته شدن یا باز شدن مجرا اشاره کرد. هدف از توسعه روندنمای طراحی نیز مشخص کردن مقدار پارامترهای گفته شده در طراحی‌های مختلف و با ماموریت‌های مختلف به گونه‌ای است که مقدار نیروی پیشرانش پهپاد بهینه شود.  جدول 1. پارامترهای هندسی پهپاد ملخ در مجرا[25]   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | واحد | نماد | عنوان پارامتر | ردیف | | Mm |  | طول وتر ریشه بال | 1 | | Mm |  | طول وتر نوک بال | 2 | |  |  | نسبت طول وتر نوک بال به طول وتر ریشه بال | 3 | | Mm |  | پهنای بال | 4 | |  |  | مساحت بال | 5 | |  |  | نسبت منظری بال | 6 | | Mm |  | طول وتر ریشه دُم | 7 | | Mm |  | طول وتر نوک دُم | 8 | |  |  | نسبت طول وتر نوک دُم به طول وتر ریشه دُم | 9 | | Mm |  | پهنای دُم | 10 | |  |  | مساحت دُم | 11 | |  |  | نسبت منظری دُم | 12 | | Mm |  | شعاع مجرا | 13 | | Mm |  | وتر مجرا | 14 | |  |  | مساحت ورودی یا خروجی | 15 | |  |  | مساحت مجرا | 16 | |  |  | نسبت منظری مجرا | 17 | |  | N | تعداد پره | 18 | | Degree | P | زاویه گام (پیچ) | 19 | | M | DH | قطر هاب | 20 | | M | D | قطر خروجی مجرا | 21 | | Rpm | w | سرعت دوران ملخ | 22 | | Pa | dP | افزایش فشار کل | 23 | | m3/s | V | دبی حجمی | 24 | |  | 𝜆 | نسبت ریشه به نوک ملخ | 25 |   در شکل (8) می‌توان برخی از پارامترهای مطرح شده در جدول (1) را مشاهده کرد.    download  download (1)  شکل8. تعریف پارارمترهای مختلف پره محصور  همچنین پارامترهای مربوط به محیط پرواز و پارامترهای مربوط به ارزیابی بازده ملخ محصور به ترتیب در جداول (2) و (3) آورده شده است.  جدول2. پارامترهای مربوط به محیط پرواز و پارامترهای طراحی که باید محاسبه شوند   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | واحد | نماد | عنوان پارامتر | ردیف | | Kg |  | جرم پرنده | 1 | | Kg |  | جرم محموله | 2 | | kg m2 |  | ممان اینرسی حول محور x | 3 | | kg m2 |  | ممان اینرسی حول محور y | 4 | | kg m2 |  | ممان اینرسی حول محور z | 5 | | K |  | دمای محیط | 6 | | kPa |  | فشار محیط | 7 | | M |  | ارتفاع پروازی | 8 | | % |  | میزان رطوبت نسبی هوا | 9 | |  |  | چگالی | 10 | |  |  | سرعت صوت | 11 |   جدول 3. پارامترهای عملکردی سامانه   |  |  | | --- | --- | | نماد | پارامتر | |  | ضریب نیروی عمودی | |  | ضریب برآ | |  | ضریب نیروی پیشرانش | |  | ضریب گشتاور پیچ | |  | ضریب گشتاور محوری | |  | ضریب فشار | |  | ضریب تراست | |  | نسبت جلوبرندگی | |

# پيشينة پژوهش:

|  |
| --- |
| **1)پهپادهای عمود پرواز ملخ در مجرا**  همان طور که در بخش قبلی نیز اشاره شد، تا به حال پژوهش‌های چندانی در زمینه پهپادهای با ملخ داخل مجرا صورت نگرفته است زیرا این ایده جدید بوده و در چند سال اخیر مطرح شده است. در ادامه به برخی از اندک مطالعات صورت گرفته اشاره خواهد شد.  در سال 2019 میلادی، پریاتموکو و نیربیتو[13] در پژوهشی به تحلیل و طراحی پیشرانش پهپاد با ملخ محصور در مجرا پرداختند. این تحقیق راهی برای بهبود عملکرد طراحی پهپاد با دو ملخ و موتور محرک ارائه داده که در آن پره‌های ملخ در داخل مجرا قرار دارند. پره‌های ملخ طراحی شده خاص در این پژوهش از نظر تئوری نیروی رانش بیشتری را با اندازه ملخ کوچکتر و دور در دقیقه کمتر تولید می‌کنند زیرا اثر بالابری و رانش پره را با هم ترکیب می‌کنند. نیروی محرکه مورد نیاز برای پرواز پهپاد با محموله آن تحلیل و تعیین شده، سپس گشتاور، دور در دقیقه، نوع هوابُر، ضریب رانش و زوایای پیچش پره را می‌توان بر اساس نیروی محرکه تعیین کرد. پس از آن، ارزیابی با ابزارهای شبیه‌سازی دینامیک سیالات برای پیش‌بینی نیروهای وارده بر ملخ انجام می‌شود.  لی و همکاران[14] در سال 2021 میلادی به بررسی تاثیر هندسه چند ملخه محصور در مجرا بر بازده آیرودینایک در پهپادهای چهار ملخه پرداختند. ابتدا مطالعه مبتنی بر CFD برای بررسی مورفولوژی مجرا برای یک مدل تک ملخه با ملخ محصور در مجرا از نظر عملکرد آیرودینامیکی و حجم مجرا انجام شده است و تاثیر آن بر روی عملکرد سامانه بررسی شده است. سپس اثر پیکربندی چند ملخه با ملخ محصور در مجرا و تاثیر آن بر عملکرد آیرودینامیکی با تمرکز بر فاصله نوک و اختلاف ارتفاع ملخ‌ها در حالت شناور بررسی شده است. نتایج نشان داد که فعل و انفعالات ناشی از فاصله نوک تأثیر قابل‌توجهی در کاهش تولید نیروی بالابر و بازده دارند، اما به فواصل نوک کوچک محدود می‌شوند، در حالی که فعل و انفعالات ناشی از اختلاف ارتفاع بر افزایش عملکرد آیرودینامیکی در یک محدوده خاص تأثیر دارند. یک پیکربندی چند ملخه با ملخ محصور در مجرای بهینه با حداقل فاصله نوک و اختلاف ارتفاع مناسب بیشتر از طریق ترکیبی از شبیه‌سازی‌های CFD و یک مدل جایگزین در یک فضای پارامتری وسیع مورد بررسی قرار گرفته، که بهبود قابل‌توجهی را در تولید نیروی بالابر و بازده برای مولتی‌روتور، به دست می‌دهد. در نهایت یک طرح بهینه بالقوه برای پهپادهای چند روتوره ملخ در مجرا ارائه نمودند.  پانیندرا و همکاران[15] در سال 2020 میلادی، به دسته‌بندی مبتنی بر یادگیری ماشین برای کوادکوپترهای با ملخ‌های محصور در مجرا و غیر محصور پرداختند. در این پژوهش سعی شده است تا پهپادهای کوادکوپتر ملخ در مجرا و غیر مجرایی دسته‌بندی شوند. برای این کار از تکنیک‌های یادگیری ماشین استفاده شده است. استفاده از سه مدل به نام‌های k-NN ، SVM گوسی (Support Vector Machine) و یک شبکه عصبی پیش‌خور دو لایه پیشنهاد شده است. در هر یک از مدل‌ها چهار پارامتر فرکانس، زاویه ارتفاع، زاویه آزیموت و مقادیر سطح مقطع راداری اندازه گیری شده در نظر گرفته شده است.  ویلاسا و همکاران [16] در سال 2019 میلادی، به بهینه‌سازی طراحی یک پهپاد با ملخ‌های محصور در مجرا برای انجام عملیات بازرسی پرداختند. این پژوهش فرایندی را برای طراحی و پیاده‌سازی یک مولتی‌کوپتر با ملخ‌های در مجرا برای انجام بازرسی‌های نزدیک به منابع رادیواکتیو و با بهترین زمان پرواز ارائه می‌دهد. مولتی کوپتر طراحی شده می‌تواند در فضاهای محدود یا سناریوهای بیرونی کار کند و در برابر برخورد مقاوم می‌باشد. در نهایت پیشرفت‌های مربوط به ملخ‌های مجرای ارزیابی و گزارش شده‌اند.  اومکار و همکاران [17] در سال 2021 میلادی به طراحی و تحلیل سامانه‌های پیشرانش وسایل نقلیه هوایی بی‌سرنشین کواکسیال با ملخ‌های محصور در مجرا پرداختند. هدف این پژوهش تجزیه و تحلیل رانش و سایر پارامترهای ملخ‌های کواکسیال محصور در مجرا و مقایسه آنها با ملخ‌های غیر محصور است. نتایج آزمایش جدول بندی شده و با هر مورد مختلف مانند تنظیمات پرواز به جلو و شناور مقایسه شده است. در این سامانه کواکسیال یک ملخ در جهت عقربه‌های ساعت و دیگری بر خلاف جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد.  **2) بهبود عملکرد سامانه پیشرانش**  در سال 2021 میلادی، کوروا و همکاران [18] به بررسی شیپوره خروجی با هندسه متغیر برای بهبود نیروی رانش استاتیک ملخ‌های محصور در مجرای پهپاد پرداختند. این پژوهش یک شیپوره خروجی با هندسه متغیر جدید را برای بهبود کارایی، کاهش سطح نویز سامانه‌های پیشرانش فعلی در پهپادها ارائه می‌کند. سامانه پیشرانش ارائه شده عملکرد بهتری را در شرایط استاتیک نشان می‌دهد. در این پژوهش سه آزمایش انجام شد و نتایج گزارش و مورد بحث قرار گرفته است.  کاوو و همکاران [19] در سال 2021 میلادی به مطالعه تولید و ردیابی فرمان مانور بی‌درنگ برای پهپاد مینیاتوری با بال ثابت با ملخ در مجرا پرداختند. این پژوهش یک طرح یکپارچه تولید فرمان مانور و کنترل ردیابی (MCGTC) را پیشنهاد می‌کند که پهپادهای بال ثابت را قادر می‌سازد تا آکروباتیک چابک را به پایان برسانند. روندنمای آن دارای دو بخش اساسی است: 1) یک مولد فرمان مانور که ویژگی‌های هندسی مسیرهای نشان‌داده‌شده خلبان از طریق یک الگوی ثابت جدید و بدون مختصات حفظ می‌شوند. 2) یک ساختار کنترل ردیابی شامل یک کنترل کننده سرعت هوایی مبتنی بر وارونگی دینامیکی افزایشی (INDI) و یک کنترل کننده نگرش مبتنی بر وارونگی دینامیکی غیرخطی (NDI) است.  در سال 2022 میلادی، منظور و همکاران [20] به مطالعه تکنیک‌های کنترل پرواز و طبقه‌بندی وسایل نقلیه هوایی ملخ‌دار پرداختند. ابتدا، تاریخچه‌ای جامع و دسته‌بندیی جدید از سکوهای پروازی توسعه یافته‌ در سرتاسر جهان، ارائه شده و ویژگی‌های آن‌ها با مزایا و معایب سایر پیکربندی‌های هوابرد مقایسه شده است. در ادامه، رویکردهای مختلف کنترل پرواز به کار گرفته شده برای کنترل این هواپیماها توضیح داده شده است.  چو و همکاران[21] به ارائه روشی برای طراحی عمومی یک هواپیمای بی‌سرنشین برخاست و فرود عمودی با موتورهای الکتریکی دارای ملخ‌های در مجرا پرداختند. بر اساس این روش یک وسیله نقلیه هوایی بی‌سرنشین (پهپاد) برخاست و فرود عمودی با با وزن برخاست 450 کیلوگرم با ملخ‌های در مجرا طراحی شده است. از شبیه سازی CFD برای محاسبه عملکرد وسیله نقلیه هوایی بی‌سرنشین طراحی شده استفاده شده و از تحلیل اجزای محدود برای بررسی استحکام سازه استفاده شده است. نتایج طراحی نهایی نشان می‌دهد که روش طراحی عمومی پیشنهادی نقش قابل توجهی در فرایند توسعه پهپاد ملخ در مجرا دارد.  پرییاتموکو و همکاران [22] به تجزیه و تحلیل طراحی ملخ مجرای برای پیشرانه پهپاد دوکوپتر پرداختند. این مقاله راهی برای بهبود عملکرد با طراحی استفاده از تنها 2 موتور محرکه با پره‌های ملخ مجرای و ویژه ارائه کرده است. نیروی محرکه مورد نیاز برای پرواز پهپاد با محموله آن تحلیل و تعیین شده است. سپس گشتاور، دور در دقیقه، نوع هوابُر، ضریب رانش و زوایای پیچش پره را می‌توان بر اساس آن نیروی محرکه تعیین کرد. پس از آن، ارزیابی با ابزارهای شبیه‌سازی دینامیک سیالات برای پیش‌بینی نیروهای وارد بر ملخ انجام می‌شود.  ژیانگ و همکاران[23] به طراحی آیرودینامیکی و ارزیابی سامانه بالابر با ملخ در مجرا برای برخاست و فرود عمودی وسایل پرنده پرداختند. این مطالعه با هدف توسعه روشی برای طراحی سریع و ارزیابی عملکرد آیرودینامیکی DFLS، طی طراحی اولیه وسایل پرنده با ملخ در مجرا انجام شده است. این مطالعه نشان داد که در حالی که هر دو روش تئوری و عددی قادر به طراحی دقیق یک ملخ درون مجرا هستند، روش نظری ساده‌تر و سریعتر است. در میانگین اختلاف روش نظری در مقایسه با نتایج آزمون DFLS، تقریباً 1.9٪ گزارش شده است. هنگام ارزیابی DFLS، دقت محاسبه عددی کاهش می‌یابد و این تفاوت در توان کم بیش از 30 درصد است. روش تئوری ارائه شده در این پژوهش می‌تواند برای بهبود طراحی آیرودینامیکی و کارایی ارزیابی DFLS و کمک به ارزیابی پیکربندی VTOL های مجهز به ملخ‌های درون مجرا مورد استفاده قرار گیرد.    هدف از طراحی پهپاد عمود پرواز بی‌سرنشین با ملخ محصور در این پژوهش، افزایش توان پیشرانش، افزایش مداومت پروازی با هدف انجام ماموریت‌های دور برد، کاهش مصرف انرژی موتور الکتریکی از طریق بهینه‌سازی نیروی برآی تولید شده به وسیله ملخ‌ها به کمک محصور کردن آن‌ها می‌باشد. از این رو پارامترهای بررسی شده به عنوان ورودی مساله شامل، تعداد پره‌های ملخ، سرعت چرخش پره‌ها، فاصله نوک پره تا مجرای محصور کننده و ارتفاع مجرای محصور کننده می‌باشد و پارامترهای خروجی مورد بررسی شامل نیروی برآی تولید شده، نیروی پسآی ایجاد شده، و توان تولیدی ملخ می‌باشد. |

# فرضيه‌ها يا سوال‌هاي پژوهش:

|  |
| --- |
| 1. آیا محصور کردن ملخ‌های پهپاد بر روی تولید نیروی تراست موثر می‌باشد؟ 2. عوامل مهم در طراحی پهپادهای با ملخ‌های محصور شده در مجرا کدام هستند؟ 3. چگونه می‌توان نیروی تراست تولید شده در یک پهپاد مجهز به ملخ محصور شده در مجرا را با روش‌های تحلیلی و عددی تعیین کرد؟ 4. پارامترهای قابل بهینه‌سازی برای طراحی یک پهپاد با ملخ محصور در مجرا کدام هستند و چگونه محاسبه می‌شوند؟ 5. آیا نوع عملیات تعریف شده برای پهپاد بر روی مقدار بهینه پارامترهای طراحی موثر است؟ |

# اهداف پژوهش:

|  |
| --- |
| 1. توسعه روندنمای برای طراحی پهپادهای با ملخ محصور در مجرا 2. بهینه‌سازی سامانه پیشرانش پهپاد با ملخ محصور در مجرا 3. شناخت عوامل تاثیر گذار در عملکرد پهپاد در صورت استفاده از ملخ‌های محصور در مجرا 4. توسعه روش‌هایی برای افزایش مداومت پرواز و کاهش انرژی مصرفی پهپاد 5. مدل‌سازی نیروی تراست تولید شده توسط ملخ‌های یک پهپاد 6. شبیه‌سازی عددی مبتنی بر دینامیک سیالات محاسباتی برای پهپاد با ملخ محصور شده در مجرا |

# پیش‌بینی دستاوردها:

|  |  |
| --- | --- |
| رفع نيازهاي ملي □ | آدرس موضوع در اسناد بالادستی ملی یا در سازمان‌های مرتبط: |
| انتشارات علمي □ | نوع (مقاله، گزارش فنی، کتاب) و محل ارائه: |
| ثبت اختراع □ | محل ثبت اختراع: |
| توليد محصول و تجاري‌سازي □ | محل ارائه و مشتریان احتمالی: |
| سایر □ | توضیحات: |
| **بیان نوآوری اصلی تحقیق در یک یا دو جمله:**  طراحی پهپادها با قابلیت پروازهای طولانی یکی از نیازهای اصلی کشور می باشد که انتظار می رود با تکمیل پژوهش حاضر تا حدی به آن پاسخ داده شود. همچنین از نتایج پژوهش حاضر مراکز و افراد زیر می توانند بهره ببرند.   * دانشجویان و دانشگاهیان * سازمان‌ها و شرکت‌های فعال در زمینه طراحی پهپاد مانند جهادهای خودکفایی نیروها و ... * شرکت‌های خصوصی فعال در حوزه پهپاد | |

# روش تحقيق:

در این پژوهش از روش تحلیلی، توصیفی استفاده خواهد شد. همچنین برای شبیه سازی مساله از روش مدل سازی ریاضی بهره گرفته می‌شود. ابزار مورد استفاده دینامیک سیالات محاسباتی می‌باشد.

**11-1) مراحل اجرايي تحقيق**

1. تدوین بانک اطلاعات پهپادهای ملخ در مجرا؛
2. انتخاب نوع پهپاد ملخ در مجرا؛
3. تدوین روندنمای طراحی مفهومی پهپاد ملخ در مجرا؛
4. تهیه مدل ریاضی طراحی مفهومی؛
5. تدوین نرم افزار محاسبات طراحی؛
6. شبیه سازی پرواز؛
7. بهینه‌سازی سامانه پیشرانش؛
8. جمع بندی نتایج و تدوین پایان نامه.

جدول زماني مراحل اجرا:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| شرح مراحل انجام پايان‌نامه | مدت‌زمان مورد نیاز از تاريخ شروع به‌صورت تجمعي (ماه) | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1-تدوین بانک اطلاعات پهپادهای ملخ در مجرا؛ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2- انتخاب نوع پهپاد ملخ در مجرا؛ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3- تدوین روندنمای طراحی مفهومی پهپاد ملخ در مجرا؛ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4- تهیه مدل ریاضی طراحی مفهومی؛ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5- تدوین نرم افزار محاسبات طراحی؛ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6- شبیه سازی پرواز؛ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7- بهینه‌سازی سامانه پیشرانش؛ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8- جمع بندی نتایج و تدوین پایان نامه. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# مراجع پژوهش:

1. Roldan, J.J.; Del Cerro, J.; Barrientos, A. A proposal of methodology for multi-UAV mission modeling. In Proceedings of the 23rd Mediterranean Conference on Control and Automation (MED), Torremolinos, Spain, 16–19 June 2015; pp. 1–7.

2. Bousbaine, A.; Wu, M.H.; Poyi, G.T. Modelling and simulation of a quad-rotor helicopter. In Proceedings of the 6th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2012), Bristol, UK, 27–29 March 2012.

3. Roldan, J.J.; Sanz, D.; Del Cerro, J.; Barrientos, A. Lift Failure Detection and Management System for Quadrotors. In ROBOT2013: First Iberian Robotics Conference; Springer: Cham, Switzerland, 2014; Volume 252, pp. 103–114.

4. Otsuka, H.; Nagatani, K. Thrust Loss Saving Overlapping Rotor Arrangement on Small Multirotor Unmanned Aerial Vehicles. In Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Stockholm, Sweden, 16–21 May 2016.

5. Ampatis, C.; Papadopoulos, E. Parametric design and optimization of multi-rotor aerial vehicles. Proc.-IEEE Int. Conf. Robot Autom. 2014, 30, 6266–6271.

6. Hoffmann, G.M.; Huang, H.; Waslander, S.L.; Tomlin, C.J. Quadrotor helicopter flight dynamics and control: Theory and experiment. AIAA Guid. Navig. Control. Conf. 2007, 2007, 1670–1689.

7. Theys, B.; Dimitriadis, G.; Hendrick, P.; De Schutter, J. Influence of propeller configuration on propulsion system efficiency of multi-rotor Unmanned Aerial Vehicles. In Proceedings of the 2016 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), Arlington, VA, USA, 7–10 June 2016; pp. 195–201.

8. Shukla, D.; Komerath, N. Multirotor drone aerodynamic interaction investigation. Drones 2018, 2, 43. [CrossRef]

9. Yao, L.; Wang, J.L. Aerodynamic Performance of Quadrotor UAV with Non-Planar Rotors. Appl. Sci. 2019, 9, 2779.

10. Hrishikeshavan, V.; Black, J.; Chopra, I. Design and performance of a quad-shrouded rotor micro air vehicle. J. Aircr. 2014, 51, 779–791. [CrossRef]

11. Marturano, Fabio, et al. "Enhancing radiation detection by drones through numerical fluid dynamics simulations." sensors 20.6 (2020): 1770.

12. Malapur, Harsh, et al. "Diffused casing of drone propeller for reduced operational noise and optimized energy consumption." Materials Today: Proceedings (2022).

13. Priatmoko, M. R., and W. Nirbito. "Design Analysis of Ducted Propeller for Bicopter Drone Propulsion." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 685. No. 1. IOP Publishing, 2019.

14. Li, Yi, Koichi Yonezawa, and Hao Liu. "Effect of Ducted Multi-Propeller Configuration on Aerodynamic Performance in Quadrotor Drone." Drones 5.3 (2021): 101.

15. Phanindra, Bhavana Ram, R. N. Pralhad, and AA Bazil Raj. "Machine learning based classification of ducted and non-ducted propeller type quadcopter." 2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS). IEEE, 2020.

16. Vilaça, João, Alberto Vale, and Filipe Cunha. "Design Optimization of a Ducted-Drone to Perform Inspection Operations." *Iberian Robotics conference*. Springer, Cham, 2019.

17. Omkar, Billa LR, Arockia Selvakumar Arockia Doss, and T. Christo Michael. "Design and Analysis of Coaxial Ducted Propulsion Systems of Unmanned Aerial Vehicles." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1012. No. 1. IOP Publishing, 2021.

18. Corva, D. M., Adams, S. D., & Kouzani, A. Z. (2021). Variable‐geometry exit nozzle for improving static thrust of drones ducted fans. *Journal of Field Robotics*, *38*(8), 1092-1103.

19. Cao, S., Wang, X., & Yu, H. (2021, December). Real-time Maneuver Command Generation and Tracking For a Miniature Fixed-Wing Drone with a Ducted-Fan Unit. In *2021 60th IEEE Conference on Decision and Control (CDC)* (pp. 3591-3596). IEEE.

20. MANZOOR, T., XIA, Y. Q., ALI, Y., & HUSSAIN, K. (2022). Flight control techniques and classification of ducted fan aerial vehicles. *Control Theory & Applications*, *39*(2).

21. Chou, T., Ying, Q., Qian, Y., Zhuge, W., & Zhang, Y. (2021, August). Study on Overall Design of a Vertical Take-Off and Landing Unmanned Aerial Vehicle Powered by Electric Ducted Fans. In *Fluids Engineering Division Summer Meeting* (Vol. 85291, p. V002T03A008). American Society of Mechanical Engineers.

22. Priatmoko, M. R., & Nirbito, W. (2019, November). Design Analysis of Ducted Propeller for Bicopter Drone Propulsion. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 685, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

23. Jiang, H., Zhou, Y., & Ho, H. W. (2022). Aerodynamic design and evaluation of a ducted fan lift system for vertical takeoff and landing flying cars. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 09576509221106395.

24. Argyle, Matthew Elliott. "Modeling and Control of a Tailsitter with a Ducted Fan" (2016). Student Works.

25. Hui Wen Zhao, Cees Bil and Bok-Hyun Yoon. (2009). Ducted Fan VTOL UAV Simulation in Preliminary Design.

****

**وزارت علوم، تحقيقات و فناوري**

**معاونت پژوهش و فناوري**

**به نام خدا**

**منشور اخلاق پژوهش**

با استعانت از خداي سبحان و با اعتقاد راسخ به اينكه عالم محضر خداست و او همواره ناظر بر اعمال ماست و به منظور انجام شايستة پژوهش‌هاي اصيل، توليد دانش جديد و بهسازي زندگاني بشر، ما دانشجويان و اعضاي هيأت علمي دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌هاي كشور:

تمام تلاش خود را براي كشف حقيقت و فقط حقيقت به كار خواهيم بست و از هر گونه جعل و تحريف در فعاليت‌هاي علمي پرهيز مي‌كنيم.

حقوق پژوهشگران، پژوهيدگان (انسان، حيوان، گياه و اشياء)، سازمان‌ها و ساير صاحبان حقوق را به رسميت مي‌شناسيم و در حفظ آن مي‌كوشيم.

به مالكيت مادي و معنوي آثار پژوهشي ارج مي‌نهيم، براي انجام پژوهشي اصيل اهتمام ورزيده از سرقت علمي و ارجاع نامناسب اجتناب مي‌كنيم.

ضمن پايبندي به انصاف و اجتناب از هر گونه تبعيض و تعصب، در كلية فعاليت‌هاي پژوهشي رهيافتي نقادانه اتخاذ خواهيم كرد.

ضمن امانت‌داري، از منابع و امكانات اقتصادي، انساني و فني موجود استفاده بهره‌ورانه خواهيم كرد.

از انتشار غيراخلاقي نتايج پژوهش نظير انتشار موازي همپوشان و چندگانه (تكه‌اي) پرهيز مي‌كنيم.

اصل محرمانه بودن و رازداري را محور تمام فعاليت‌هاي پژوهشي خود قرار مي‌دهيم.

در همه فعاليت‌هاي پژوهشي به منافع ملي توجه كرده و براي تحقق آن مي‌كوشيم.

خويش را ملزم به رعايت كليه هنجارهاي علمي رشته خود، قوانين و مقررات، سياست‌هاي حرفه‌اي، سازماني، دولتي و راهبردهاي ملي در همه مراحل پژوهش مي‌دانيم.

رعايت اصول اخلاق در پژوهش را اقدامي فرهنگي مي‌دانيم و به منظور بالندگي اين فرهنگ، به ترويج و اشاعة آن درجامعه اهتمام مي‌ورزيم.

**امضاء دانشجو امضاء استاد راهنما**

1. Fixed-Wing aircrafts [↑](#footnote-ref-1)
2. Hover Flight [↑](#footnote-ref-2)
3. Vertical Take Off and Landing(VTOL) [↑](#footnote-ref-3)
4. unmanned aerial vehicle(UAV) [↑](#footnote-ref-4)
5. micro air vehicle [↑](#footnote-ref-5)