دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

تعیین محل‌های مناسب برای فرود اضطراری هواپیماهای بدون سرنشین با استفاده از بینایی ماشین

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات(سیستم)

مهدیه رضائیان

اساتید راهنما

دکتر سعید صدری

دکتر رسول امیرفتاحی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

تعیین محل‌های مناسب برای فرود اضطراری هواپیماهای بدون سرنشین با استفاده از بینایی ماشین

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات(سیستم)

مهدیه رضائیان

اساتید راهنما

دکتر سعید صدری

دکتر رسول امیرفتاحی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برق – مخابرات(سیستم) خانم مهدیه رضاییان

تحت عنوان

تعیین محل‌های مناسب برای فرود اضطراری هواپیماهای بدون سرنشین با استفاده از بینایی ماشین

در تاریخ ۹۰/۲/ ۷ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر سعید صدری
	دکتر رسول امیرفتاحی
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر نیلوفر قیصری
۳- استاد داور	دکتر مازیار پالهنگ
۴- استاد داور	دکتر بهزاد نظری
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمود مدرس هاشمی

بر خود لازم می دانم که از توجه، راهنمایی و تشویق اساتید عزیزم جناب آقای دکتر صدری، دکتر
امیر فتاحی و مخصوصاً سرکار خانم دکتر قیصری سپاسگزاری کنم.
از جناب آقای دکتر پالهنگ و دکتر نظری که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل کردند
متشکرم.

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 مادرم

برای مردی که می‌بخشد و بلد است طلب بخشش کند و برای زنی که هیچ چیز برایش غیر ممکن نیست و همیشه برایم بهترین‌ها را خواسته کاش تحفه بهتری داشتم که تقدیم کنم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ تاریخچه وسایل پرنده بدون سرنشین ۲

۱-۲ مزایا و کاربردهای وسایل پرنده بدون سرنشین ۴

۱-۳ UAV از منظر جامعه ۵

۱-۴ فرود اضطراری UAV ۶

۱-۵ فرود اضطراری UAV با استفاده از بینایی ماشین ۸

۱-۶ هدف تحقیق ۸

۱-۷ اهمیت تحقیق ۹

۱-۸ ساختار پایان‌نامه ۱۰

فصل دوم: تعاریف و مفاهیم اولیه در بینایی ماشین

۲-۱ مقدمه ۱۱

۲-۲ قطعه‌بندی تصویر ۱۳

۲-۳ مفهوم بافت ۱۷

۲-۴ قطعه‌بندی بافت رنگی ۱۹

۲-۵ طبقه‌بندی ۲۱

۲-۵-۱ کلاسیفایر K همسایه نزدیک ۲۲

۲-۶ اندازه‌گیری شباهت ۲۳

۲-۷ مشخصه‌های بافت ۲۵

۲-۷-۱ مشخصه خود همبستگی ۲۵

۲-۷-۲ مشخصه‌های فرکانس لبه ۲۶

۲-۷-۳ مشخصه‌های ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری ۲۶

۲-۷-۴ مشخصه‌های ماتریس طول تکرار سطح خاکستری ۲۸

۲-۷-۵ مشخصه‌های Gabor ۲۹

۲-۷-۶ الگوی باینری محلی ۳۰

۲-۸ مشخصه‌های رنگ ۴۵

۲-۸-۱ فضای رنگ ۴۵

۲-۸-۲ هیستوگرام‌های رنگ ۴۷

۲-۹ قطعه‌بندی براساس طبقه‌بندی مشخصه‌ها ۴۸

۲-۱۰ نتیجه‌گیری ۵۰

فصل سوم: قطعه‌بندی تصاویر هوایی

۳-۱ مقدمه ۵۲
۳-۲ هیستوگرام $LBP_{8,1}^{riu2}$ خاکستری ۵۹
۳-۳ هیستوگرام $LBP_{(8,1)+(16,2)}^{riu2}$ خاکستری ۶۱
۳-۴ هیستوگرام $LBPV$ خاکستری ۶۳
۳-۵ مشخصه LBP_HF خاکستری ۶۶
۳-۶ هیستوگرام $LBP_{(8,1)+(16,2)}^{riu2}$ در فضای RGB ۶۸
۳-۷ هیستوگرام $LBP_{(8,1)+(16,2)}^{riu2}$ در فضای HSV ۷۱
۳-۸ هیستوگرام کانال‌های رنگ RGB ۷۴
۳-۹ هیستوگرام کانال‌های رنگ HSV ۷۷
۳-۱۰ ترکیب مشخصه‌های رنگ و بافت ۸۰
۳-۱۱ نتیجه‌گیری ۸۵

فصل چهارم: نتایج و ارزیابی الگوریتم

۴-۱ مقدمه ۸۷
۴-۲ ارزیابی الگوریتم ۸۸
۴-۳ نتیجه‌گیری ۹۱

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه‌گیری ۹۳
۵-۲ پیشنهادات ۹۴

پیوست‌ها

پیوست الف: نتایج طبقه‌بندی تصاویر تک‌کلاسی با استفاده از چهار مشخصه بافت خاکستری ۹۶
پیوست ب: نتایج طبقه‌بندی تصاویر تک‌کلاسی با استفاده از دو مشخصه بافت رنگی ۹۷
پیوست ج: نتایج طبقه‌بندی تصاویر تک‌کلاسی با استفاده از سه هیستوگرام رنگ ۹۸
پیوست د: مقایسه نتایج طبقه‌بندی تصاویر تک‌کلاسی با استفاده از مشخصه بافت و رنگ به همراه تعداد رأی هر کلاسیفایر ۹۹

مراجع ۱۰۴

چکیده

در این پایان‌نامه روشی برای قطعه‌بندی تصاویر هوایی به منظور انتخاب محل مناسبی برای فرود اضطراری هواپیمای بدون سرنشین(UAV) ارائه شده‌است. توسعه و طراحی UAV تا به امروز بیشتر برای اهداف نظامی بوده است. پیشرفت فناوری و مزایا و پتانسیل بالای کاربردهای غیرنظامی UAV در زمینه‌های مختلف خدماتی، امنیتی و علمی زمینه‌ساز ورود آن به آسمان مناطق مسکونی در آینده نزدیک خواهد شد. برای جلب اقبال عمومی و گسترش استفاده از UAV در شاخه‌های غیرنظامی باید نگرانی‌هایی که در رابطه با مسائل ایمنی وجود دارد برطرف شود و UAV بتواند در شرایط اضطراری مشابه خلبان عمل کند؛ از جمله این که باید بتواند به‌طور خودکار محل مناسبی برای فرود پیدا کند. هدف این تحقیق به‌طور مشخص انتخاب محلی برای فرود اضطراری UAV با استفاده از بینایی ماشین است. برای این منظور باید تصویر هوایی قطعه‌بندی و نواحی مختلف آن طبقه‌بندی شود. با توجه به کاهش ارتفاع دائمی UAV در شرایط اضطراری، الگوریتم قطعه‌بندی باید سریع و در عین حال دقیق باشد. یکی از روش‌های قطعه‌بندی، طبقه‌بندی پیکسل‌های تصویر است. مزیت مهم این روش این است که هم‌زمان با قطعه‌بندی می‌توان نواحی مختلف تصویر را طبقه‌بندی کرد و نیازی به یک مرحله بازشناسی اضافی نیست. طبقه‌بندی به دو صورت بدون نظارت و تحت نظارت انجام می‌گیرد. با توجه به تنوع ترکیب تصاویر هوایی و تغییر تعداد کلاس‌ها در تصاویر مختلف، استفاده از تکنیک‌های طبقه‌بندی بدون نظارت ممکن است باعث قطعه‌بندی کم یا اضافی تصویر هوایی گردد. به‌همین دلیل در این پایان‌نامه از رویکرد تحت نظارت برای طبقه‌بندی پیکسل‌های تصویر استفاده شده است. در این روش با مقایسه مشخصه‌های مختلف پیکسل‌های تصویر با یک پایگاه داده از تعداد مشخصی کلاس، محتمل‌ترین برچسب برای هر پیکسل انتخاب می‌شود. با توجه به ماهیت تصاویر هوایی، مشخصه‌های مورد استفاده باید نسبت به چرخش زاویه دید و مقیاس تغییرناپذیر باشند. در این پایان‌نامه از از دو کلاسیفایر KNN مجزا برای طبقه‌بندی مشخصه‌های بافت و هیستوگرام‌های رنگ تصویر استفاده شده است. مشخصه بافت محلی تصویر خاکستری و هیستوگرام‌های رنگ محلی در پنجره‌های جداگانه محاسبه و طبقه‌بندی می‌شوند. در نهایت با ارزیابی میزان درستی رأی هرکلاسیفایر برچسب نهایی تعیین می‌گردد. به این ترتیب از یک سو می‌توان پارامترهای هر کلاسیفایر را به‌طور مستقل برای حصول بهترین نتیجه تنظیم کرد و از سوی دیگر احتمال این که هر دو کلاسیفایر هم‌زمان خطا کنندکم است و این امکان وجود دارد که دو کلاسیفایر خطای یکدیگر را اصلاح کنند. در تصاویر هوایی مثل اغلب تصاویر طبیعی پیکسل‌های همسایه معمولاً مشخصه‌های یکسانی دارند. از این ویژگی می‌توان برای کاهش محاسبات و به‌دست آوردن نواحی همگن‌تر و در نتیجه قطعه‌بندی مناسب‌تر سود جست. بر این اساس به جای برچسب‌گذاری تک تک پیکسل‌ها، با هر بار طبقه‌بندی بردار مشخصه، یک دسته از پیکسل‌های مجاور برچسب‌گذاری می‌شوند. روش پیشنهادی- که برای قطعه‌بندی انواع تصاویر بافت رنگی قابل استفاده است- ساده و سریع است، میزان خطای کمی دارد و نتایج قطعه‌بندی برای تصاویر هوایی به‌صورت چشمی قابل قبول است.

کلمات کلیدی: ۱- قطعه‌بندی تحت نظارت تصاویرهوایی ۲- بافت رنگی ۳- طبقه‌بندی پیکسل‌ها ۴- مشخصه بافت LBP ۵- کلاسیفایر KNN ۶- توزیع محلی مشخصه‌ها ۷- طبقه‌بندی پوشش زمین ۸- آشکارسازی ساختمان‌ها در تصاویر هوایی ۹- انتخاب خودکار محل فرود مناسب ۱۰- هواپیمای بدون سرنشین ۱۱- بینایی ماشین ۱۲- فرود اضطراری

فصل اول
مقدمه

۱-۱ تاریخچه وسایل پرنده بدون سرنشین

یک وسیله پرنده بدون سرنشین یا UAV[1] وسیله‌ای است که بدون خلبان پرواز می‌کند و از نیروهای آئرودینامیکی برای بلند شدن از زمین استفاده می‌کند. UAV ممکن است به‌طور خودکار پرواز کند یا این‌که از راه دور هدایت شود (RPV[2]). ممکن است یک‌بار مصرف یا قابل بازیابی باشد و می‌تواند مجهز به تسلیحات باشد یا نباشد. وسایل بالستیک یا شبه بالستیک و انواع موشک‌ها UAV محسوب نمی‌شوند[۱].

طراحی و توسعهUAV در دوران مختلف تا به امروز بیشتر برای اهداف نظامی بوده‌است. در این بخش تاریخچه مختصری از UAV ارائه می‌شود که کامل نیست اما وقایع و نقاط عطف توسعه UAV را نشان می‌دهد. برای جزئیات دقیق‌تر به مرجع [۱] مراجعه شود.

در ۱۷۴۹ اولین اندازه‌گیری‌های جوی با استفاده از کایت در اسکاتلند ثبت شد. در ۱۸۴۹ اتریش ۲۰۰ بالن بدون سرنشین حاوی مواد منفجره به سمت شهر ونیز ایتالیا فرستاد. در خلال جنگ داخلی آمریکا(۱۸۶۱-۱۸۶۵) اختراع بالن بمب افکن بدون سرنشین به ثبت رسید. در ۱۸۸۲یک هواشناس انگلیسی موفق شد با استفاده از کایت عکس بگیرد. پس از اولین انتقال بی‌سیم موفق در ۱۸۹۶ و اختراع کنترل از راه دور در ۱۸۹۸، در۱۹۰۳ پرواز

---

[1] Unmanned/Uninhabited Aerial Vehicle
[2] Remotely Piloted Vehicle

هواپیمای موتوردار برای نخستین بار با موفقیت انجام شد. در خلال جنگ جهانی اول(۱۹۱٤-۱۹۱۸) از هواپیماهای بدون خلبان به‌عنوان بمب‌های پرنده استفاده می‌شد. DH.82B Queen Bee اولین هواپیمای بدون سرنشین قابل برگشت رادیویی بود که به‌عنوان هدف هوایی برای آموزش توپخانه ضدهوایی نیروی دریایی انگلستان در ۱۹۳۵ طراحی شد و تا ۱۹٤۷ از آن استفاده می‌شد. OQ-2 اولین UAV بود که به تولید انبوه رسید. در طول جنگ جهانی دوم(۱۹۳۹-۱۹۴۵) بیش از ۵۰هزار هواپیمای رادیویی OQ-2 تولید شد. در سال‌های ۱۹۵۰ ارتش آمریکا از UAV به‌عنوان تله برای مشغول کردن دفاع هوایی شوروی استفاده می‌کرد. در ۱۹۶۰ مأموریت اولین هواپیمای جاسوسی آمریکا با نام U-2 در آسمان شوروی با شکست مواجه شد. در جنگ ویتنام در سال‌های ۱۹۶۵ تا ۱۹۷۵ آمریکا با استفاده از ۱۰۰۰ UAV بیش از ۳۴۰۰۰ عملیات شناسایی در غرب آسیا انجام داد. اغلب این UAVها در آسمان راه‌اندازی می‌شدند و پس از انجام مأموریت به‌وسیله چتر در منطقه امنی فرود می‌آمدند. در اواخر دهه ۷۰ میلادی اسرائیل با ساخت UAVهای جنگنده مجهز به سیستم خلبان خودکار[1] گام بعدی را در توسعه UAV برداشت. در این UAVها قابلیت بلندشدن و نشستن بر روی باند پیش‌بینی شده‌بود. در سال‌های ۱۹۸۰ توسعه صنعت هواپیماهای بدون سرنشین نظامی شتاب گرفت. این مسئله منجر به ایجاد تنوع در هواپیماهای بدون سرنشین و نیز بسترهای مطالعاتی در این زمینه تا به امروز شد.

روش‌های پیاده‌سازی پرواز بدون سرنشین یعنی کنترل از راه دور و پرواز خودکار عمدتاً مبتنی بر فناوری ریزپردازنده و مخابرات(لینک داده) هستند. در حال حاضر تمام انواع UAV در سطوح مختلف از این دو فناوری استفاده می‌کنند. از زمان پیدایش این دو فناوری پیشرفت‌های سریعی در آن‌ها به‌وجود آمده و انتظار می‌رود که قدرت محاسبات و فناوری مخابرات با سرعت به رشد خود ادامه دهند. این بدین معنی است که با غلبه بر محدودیت‌های پهنای باند، تأخیر سیگنال‌های ارتباطی، پیچیدگی مأموریت و هزینه افزایش توان محاسبات روی بورد[2] در آینده UAV قادر است مأموریت‌هایی راکه ناممکن بوده بدون دخالت انسان به انجام رساند. افزایش توان محاسباتی روی بورد با قیمت پائین گرچه یک پیش‌نیاز مهم برای یک سیستم خودکار است اما به خودی خود منجر به خودکار بودن نمی‌شود. فناوری خودکار بودن باوجود دستاوردهای چشم‌گیر هنوز نتوانسته تمام توان اجرایی رو به رشد ریزپردازنده‌ها را به کار گیرد. حوزه سیستم‌های خودکار یک شاخه میان رشته‌ای است و از تکنیک‌های شاخه‌های مختلفی مثل هوش مصنوعی، تئوری کنترل، بهینه‌سازی، رباتیک، بینایی ماشین، ترکیب داده و تئوری اطلاعات استفاده می‌کند. هدف اولیه اضافه کردن هوش بیشتر به UAV برای کمک به اپراتور است اما این می‌تواند

---

1 Autopilot
2 On-Board

در آینده ضرورت حضور و دخالت انسان را حذف کند یا نقش اپراتور را به یک تصویب کننده سطح بالای تصمیمات اتخاذ شده توسط ماشین کاهش دهد.

۱-۲ مزایا و کاربردهای وسایل پرنده بدون سرنشین

تفاوت اصلی UAV با هواپیماهای عادی در عدم حضور خلبان است. این مسئله هم مزایا و هم محدودیت‌هایی برای UAV ایجاد می‌کند. با حذف خلبان ملاحظات مربوط به شکل و اندازه بدنه، دید خوب از کابین و مهم‌تر از همه ایمنی خلبان حذف می‌شود و انعطاف بیشتری در طراحی وجود دارد.UAV می‌تواند ویژگی‌هایی داشته باشد که برای هواپیماهای عادی عملی نیست برای مثال در صورت لزوم ممکن است المان‌های کنترل روی بدنه پراکنده شوند. ازUAV می‌توان در مأموریت‌های پرخطر، تکراری، کسل‌کننده یا طولانی مدت استفاده کرد. UAV یک عنصر کلیدی در بازرسی، نظارت و شناسایی (ISR[1]) محسوب می‌شود. سیستم کنترل و لینک داده درUAV می‌تواند کوچک‌تر و سبک‌تر از یک خلبان باشد. به این ترتیب UAV می‌تواند خیلی کوچک‌تر از کوچک‌ترین هواپیماهای عادی باشد. کاهش ابعاد می‌تواند قابلیت‌های UAV را افزایش دهد. یک UAV کوچک(MAV[2]) ممکن است برای بلند شدن و نشستن به باند نیاز نداشته‌باشد. از طرفی برای یک سطح از قابلیت‌ها، ابعاد کوچک‌تر به معنی هزینه کمتر است. پائین‌تر بودن میزان آلودگی و نویز، هزینه‌های عملیات و نگه‌داری و مصرف سوخت از دیگر مزایایUAV است. به‌علاوه توسعهUAV می‌تواند در عملیات آزمایشی به بهبود سیستم‌های سرنشین‌دار نیز کمک کند.

در حال حاضر بخش عمده صنعتUAV به کاربردهای نظامی اختصاص دارد. محدودیت‌های حریم هوایی و کمبود منابع مالی از موانع اصلی گسترش این صنعت در بخش غیرنظامی است. در سال‌های اخیر مشاهده قابلیت‌های UAV و پتانسیل بالای کاربرد آن در بخش‌های غیرنظامی در کنار پیشرفت‌های ایجاد شده در زمینه‌های مرتبط با این فناوری مثل کنترل، سنسورها و ریزپردازنده‌ها زمینه رشد و توسعهUAVهای غیرنظامی را فراهم کرده‌است. کاربردهای غیرنظامیUAV را می‌توان در چهار دسته اصلی تقسیم‌بندی کرد: تجاری، خدماتی، امنیتی و علمی[۲]. برخی از این کاربردها درجدول ۱-۱ نشان داده‌است.

نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که در برخی از این کاربردها لازم است UAV بر فراز نواحی مسکونی پرواز کند؛ این بدین معنی است کهUAV باید قادر باشد با سایر هواپیماها و مرکز کنترل ترافیک هوایی (ATC[3]) تعامل داشته باشد، نقشه‌های پرواز را اجرا کند و در مواجهه با شرایط اضطراری عکس العمل مناسب نشان

[1] Inspection, Surveillance and Reconnaissance
[2] Micro Aerial Vehicle
[3] Air Traffic Control

دهد. تحقیقات زیادی در زمینه‌های مختلف فناوریUAV صورت گرفته‌است که از آن جمله می‌توان به طراحی مأموریت، ناوبری، هدایت، کنترل و پایداری اشاره کرد. در چند سال اخیر توجه بیشتری به مسئله ایمنی شده است چرا که تا زمانی که نگرانی‌ها در رابطه با مسئله ایمنی برطرف نشود UAV نمی‌تواند به فضاهای غیرنظامی راه یابد.

جدول ۱-۱-نمونه‌های کاربردهای غیرنظامی UAV.

نوع کاربرد	توضیح
کاربردهای تجاری	
تصویربرداری تحویل بار	رویدادهای ورزشی و خبری، تورهای مجازی
کاربردهای خدماتی	
کشاورزی و شیلات ارتباطات مانیتورینگ ترافیک دیده‌بانی و کمک‌رسانی در سوانح	مانیتورینگ زمین‌های زیرکشت، آفت‌زدایی، کوددهی، زمان‌بندی برداشت ایجاد شبکه‌های موقت و اینترنت باند وسیع یا سیستم رله تلفن همراه در مناطق حادثه دیده مانیتورینگ ترافیک زمینی، دریایی و هوایی برآورد خسارت، کمک به امدادرسانان در عملیات جستجو و نجات، رساندن کمک‌های دارویی در شرایط اضطراری یا اپیدمی‌ها، مانیتورینگ و اطفاء حریق
کاربردهای امنیتی و حفاظتی	
دیده‌بانی و شناسایی نظارت بر زیرساخت‌های حساس	مرزبانی و گشت ساحلی، تأمین امنیت مناطق مسکونی، اجتماعات، استادیوم‌های ورزشی نظارت بر سدها، کانال‌ها، خطوط انتقال نفت، گاز، خطوط فشار قوی، فرودگاه‌ها، بنادر، کارخانجات، آنتن‌ها
کاربردهای علمی	
هواشناسی نقشه برداری هوایی مانیتورینگ محیط زیست	مانیتورینگ اوضاع جوی، کشف گردبادها و طوفان‌ها تصویربرداری و تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، اکتشاف معادن جنگلبانی، حفاظت حیات وحش، سرشماری و دنبال کردن گله‌ها، نظارت بر آتش‌فشان‌ها، مانیتورینگ یخچال‌ها و سقوط بهمن

۱-۳ UAV از منظر جامعه

معرفی یک فناوری جدید به جامعه و جلب اعتماد عمومی همواره کار دشواری بوده است. غالباً بدبینی در ارتباط با کاربردها یا میزان خطری که یک فناوری خاص متوجه انسان‌ها می‌کند باعث ایجاد سوء برداشت و

بی‌اعتمادی در جامعه می‌شود. ورود UAVها به نواحی غیرنظامی از منظر جامعه منشأ پرسش‌هایی است که باید به آن‌ها پاسخ داده شود. یک سوء تفاهم جدی که باید برای جامعه روشن شود این تصور است که کاربرد UAV منحصر به استفاده‌های نظامی می‌شود. همان‌طور که در بخش قبلی اشاره شد مزایا و پتانسیل‌های استفاده از UAV در بخش‌های غیرنظامی قابل توجه است. اما میزان احتمال خطری که UAV در هوا یا زمین متوجه انسان‌ها می‌کند نیز باید مورد توجه قرار گیرد. مسئله ارتقاء سیستم‌های ایمنی برای UAV در حال حاضر موضوع گروه وسیعی از پژوهش‌هاست. در مجموع همواره باید به تأثیر مطالعات علمی و توسعه فناوری در جامعه توجه شود. نگاه جامعه نقش اساسی در گسترش UAVهای غیرنظامی دارد.

توسعه سیستم‌های ایمنی در UAVها به کسب مقبولیت عمومی کمک خواهد کرد. یکی از مسائل ایمنی، مسئله روبرو شدن با موقعیت‌های اضطراری است که UAV باید بلافاصله فرود آید. در واقع باید اطمینان حاصل گردد UAV در چنین شرایطی قادر به اجرای یک فرود اضطراری موفق خواهد بود.

۱-۴ فرود اضطراری UAV

در حالت کلی، فرود یک کاهش ارتفاع کنترل شده است که در صورت موفقیت آمیز بودن برای سرنشینان، هواپیما و انسان‌های روی زمین آسیب یا خسارتی در پی نخواهد داشت. فرود اضطراری یک پیشامد برنامه‌ریزی‌نشده است که ممکن است هر لحظه حین پرواز ضرورت یابد و خلبان ناچار به فرود فوری هواپیما در نزدیک‌ترین محل ممکن شود. برای این‌که خلبان بتواند هواپیما را به سمت محل فرود مناسب هدایت کند هواپیما باید هنوز تحت کنترل باشد.

UAV نیز از قرارگرفتن در شرایط فرود اضطراری مثل خرابی موتور، بدنه یا اختلال در سنسورها مصون نیست. در حال حاضر برای پیاده‌سازی فرود اضطراری UAV از سیستم‌های خاتمه پرواز یا چتر استفاده می‌شود. سیستم‌های خاتمه پرواز، چاشنی‌های انفجاری هستند که در صورت وقوع خرابی فعال می‌شوند. این روش برای محدود کردن UAV در یک محدوده هوایی مشخص به کار می‌رود. در بعضی مأموریت‌ها یا تست‌های عملی ممکن است یک منطقه هوایی به UAV اختصاص یابد و UAV فقط در یک محدوده تفکیک شده مجاز به پرواز باشد. اگر UAV دچار نقصی شد که خطر نقض کردن این حریم وجود داشته باشد، اپراتور می‌تواند از روی زمین سیستم خاتمه پرواز را فعال و UAV را قبل از خارج شدن از محدوده اختصاص داده شده منفجر کند. این راه حل برای پروازهای آزمایشی و نگه داشتن UAV در محدوده هوایی مشخص، مناسب است اما روش مناسبی برای حل مسئله فرود اضطراری نیست. در صورت بروز برخی خرابی‌ها ممکن است از چتر برای کاهش سرعت به زمین رسیدن UAV

استفاده شود. در این حالت کاهش ارتفاع UAV تا رسیدن به زمین قابل کنترل نخواهد بود. مخصوصاً زمانی که موتور از کار افتاده باشد وزش باد به‌راحتی می تواند نقطه برخورد نهایی UAV با زمین را تغییر دهد. به‌علاوه استفاده از چتر پیچیدگی و وزن UAV را افزایش می‌دهد. این روش در موارد خاصی مثل مأموریت در نواحی دور افتاده مناسب است. حتی در مواردی که UAV از طریق سیگنال‌های رادیویی توسط انسان کنترل می‌شود بروز اختلال در دریافت یا ارسال سیگنال‌ها می‌تواند فرود را با شکست مواجه سازد. از طرفی با توجه به اهمیت فاکتور زمان در فرایند فرود اضطراری ممکن است قبل از پردازش اطلاعات توسط انسان زمان ارزشمندی تلف شود.

بنابراین UAV نیازمند سیستمی است که بتواند مشابه خلبان در شرایط اضطراری مناسب‌ترین و نزدیک‌ترین محل را برای فرود انتخاب کند. برای جلب اقبال عمومی و گسترش استفاده از UAV در شاخه‌های غیرنظامی، این سطح از خودکار بودن ضروری است.

یک محل مناسب برای فرود اضطراری UAV نزدیک‌ترین جایی است که:

۱. باعث صدمه دیدن انسان‌ها نشود.
۲. به محیط خسارت وارد نکند.
۳. حتی الامکان خسارت کمتری به UAV وارد کند.

سه ویژگی فوق به ترتیب اولویت مرتب شده‌اند. یعنی خسارت حداقل به UAV کمترین اولویت را دارد. به عنوان نمونه سیستم فرود اضطراری UAV به جای یک خیابان شلوغ، یک دریاچه را برای فرود انتخاب می‌کند. حتی ممکن است برای کاهش ریسک صدمه دیدن انسان‌های روی زمین UAV بدون ملاحظه میزان خسارتی که به آن وارد می‌شود عمداً در جایی سقوط کند. این یک اختلاف جدی با فرودهای اضطراری معمول(توسط خلبان) است که یکی از نگرانی‌های اصلی خلبان نجات جان سرنشینان هواپیماست. بنابراین نزدیکی به مناطق مسکونی یکی از فاکتورهای مهم در انتخاب محل فرود توسط خلبان است. در حالی‌که UAV در شرایط اضطراری باید حتی‌الامکان از مناطق مسکونی فاصله بگیرد.

انگیزه ارتقای سیستم فرود اضطراری، افزایش ایمنی عملیاتی UAV است. یک سیستم فرود اضطراری خودکار سیستمی است که قادر است یک محل امن برای فرود انتخاب و UAV را برای نشستن در آن محل هدایت کند. چنین سیستمی فضای مورد نیاز، پیچیدگی، وزن و هزینه‌ها را افزایش می‌دهد اما عموماً ارتقاء سطح ایمنی از اهمیت بیشتری برخوردار است. حل مسئله ایمنی به‌عنوان یک اصل کلیدی در کسب مجوز عملیات UAV در نواحی غیرنظامی به‌خصوص نواحی مسکونی مطرح است. UAV باید بتواند قابلیت‌های یک خلبان را تقلید کند از جمله این‌که در شرایط اضطراری که نیاز به فرود فوری است بدون ایجاد خسارت روی زمین بنشیند.

۱-۵ فرود اضطراری UAV با استفاده از بینایی ماشین

بسیاری از سیستم‌های فرود خودکار UAV براساس سیگنال GPS کار می‌کنند. در محیط‌های شهری ساختمان‌ها و دیگر موانع، سیگنال‌های GPS را مغشوش می‌کنند و حتی ممکن است اثرات چندمسیری یا اغتشاشات الکترومغناطیسی مانع از دریافت سیگنال‌های فرستنده شوند. گیرنده‌های GPS ده‌ها وات توان مصرف می‌کنند و نیاز به آنتن دارند. یک خلبان بخش مهمی از اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب مناسب‌ترین محل فرود را از طریق بینایی به‌دست می‌آورد. استفاده از بینایی ماشین برای چنین تصمیم‌گیری در UAV شبیه‌ترین روش به کاری است که خلبان انجام می‌دهد. دلیل دیگر استفاده از بینایی ماشین ارزان، سبک و کم‌مصرف بودن دوربین‌هاست. تمام این فاکتورها برای UAV حائز اهمیت هستند. از سوی دیگر در اغلب انواع UAV سنسورهای بینایی(دوربین) وجود دارد. بنابراین نیاز به نصب سخت‌افزار اضافی نیست. این سنسورها دو عملکرد مختلف دارند: سنسورهای برخط[1] برای کنترل زمان حقیقی وسیله[2] و سنسورهای برون‌خط[3] برای جمع‌آوری اطلاعات مثل شناسایی یا نقشه‌برداری هوایی و غیره.

یک سیستم فرود مبتنی بر بینایی شامل دوربین، نرم‌افزار و یک واحد پردازنده برای پردازش تصویر می‌شود که با بخش ناوبری در ارتباط است. قابلیت فرود خودکارUAV با استفاده از بینایی ماشین و بدون دخالت انسان می‌تواند احتمال بروز حوادث را کاهش دهد. در حال حاضر سیستم تجاری که چنین قابلیتی برای UAV فراهم کند وجود ندارد.

۱-۶ هدف تحقیق

در حال حاضر کاربرد غیرنظامی UAV به فضاهای تفکیک شده و غیرمسکونی محدود می‌شود. در حالی‌که بخش مفیدی از کاربردهای غیرنظامی UAV مستلزم پرواز بر فراز نواحی مسکونی است. علت محدودیت‌های فعلی مسائل ایمنی و نگرانی در خصوص میزان خطری است کهUAV مخصوصاً در شرایط اضطراری متوجه انسان یا محیط می‌کند. هدف این تحقیق، استفاده از تکنیک‌های بینایی ماشین برای حل یکی از مسائل ایمنی مطرح در زمینه کاربردهای غیرنظامیUAV یعنی انتخاب محل مناسب برای فرود اضطراری است. برای این منظور باید نواحی مختلف تصویر هوایی تفکیک و تفسیر شوند. قطعه‌بندی تصویر، فرایند شکستن تصویر به قطعاتی است که با توجه به محتوای تصویر معنا و کاربرد دارند (تعریف دقیق‌تر قطعه‌بندی در فصل۲ ارائه شده‌است). با وجود تکنیک‌های قطعه‌بندی بی‌شماری که طی ۴۰ سال گذشته در حوزه بینایی ماشین توسعه یافته، هنوز نمی‌توان به طور قطع مسئله

---

[1] Online
2 Visual Servoing
[3] Offline

قطعه‌بندی را حل‌شده دانست و این عمدتاً به خاطر تنوع فوق العاده زیاد کاربردهای قطعه‌بندی تصویر است. بنابراین هدف این تحقیق به طور مشخص قطعه‌بندی تصاویر هوایی با هدف انتخاب محلی برای فرود اضطراری UAV است. در این پایان‌نامه فرض می‌شود که تصاویر هوایی با کیفیت مناسب تهیه شده و در اختیار قرار دارد.

۱-۷ اهمیت تحقیق

اهمیت این تحقیق از دو جنبه قابل بررسی است. اول از لحاظ گسترش کاربرد غیرنظامیUAV با حل مسئله ایمنی فرود اضطراری است. در حال حاضرUAV غالباً در ارتش و به‌تازگی در شرکت‌های مستقل بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما به مرور زمان سودآوری UAVها به نقطه‌ای خواهد رسید که هزینه‌های آن برای گروه‌های بیشتری خصوصاً در بخش غیرنظامی توجیه‌پذیر خواهد بود و این باعث افزایش پروازها و عملیات‌های UAV در فضاهای غیرنظامی می‌شود. تعداد بیشتر UAVها منجر به افزایش احتمال وقوع خرابی می‌شود. بنابراین باید تأکید و توجه بیشتری روی توسعه سیستم‌های ایمنیUAVها از جمله سیستم فرود اضطراری معطوف گردد. در شمار زیادی از خرابی‌هایی که ممکن است در UAV رخ دهد، فرود فوری ضروری است. فرود UAV وسط یک آزاد راه شلوغ یا در حیاط یک مدرسه قابل‌قبول نیست. انتخاب خودکار محل فرود اضطراری برای یکUAV که بر فراز نواحی غیرنظامی پرواز می‌کند یک ضرورت محسوب می‌شود. قابلیت انتخاب خودکار محل فرود اضطراری، احتمال صدمه زدن UAV به انسان‌ها را کاهش خواهد داد، مانع از خسارت زدن UAV به محیط در موقع فرود خواهد شد و در نهایت به حفظ خود UAV نیز کمک خواهد کرد.

همان‌طور که در بخش۱-۶ اشاره کردیم بحث این پایان‌نامه معطوف به قطعه‌بندی تصاویر هوایی است. قطعه‌بندی یک مسئله دشوار در حوزه بینایی ماشین و پردازش تصویر محسوب می‌شود. در تصاویر هوایی تغییر تعداد کلاس‌ها در تصاویر مختلف، چرخش و انتقال محور دید، حذف قسمتی از شئ، تغییر مقیاس و تغییر سطح روشنایی، قطعه‌بندی را مشکل‌تر می‌سازد. به‌علاوه در مسئله فرود اضطراری، الگوریتم قطعه‌بندی باید در عین سادگی دقیق باشد. تنها تحقیقی که تا زمان نگارش این پایان‌نامه به‌طور خاص به این موضوع پرداخته[۳] بعد از این‌که موفق به قطعه‌بندی رضایت‌بخش تصاویر هوایی نشده از آشکارسازی لبه و یک اندازه‌گیری روشنایی برای پیداکردن نواحی خالی از مانع تصویر استفاده کرده است. بنابراین حل یک مسئله پیچیده به روشی ساده و در عین حال دقیق در این تحقیق حائز اهمیت است.

۱-۸ ساختار پایان‌نامه

فصل دوم این پایان‌نامه به معرفی مفاهیم کلی مثل قطعه‌بندی تصویر، مفهوم بافت، طبقه‌بندی، اندازه‌گیری شباهت، انواع مشخصه و فضاهای رنگ اختصاص یافته است. در فصل سوم الگوریتم قطعه‌بندی پیشنهادی معرفی و در فصل چهارم نتایج الگوریتم پیشنهادی روی تصاویر هوایی ارزیابی شده است. در نهایت در فصل پنجم خلاصه‌ای از پایان‌نامه و پیشنهاداتی برای بهبود عملکرد الگوریتم ارائه شده است.