

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پیاده‌سازی سامانه‌ی اجتناب از مانع بروی ربات شش‌پره

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر – هوش مصنوعی و رباتیک

داریوش حسن‌پور‌آده

استاد راهنما

دکتر مازیار پال‌هنگ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر – هوش مصنوعی و رباتیک آقای
داریوش حسن پور آده
تحت عنوان

پیاپی سازی سامانه ی اجتناب از مانع بروی ربات شش پره

در تاریخ ... توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت:

دکتر مازیار پالهنک

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر ...

۳- استاد داور (اختیاری)

دکتر ...

۴- استاد داور (اختیاری)

دکتر محمد رضا تابان

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

تشکر و قدردانی

پروردگار منّان را سپاسگزارم

کلیه 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 عزیزم

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
هشت	فهرست مطالب
نه	فهرست تصاویر
۱	چکیده
۲	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱ عنوان قسمت
۳	فصل دوم: تاریخچه و مرور کارهای پیشین
۳	۱-۲ مقدمه
۴	۲-۲ تاریخچه پرواز و پهپاد
۹	۳-۲ مرور کارهای پیشین
۹	۴-۲ نتیجه گیری
۱۰	فصل سوم: مفاهیم علمی پیش نیاز پایان نامه
۱۰	۱-۳ عنوان قسمت
۱۱	فصل چهارم: روش پیشنهادی
۱۱	۱-۴ عنوان قسمت
۱۲	فصل پنجم: نتایج عملی
۱۲	۱-۵ عنوان قسمت
۱۳	فصل ششم: نتیجه گیری و جمع بندی
۱۳	۱-۶ عنوان قسمت
۱۳	مراجع
۱۵	چکیده انگلیسی

فهرست تصاویر

- ۵-۲ موشک کروزر اولیه به نام RAE Larynx ۵
- ۲-۲ هواپیمای Curtiss N2C-2 کنترل شونده از راه دور که در توسط ایالات متحده آمریکا در سال ۱۳۱۷ (۱۹۳۸) ۶
- ۳-۲ پهپاد پستونی OQ-2 یکی از موفق ترین پهپادهای اولیه که در دوران جنگ جهانی دوم ساخته شد و با تولید بیش از ۹،۴۰۰ عدد به تولید انبوه رسید [۷]. ۷
- ۴-۲ پهپاد MQ-1 Predator ساخته شده توسط شرکت آمریکایی General Atomics که علاوه بر توانایی اجرای عملیات شناسایی و نظارتی امکان اجرای حملات تخریبی به صورت محدود را دارد. ۸
- ۵-۲ پهپاد ۶ پره مورد استفاده در این پژوهش ۸

چکیده

واژه‌های کلیدی: ۱- پهباد، ۲- امنیت پرواز، ۳- اجتناب از موانع.

فصل اول

مقدمه

۱-۱ عنوان قسمت

فصل دوم

تاریخچه و مرور کارهای پیشین

۱-۲ مقدمه

«پرنده هدایت‌پذیر از دور یا به اختصار پهپاد که به آن وسیله هوایی بدون سرنشین نیز گفته می‌شود، نوعی وسیله هوایی هدایت‌پذیر از راه دور است.» تعریفی است که از پهپاد در ویکی‌پدیا آمده است [۱۱]. پهپاد به دو دسته کنترل‌شونده از راه دور توسط عامل انسانی و به صورت کاملاً خودکار و برنامه‌ریزی شده می‌شوند. تاریخچه به وجود آمدن پهپادهای مدرن ریشه نظامی داشته و در مأموریت‌های نظامی که برای انسان خطر یا خسته کننده بودند استفاده می‌شد. به جهت پیشرفت روزافزون تکنولوژی‌های ساخت پهپاد، اکنون شاهد کاربردهای غیرنظامی آن‌ها هستیم. راهبری پهپادها همانند سایر ربات‌ها دارای خطراتی هستند که مهمترین آن‌ها خطر برخورد با موانع موجود در مسیر هست که در مورد پهپادها غالباً منجر به از دست رفتن کنترل، سقوط و از بین رفتن ربات می‌شود. از اینجا هست که نیاز به ارائه روش‌های اجتناب از مانع برخط^۱ در پهپادها ضروری به نظر می‌رسد. از میان روش‌های اجتناب از مانع روش حسگر-مبنا^۲ در زمینه‌ی ربات‌های هوایی استفاده می‌شود زیرا علاوه بر دینامیک پویا و غیرخطی پهپادها که هم‌بستگی شدیدی با متغیرهای محیطی (همانند سرعت جریان، تراکم هوا و غیره) دارد تغییرات محیط خارجی نیز از پویایی بالایی برخوردار است. روش‌های دیگری همانند طرح‌ریزی

^۱Online

^۲Sensor-based

سراسری [۳] نیز به جهت اجتناب از مانع وجود دارد ولی به دلیل آنکه این روش در صنعت هوایی به دلایل ذکر شده توانایی مورد استفاده قرار گرفته شدن را ندارد و از پیگیری این روش در این پژوهش اجتناب می‌کنیم.

در ادامه‌ی این فصل به مروری کوتاه از تاریخچه‌ی پرواز و پهپادها می‌پردازیم و سپس به بررسی کارهای قبلی انجام شده در رابطه با اجتناب از موانع ربات‌های چندپره به صورت خاص می‌پردازیم. دلیل آنکه به صورت خاص بروی روش‌های پیاده‌سازی شده بروی ربات‌های چندپره تمرکز می‌کنیم این است که پهپادها در حالت عموم دارای دینامیک و مشخصات منحصر به فرد و نهایتاً دارای کنترل‌های متفاوتی هستند که این امر منجر خواهد شد که هر حسگری را نتوان در هر پهپادی مورد استفاده قرار داد؛ که این دلایل باعث می‌شود روش‌های متفاوتی بجهت اجتناب از مانع برای انواع پهپادها مطرح شود. برخی از روش‌ها مانند روش‌های VFH [۲] و VFH+ [۶] دارای عمومیت هستند که می‌توان آن‌ها را در ربات‌های زمینی و اکثر ربات‌های هوایی مورد استفاده قرار داد. لذا در مرور این بخش علاوه بر کارهای انجام شده در زمینه‌ی اجتناب از مانع ربات‌های چندپره به بررسی مختصر این روش‌های عمومی نیز خواهیم پرداخت.

۲-۲ تاریخچه پرواز و پهپاد

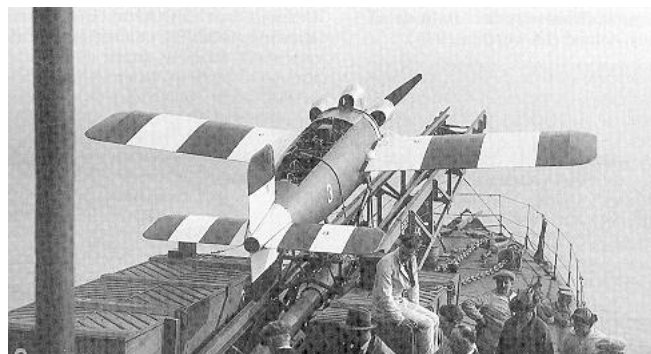
از دیرباز رویای پرواز در ذهن انسان‌ها جا باز کرده بود، آسمان محلی مقدسی بود که استوره‌های باستان با هیبتی خداوندی از آن به زمین می‌آمدند... که این طرز نگرش نیازمند این بود که پرواز کردن و صعود به گنبد کبود به کهن‌ترین آرزوی آدمی بدل شود. این آرزو در اولین فرصت خود یعنی در حدود ۴۰۰ سال ق.م. با اختراع کایت^۱ که می‌توانست پرواز کند توسط مردمان چین به آتشی شعله‌کش در میان نسل بشر بدل گردید. جایگاه پرواز بقدری باارزش بود که در آن موقع کایت را به عنوان یک وسیله مقدس برای مراسم‌های مذهبی استفاده می‌کردند. بعد از گذشت سالیان دراز لئوناردو داوینچی در سال ۱۴۸۰ (م. ۱۴۸۰) فرصتی دوباره به این رویای کهن داد تا بلکه بتواند این رویا را به واقعیت بدل کند؛ وی اولین مطالعه رسمی تاریخ را بروی ماهیت پرواز انجام داد که این مطالعه شامل بیش از ۱۰۰ نقشه و تئوری پرواز بود. در سال ۱۱۶۲ (۱۷۸۳ م.) اولین بالن هوای گرم توسط برادران منتگولفیر^۲ ارائه شد. همچنین اولین گلایدر به همت آقای کی‌لی^۳ در یک دوره ۵۰ ساله در بین سال‌های ۱۱۷۸ (۱۷۹۹ م.) و ۱۲۲۹ (۱۸۵۰ م.) اختراع شد و بهبود پیدا کرد. در سال ۱۲۷۰ (۱۸۹۱ م.) یک مهندس آلمانی^۴ روی ایرودینامیک و طراحی گلایدرها مطالعه کرد و اولین فردی بود که توانست گلایدری را طراحی کند که می‌توانست یک انسان را در مسافت‌های طولانی حمل کند. در همان

¹ Kite

² Joseph and Jacques Montgolfier

³ George Cayley

⁴ Otto Lilienthal



شکل ۲-۱: موشک کروزر اولیه به نام RAE Larynx

سال آقای لنگلی^۱ متوجه شد که به نیرو جهت پرواز انسان نیاز هست و مدلی را ارائه داد که دارای موتور بخار بود توانست ۳/۴ مایل را قبل اینکه سوختش تمام شود حرکت کند [۴].

جنگ‌ها در کنار ویرانگری‌هایی که از خود پشت سر می‌گذارند همیشه باعث تکامل و جهش عمل بشری بوده‌اند؛ در جنگ‌های جهانی (به‌خصوص جنگ جهانی دوم) نوآوری‌های زیادی در زمینه علوم هوا و فضا و رباتیک شد. اولین بار در اواخر جنگ جهانی اول بود که یک هواپیمای بدون سرنشین اختراع شد که توسط یک سامانه‌ی رادیویی کنترل می‌شد. در میانه‌ی جنگ‌های جهانی (سال‌های ۱۳۰۶ (۱۹۲۷ م.) تا ۱۳۰۸ (۱۹۲۹ م.)) اولین موشک کوروز (شکل ۲-۱) که بصورت یک هواپیمای تک-باله ساخته شد که از روی یک کشتی جنگی پرتاب و توسط خلبان خود کار هدایت می‌شد. موفقیت‌آمیز بود ساخت این موشک باعث شد که چند سال بعد هواپیماهای بدون سرنشین و کنترل‌کننده‌ی رادیویی در سال ۱۳۰۹ (۱۹۳۰ م.) ساخته شوند. در طی جنگ جهانی دوم نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا شروع به انجام آزمایشاتی در زمینه‌ی هواپیماهای رادیوکنترلی در دهه‌ی ۱۳۰۹ (۱۹۳۰ م.) کرد که نهایتاً منجر به ساخت هواپیمای بدون سرنشین Curtiss N2C-2 شد که به صورت کنترل از راه دور از یک هواپیمای دیگر کنترل می‌شد که به عنوان یک سامانه‌ی ضد هوایی به خدمت گرفته شد. در همین دوران ایالات متحده آمریکا تلاش کرد دستاوردهای خود را در زمینه‌ی هواپیماهای بدون سرنشین کنترل شونده از راه دور را بروی بمب افکن‌های B-17 Flying Fortress و B-24 Liberator خود به اجرا در بیاورد که نهایتاً منجر به شکست و از دست رفتن شمار زیادی از بمب افکن‌ها شد. هواپیمای TDN-1 یک هواپیمایی بدون سرنشین بود که در سال ۱۳۱۹ (۱۹۴۰ م.) ساخته شد که می‌توانست یک بمب ۱۰۰۰ پوندی (حدوداً ۴۵۰ کیلوگرم) را به پرواز درآورده و به هدف بزند [۹].

در تاریخچه‌ی هواپیماهای بدون سرنشین تا قبل از جنگ سرد به دلیل نبود تکنولوژی‌های مدرن امروزی جنس هواپیماها از جنس موتور، پیستون و گازوییل بودند و ارتباط کنترلی آن‌ها بصورت رادیویی بود و معمولاً دارای

¹ Samuel P. Langley



شکل ۲-۲: هواپیمای Curtiss N2C-2 کنترل شونده از راه دور که در توسط ایالات متحده آمریکا در سال ۱۳۱۷ (۱۹۳۸ م.) ساخته شد.

خلبان خودکار نبوده و در صورت وجود چنین سامانه‌ای، سیستمی بسیار ساده داشته و ادمتری آن‌های صرفاً بر مبنای قطب‌نما، میزان سرعت و مدت زمان حرکت بود. در دوران جنگ سرد و بعد از آن بود که جهش‌های بزرگ در تکنولوژی‌های ساخت هواپیماهای بدون سرنشین ایجاد شد.

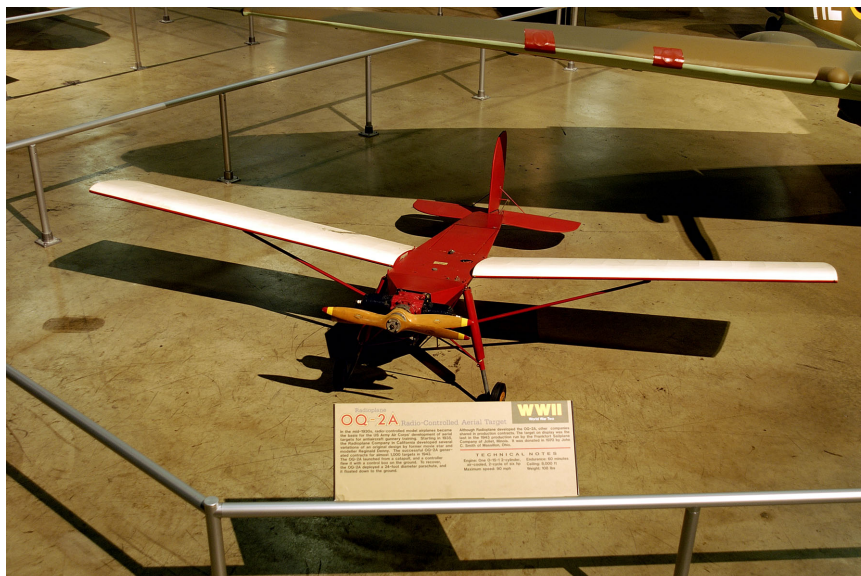
در دوران جنگ سرد در پی موفقیت‌آمیز پهپاد پستونی OQ-2 هواپیماهای رادیویی^۱ به دوره‌ی جدیدی از نوآوری‌ها وارد شدند و موج جدیدی از استفاده و بکارگیری پهپادها در ارتش ایالات متحده‌ی آمریکا به راه افتاد. شرکت Globe بعد از ساخت پهپاد پستونی KDG Snipe در سال ۱۳۲۵ (۱۹۴۶ م.) به ساخت پهپادهای KD2G و KD5G پرداخت که از نمونه‌های اولیه پهپادهای موتور-جت می‌باشند، کرد. در نهایت در اواخر دهه‌ی ۱۳۲۹ (۱۹۵۰ م.) پهپادهای جنگی پر قدرت پا به عرصه‌ی کاربردهای نظامی در سطح گسترده گذاشتند.

در همین دوره که مسابقه‌ی اتمی بین ایالات متحده‌ی آمریکا و شوروی سابق شدت یافته بود، ایالات متحده‌ی آمریکا ۸ فقره از بمب افکن‌های B-17 Flying Fortresses خود را به پهپادها تبدیل کرد. این که تلاش قبلاً در دوران جنگ جهانی دوم با شکست مواجه شده بود این دفعه موفقیت‌آمیز از آب درآمد و این هواپیماها به جهت جمع‌آوری اطلاعات در ابر-رادیواکتیو^۲ به خدمت گرفته شد. این هواپیماها در هنگام برخاست و فرود توسط یک کنترل کننده بروی یک جیب کنترل می‌شد و در هنگام پرواز وسیله‌ی یک هواپیمای B-17 دیگر از راه دور کنترل می‌شد. گرچه پیکربندی این پهپاد دارای موفقیت‌هایی در اجرا بود ولی به دلیل سیستم پیچیده‌ی پیاده‌سازی شده روی آن میزان اتفاقات آن نیز بالا بود.

پهپادها همیشه به عنوان وسیله‌ی غیرقابل اعتماد و پرهزینه‌ی دیده می‌شد تا اینکه نیروی هوایی اسرائیل جهش بزرگی در پیشرفت روزه‌روز پهپادها در پیروزی بر نیروی هوایی سوریه در سال ۱۳۶۱ (۱۹۸۲ م.) ایجاد کرد.

^۱Radioplane

^۲Radioactive Cloud



شکل ۲-۳: پهپاد پستونی OQ-2 یکی از موفق‌ترین پهپادهای اولیه که در دوران جنگ جهانی دوم ساخته شد و با تولید بیش از ۹,۴۰۰ عدد به تولید انبوه رسید [۷].

اسرائیل با پیاده‌سازی سیستمی که با همکاری پهپاد و جنگنده‌های دارای خلبان توانستند به سرعت تعداد زیادی از هواپیماهای جنگنده سوری را از بین ببرند. در این جنگ پهپادها به عنوان طعمه^۱، متخل کننده^۲ الکترونیکی و شناساگر ویدئویی^۳ مورد استفاده واقع می‌شدند [۹].

در حالت کلی پهپادها را میتوان به ۵ دسته زیر دسته‌بندی کرد [۵]:

۱. هدف و طعمه^۴: تیراندازی کردن به اهداف زمینی و هوایی.
۲. شناسایی^۵: جمع‌آوری اطلاعات نظامی.
۳. مبارزه^۶: امکان تهاجم نظامی برای مأموریت‌های خطر.
۴. تحقیقات و توسعه^۷: برای تحقیق و توسعه پهپادهای آزمایشی نسل آینده.
۵. تجاری و غیرنظامی^۸: اختصاصا برای کاربردهای غیرنظامی طراحی شده‌اند.

در دوره حاضر پهپادهای پیشرفته‌ی زیادی با کاربردهای مختلفی ساخته شده است. که از معروف‌ترین و پیشرفته پهپادهای نظامی می‌توان به پهپاد MQ-1 Predator که متعلق به ارتش ایالات متحده‌ی آمریکا می‌باشد که این پهپاد در اوایل دهه‌ی ۱۳۶۹ (۱۹۹۰ م.) برای کاربردهای نظارتی ساخته شد که دارای دوربین‌ها و

¹Decoy

²Jammer

³Video Reconnaissance

⁴Target and decoy

⁵Reconnaissance

⁶Combat

⁷Research and development

⁸Civil and Commercial



شکل ۲-۴: پهپاد MQ-1 Predator ساخته شده توسط شرکت آمریکایی General Atomics که علاوه بر توانایی اجرای عملیات شناسایی و نظارتی امکان اجرای حملات تخریبی به صورت محدود را دارد.



شکل ۲-۵: پهپاد ۶ پره مورد استفاده در این پژوهش

تعدادی سنسور دیگر می‌باشد و بعدها به گونه‌ای تغییر یافت که امکان حمل ۲ عدد موشک را نیز داشته باشد؛ این پهپاد از سال ۱۳۷۴ (۱۹۹۵ م.) در عملیات‌های نظامی مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است [۸].

پهپادی که در این پژوهش به صورت خاص مورد توجه واقع شده از خانواده‌ی پهپادهای چندموتوره^۱ می‌باشد. خانواده‌ی پهپادهای چندموتوره به پهپادهایی گفته می‌شود که برای پرواز به بیش از دو موتور نیازمند هستند. مزیت کاربردی این خانواده از پهپادها، سادگی نسبی مکانیکی آن بجهت کنترل پرواز می‌باشد که این سادگی علاوه بر اینکه هزینه‌ی ساخت و تولید این نوع از کوپترها را پایین می‌آورد^۲، باعث شده این خانواده به جمع پهپادهایی با استفاده‌ی غیرنظامی و تجاری بپیوندد. پهپادهای ۳ پره، ۴ پره، ۶ پره و ۸ پره از زیرمجموعه‌های متعارف این خانواده می‌باشند [۱۰]. ما روش پیشنهادی خود را در این تحقیق را بروی یک دستگاه ۶ پره اجرا کرده‌ایم که در فصل‌های بعدی مفصلاً شرح داده خواهد شد.

^۱ Multicopter

^۲ بدون در نظر گرفتن امکانات خاص، به راحتی می‌توان با مبلغ تاجیزی حدود ۱۰ دلار کوادکوپتری بجهت تفریح در اختیار داشت [۱].

۲-۳ مرور کارهای پیشین

مسالهی چالش برانگیز اجتناب از مانع از قدیم تا به کنون یکی از مسائلی بوده که توجهات زیادی را به خود جلب کرده است بطوری که از سال ۱۳۸۹ (۲۰۱۰ م.) تا به کنون چندصد مقاله علمی در این رابطه منتشر شده است؛ در این پژوهش ما علاوه بر در نظر داشتن روش‌های قدیمی که موفقیت‌آمیز بودن آن‌ها در طی زمان ثابت شده است، روش‌های نوین را نیز مورد بررسی قرار داده‌ایم. از آنجایی که این مسئله حجم قابل توجهی تحقیق را به خود تخصیص داده است ما بجهت اینکه این پژوهش به‌روز باشد در این قسمت فقط به مروری خلاصه از آنچه که از سال ۱۳۸۹ (۲۰۱۰ م.) تا به کنون منتشر شده است بسنده می‌کنیم.

در این قسمت به بررسی روش‌های متعددی که بجهت اجتناب از مانع صورت گرفته است خواهیم پرداخت که در ابتدا الگوریتم‌های پایه این شاخه از رباتیک را مرور خواهیم کرد سپس به بررسی روش‌های مختلفی چون کنترل، شبکه‌های عصبی مصنوعی، پردازش تصویر و بینایی ماشین در اجتناب از مانع خواهیم پرداخت؛ همچنین به مروری بر روش‌های اجتناب مانع پیاده‌سازی شده در ربات‌های زمینی و پهپادها در حالت کلی خواهیم پرداخت و در نهایت با معرفی کارهایی که در ربات‌های چندپره به صورت انحصاری و همچنین از دیگر کاربردهای الگوریتم‌های اجتناب از مانع در دنیای مدرن به این بخش خاتمه خواهیم داد.

۲-۴ نتیجه‌گیری

در این قسمت بلاح بلاح بلاح

فصل سوم

مفاهیم علمی پیش نیاز پایان نامه

فصل چهارم

روش پیشنهادی

۴-۱ عنوان قسمت

فصل پنجم

نتایج عملی

۵-۱ عنوان قسمت

فصل ششم

نتیجه گیری و جمع بندی

مراجع

- [1] Amazon. Cheerson cx-10 mini 29mm 4ch 2.4ghz 6-axis gyro — Amazon. <https://www.amazon.com/Cheerson-2-4GHz-6-Axis-Quadcopter-Bright/dp/B00KXZC762/>. [Online; accessed 6-September-2016].
- [2] Johann Borenstein and Yoram Koren. The vector field histogram-fast obstacle avoidance for mobile robots. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 7(3):278–288, 1991.
- [3] Sayed Navid Hoseini Izadi. Autonomous navigation in unknown off-road environment based on family of bug algorithms. Master's thesis, Department of Electrical and Computer Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran, 1 2014.
- [4] NASA. Histroy of flights. <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/UEET/StudentSite/historyofflight.html>. [Online; accessed 4-September-2016].
- [5] TheUAV. Uavs. <http://www.theuav.com>. [Online; accessed 6-September-2016].
- [6] Iwan Ulrich and Johann Borenstein. Vfh+: Reliable obstacle avoidance for fast mobile robots. In *Robotics and Automation, 1998. Proceedings. 1998 IEEE International Conference on*, volume 2, pages 1572–1577. IEEE, 1998.
- [7] Wikipedia. Radioplane oq-2 — wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Radioplane_OQ-2, 2015. [Online; accessed 6-September-2016].
- [8] Wikipedia. General atomics mq-1 predator — wikipedia, the free encyclopedia, 2016. [Online; accessed 6-September-2016].
- [9] Wikipedia. History of unmanned aerial vehicles — wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_unmanned_aerial_vehicles, 2016. [Online; accessed 4-September-2016].
- [10] Wikipedia. Multicopter — wikipedia, the free encyclopedia, 2016. [Online; accessed 6-September-2016].
- [11] Wikipedia. Unmanned aerial vehicle — wikipedia, the free encyclopedia, 2016. [Online; accessed 6-September-2016].

Implementation of obstacle avoidance system on quadcopter

Dariush Hasanpour Adeh

d.hasanpoor@ec.iut.ac.ir

[DATE]

Department of Electrical and Computer Engineering
Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran

Degree: M.Sc.

Language: Farsi

Supervisor: Assoc. Prof. Maziar Palhang (palhang@cc.iut.ac.ir)

Abstract

Key Words: Drone, Flight security, Obstacle avoidance



Isfahan University of Technology

Department of Electrical and Computer Engineering

Implementation of obstacle avoidance system on quadcopter

A Thesis

Submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Science

by

Dariush Hasanpour Adeh

Evaluated and Approved by the Thesis Committee, on ...

1. Maziar Palhang, Assoc. Prof. (Supervisor)
2. ..., Prof. (Examiner)
3. ..., Prof. (Examiner)

Mohamad Reza Taban, Department Graduate Coordinator

