

آشکارسازی و ردیابی اهداف متحرک در تصاویر پرنده‌های بدون سرنشین

وحید موسوی^۱، صفا خزائی^{۲*}

^۱ دانشجوی دکتری فتوگرامتری - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

vmoosavy@mail.kntu.ac.ir

^۲ استادیار گروه مهندسی عمران - دانشگاه جامع امام حسین (ع)

skhazai@ihu.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۵، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۶)

چکیده

یکی از قابلیت‌های ارزشمند پرنده‌های بدون سرنشین (پهپادها) توانایی آن‌ها برای ردیابی اهداف مشخص و در حال حرکت در روی زمین است. چالش مهم در ردیابی اهداف متحرک با کمک پهپاد، حرکت پس‌زمینه تصویر همراه با شیء موردنظر است. در این تحقیق الگوریتم جدیدی برای آشکارسازی و ردیابی اهداف متحرک با استفاده از هم مرجع سازی فریم به فریم تصویر اخذشده ارائه شده است به‌طوری‌که نیاز به منبع دیگر جهت اطلاع از جهت حرکت و وضعیت پهپاد ندارد. در این روش، جهت بهبود تناظر یابی از الگوریتم SURF بهبودیافته که اطلاعات رنگ را به توصیفگر ایجادشده توسط الگوریتم SURF متداول اضافه می‌نماید، استفاده می‌شود. در مرحله بعد، برای از بین بردن تناظرهای ضعیف الگوریتم RANSAC بکار گرفته می‌شود. پس از پیدا کردن نقاط متناظر قابل اعتماد در تصاویر فریم‌های متوالی، پارامترهای بین دو تصویر با استفاده از تبدیل پروژکتیو محاسبه می‌شود. در مرحله آخر برای آشکارسازی شیء متحرک به ترتیب از روش‌های تفریق فریم‌ها و قطعه‌بندی تصویر استفاده می‌شود. نتایج تجربی به‌دست آمده بر روی تصاویر ویدئویی اخذشده از یک پهپاد، نشان می‌دهد که روش پیشنهادی عملکرد مناسبی در آشکارسازی و ردیابی اهداف، با سرعت پردازش متناسب ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: پرنده‌های بدون سرنشین، آشکارسازی، ردیابی، تناظر یابی، SURF

۱- مقدمه

امروزه استفاده از پرنده‌های بدون سرشیش (پهپادها) در بسیاری از زمینه‌ها از جمله کاربردهای نظامی، کاربردهای کشاورزی، جستجو و نجات و معدن افزایش یافته است [۱]. بسیاری از این کاربردها نیاز به آشکارسازی و ردیابی اهداف متحرک دارند. روش‌های متعددی برای آشکارسازی و ردیابی اهداف متحرک ارائه شده است. با این وجود استفاده از روش‌های مطرح شده در پهپادها نیاز به پردازش حجم بالای اطلاعات دارند. به‌طور کلی روش‌های ردیابی هدف از یک دوربین در حال حرکت را می‌توان را می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی نمود. دسته اول روش‌هایی هستند که به قطعه‌بندی حرکت پرداخته و سپس از فیلترها برای برقراری ارتباط بین شی آشکارسازی شده و ردیابی مداوم آن استفاده می‌کنند. دسته دوم روش‌هایی هستند که بر مبنای استخراج ویژگی از تصویر عمل می‌کنند و شیء مورد هدف را بر اساس نحوه ظهورش در تصویر آشکارسازی کرده و مورد ردیابی قرار می‌دهند [۲، ۳].

روش‌های مبتنی بر فیلترها، ردیابی شیء را بدون توجه به نحوه ظهور آن در تصویر انجام می‌دهند و تغییرات را در کل فضای تصویر مورد بررسی قرار می‌دهند. این روش‌ها از فیلترهای تلفیق داده برای برقراری ارتباط بین اندازه‌گیری-های انجام‌شده روی تصویر و ردیابی شیء استفاده می‌کنند. اطلاعات ترکیب‌شده به‌عنوان ورودی به فیلترهای کینماتیک مانند فیلتر کالمن و یا فیلتر ذره‌ای [۴] داده می‌شود. این فیلترها در تحقیقات اخیر در ردیابی اشیاء بسیار مورد استفاده قرار گرفته‌اند و امکان ردیابی هم‌زمان چندشی را فراهم می‌کنند. با این وجود این روش‌ها از نظر محاسباتی پیچیده هستند و نیاز به پردازش زیادی دارند. از طرف دیگر، روش‌های مبتنی بر استخراج ویژگی از تصویر دارای سرعت محاسباتی بالاتری هستند و استفاده از این ویژگی‌ها برای آشکارسازی نحوه حرکت دوربین در تصاویر با پس‌زمینه متحرک بسیار مورد استفاده قرار گرفته است.

الگوریتم SURF^۱ [۵] در زمینه ردیابی هدف نتایج خوبی را ارائه داده است و به عنوان یکی از کاراترین الگوریتم‌ها در این زمینه شناخته می‌شود. در بررسی انجام شده توسط Sakai و همکارانش [۶] بر روی دقت نقاط کلیدی متناظر استخراج شده توسط الگوریتم‌های SURF

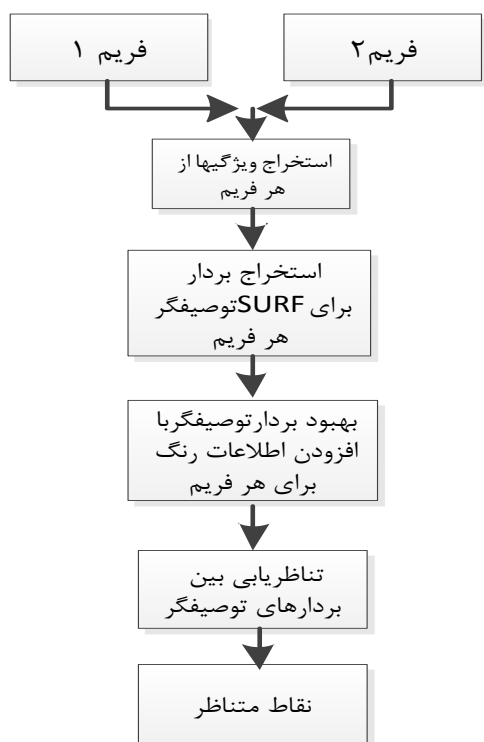
و SIFT^۲، مشخص شد که در ردیابی شیء متحرک دقت نقاط کلیدی متناظر بدست آمده توسط الگوریتم SURF بیشتر است. در استفاده از الگوریتم SURF، Ta و همکارانش [۷] الگوریتمی برای شناسایی و ردیابی اهداف متحرک در تصاویر ویدئویی اخذ شده از دوربین ثابت ارائه دادند که نتایج حاصل شده کارایی خوب آن را نشان می‌دهد. Li و همکارانش [۸] نیز روشی برای ردیابی سریع اشیای متحرک با استفاده از الگوریتم SURF و آنالیز خوشه‌بندی ارائه دادند که نتایج بررسی‌ها نشان داد که این الگوریتم در مواجهه با دوران‌ها و تغییرات مقیاس شیء متحرک در تصویر عملکرد خوبی دارد. همچنین در دو تحقیق [۹] و [۱۰] روشی برای شناسایی و ردیابی اشیای متحرک بر مبنای الگوریتم SURF و شار نوری ارائه شده است که میزان زمان مورد نیاز برای پردازش در این الگوریتم‌ها بهبود پیدا کرده است. در تحقیق [۱۱] الگوریتم دیگری برای شناسایی و ردیابی اشیای متحرک با استفاده از الگوریتم SURF و PROSAC ارائه شده است. بررسی جامعی نیز بر روی روش‌های ردیابی اشیای متحرک با استفاده از تصاویر اخذ شده از دوربین متحرک توسط [۱۲] ارائه شده است.

با وجود کارایی الگوریتم SURF در شناسایی و ردیابی اشیای متحرک، این الگوریتم اطلاعات رنگ تصویر را در نظر نمی‌گیرد و این مسئله ممکن است باعث ایجاد خطا در شناسایی نقاط متناظر و همچنین بروز خطا در مرحله هم‌مرجع‌سازی تصاویر و نهایتاً ردیابی شیء شود. در این تحقیق برای بهبود کیفیت تناظریابی در تصاویر از روش تناظریابی SURF بهبود داده شده استفاده شده است. به این صورت که اطلاعات رنگ نیز به ویژگی‌های استخراج شده از این الگوریتم اضافه شده است. استفاده از الگوریتم SURF بهبود یافته در هم‌مرجع‌سازی تصاویر اخذ شده از پهپادها جهت ردیابی اشیای متحرک در تحقیقات پیشین به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است. در این تحقیق کارایی الگوریتم SURF بهبود یافته در هم‌مرجع‌سازی تصاویر مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین استفاده از روش قطعه‌بندی تصویر با استفاده از روش حدآستانه-گذاری محلی برای شناسایی شیء متحرک مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن با روش‌های متداول مقایسه شده است.

^۲ Scale Invariant Feature Transform

^۱ Speeded-Up Robust Features

تغییر فضای رنگی اضافه می‌کند. بر این اساس در ابتدا نقاط کلیدی و توصیفگرها توسط SURF آشکارسازی و استخراج می‌شوند. سپس اطلاعات مربوط به رنگ نقاط کلیدی به توصیفگر آن نقاط اضافه شده تا یک توصیفگر ویرایش شده ساخته شود. در نهایت با استفاده از یک روش تناظریابی دوطرفه بر پایه نزدیک‌ترین فاصله اقلیدسی، نقاط متناظر استخراج می‌شوند. شکل ۱ فلوچارت این الگوریتم را نمایش می‌دهد. نقاط کلیدی در تصویر دارای سه مقدار رنگی قرمز (R)، سبز (G) و آبی (B) هستند. الگوریتم SURF در حالت اصلی بردار ویژگی ۶۴ بعدی برای هر نقطه تولید می‌کند که اطلاعات رنگ در آن وجود ندارد. نحوه افزودن اطلاعات رنگ به بردار ویژگی تولید شده توسط الگوریتم SURF در ادامه توضیح داده می‌شود.



شکل ۱- فلوچارت الگوریتم تناظر یابی SURF بهبود داده شده

در الگوریتم SURF پنجره توصیفگر به چهار زیر منطقه منظم تقسیم می‌شود که هر زیر منطقه یک بردار توصیفگر چهار بعدی دارد که در رابطه زیر نشان داده شده است [۵]:

$$v_{subregion} = \left[\sum dx, \sum dy, \sum |dx|, \sum |dy| \right] \quad (1)$$

در رابطه‌ی بالا، d_x و d_y معرف بردارهای توصیفگر چهار بعدی می‌باشند. اطلاعات رنگی نقاط کلیدی به

در ادامه‌ی این مقاله، در بخش ۲ به بیان مفاهیم الگوریتم تناظریابی مطرح شده پرداخته می‌شود. در بخش ۳ روند و فلوچارت الگوریتم ارائه شده بیان شده و در بخش ۴ نیز نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم مطرح شده ارائه شده است.

۲- مبانی نظری تحقیق

در بخش دوم این تحقیق به بررسی مبانی نظری و الگوریتم‌های مورد استفاده و بیان مفاهیم الگوریتم تناظریابی مطرح شده پرداخته می‌شود.

۲-۱- الگوریتم SURF

الگوریتم SURF شکل توسعه‌یافته الگوریتم SIFT جهت بهبود سرعت پردازش است که توسط Bay در سال ۲۰۰۶ پیشنهاد شده است. ایده اصلی الگوریتم SURF آنالیز تصویر با استفاده از تصاویر انتگرالی است که سرعت استخراج نقاط کلیدی و ایجاد بردار ویژگی را افزایش می‌دهد. نقاط کلیدی و توصیفگرهای استخراج شده، نسبت به تغییرات مقیاس، چرخش و نویز مقاوم هستند.

۲-۲- الگوریتم SURF بهبود داده شده

الگوریتم SURF، از نظر سرعت اجرایی به دلیل کاهش بردار فضای ویژگی بسیار سریع‌تر از SIFT است. اگرچه این الگوریتم نتایج خوبی را ارائه می‌دهد ولی اطلاعات رنگ تصویر را در توصیفگر خود دخیل نمی‌کند. محاسبات الگوریتم SURF بر اساس تصاویر درجه خاکستری انجام می‌شود، بنابراین توصیفگر ایجاد شده از آن تنها شامل خصوصیات تصویر درجه خاکستری است. به‌طور واضح این توصیفگرها باعث از دست رفتن اطلاعات رنگ تصویر می‌شوند و ممکن است دقت تناظر یابی را کاهش دهند. رنگ در هر تصویر، یک منبع مهم اطلاعات برای استخراج ویژگی‌های متمایزکننده است. در این مقاله برای تناظر یابی در فریم‌های متوالی، از ترکیب مزایای الگوریتم SURF و اطلاعات رنگ تصویر استفاده شده است که با حداقل حجم محاسباتی، نتایج بهتری را ارائه می‌دهد.

Huang و همکارانش [۱۳] روشی تطبیقی برای اضافه نمودن اطلاعات رنگ تصویر به الگوریتم SURF ارائه کردند که اطلاعات رنگ نقاط کلیدی را به توصیفگر SURF بدون

انتهای توصیفگر اصلی اضافه می‌شود. در صورتی که (x, y) مختصات نقطه کلیدی باشد و مؤلفه‌های رنگی پیکسل آن به صورت $R_{(x,y)}$ و $G_{(x,y)}$ در نظر گرفته شود این مقادیر جدید به انتهای بردار توصیفگر به صورت رابطه‌ی ۳ اضافه می‌شود.

$$v_{color}(x, y) = [i_1, i_2, i_3, \dots, i_{64}, R_{(x,y)}, G_{(x,y)}, B_{(x,y)}] \quad (2)$$

در رابطه‌ی بالا، i ها معرف بردارهای توصیفگر محلی می‌باشند. برای نامتغیر نمودن بردار ۶۷ بعدی توصیفگر تولید شده نسبت به دوران، مقیاس و تغییرات روشنایی در تصویر می‌بایست نرمالیزه شود. برای نرمالیزه کردن بردار توصیفگر از روابط زیر استفاده می‌شود.

$$|v_{color}| = \sqrt{\sum_{k=1}^{64} i_k^2 + R_{(x,y)}^2 + G_{(x,y)}^2 + B_{(x,y)}^2} \quad (3)$$

$$|\bar{v}_{color}(x, y)| = \left[\frac{i_1}{|v_{color}|}, \frac{i_2}{|v_{color}|}, \frac{i_3}{|v_{color}|}, \dots, \frac{R}{|v_{color}|}, \frac{G}{|v_{color}|}, \frac{B}{|v_{color}|} \right] \quad (4)$$

همانطور که در روابط فوق دیده می‌شود، بردار توصیفگر ۶۴ بعدی اصلی به بردار ۶۷ بعدی در توصیفگر جدید تبدیل شده است که علاوه بر اطلاعات توصیفگر SURF، اطلاعات رنگ را نیز در خود دارد. مزیتی که این روش دارد این است که مستقیماً از اطلاعات رنگ نقاط کلیدی استفاده می‌کند و نیاز به تبدیل فضای رنگی ندارد. در مرحله آخر بین بردارهای توصیفگر تناظر یابی بر اساس نزدیک‌ترین فاصله اقلیدسی انجام می‌گیرد و نقاط متناظر استخراج می‌شوند.

۳- روش پیشنهادی

روش ارائه‌شده در این تحقیق، با استفاده از استخراج ویژگی از تصویر و محاسبه نحوه حرکت دوربین در فریم‌های متوالی شیء هدف را آشکارسازی کرده و مورد ردیابی قرار می‌دهد. همچنین در این تحقیق روش پایدارتری برای آشکارسازی و ردیابی اهداف متحرک از طریق تناظر یابی با کمک الگوریتم SURF بهبود داده شده در تصاویر اخذشده از سکوها در حال حرکت ارائه‌شده است که قابلیت استفاده در کاربردهای آنی را دارد.

در الگوریتم ارائه‌شده، ابتدا ویژگی‌های تصویر در فریم‌های متوالی استخراج شده و از تناظر یابی با الگوریتم SURF بهبود یافته برای یافتن ویژگی‌های متناظر در فریم‌ها استفاده می‌شود. پس از تناظر یابی تصویر چهار مرحله اصلی دیگر برای آشکارسازی اشیای متحرک وجود دارد. در مرحله اول، برای از بین بردن تناظرهای ضعیف از الگوریتم RANSAC^۱ [۱۴] بهره گرفته شده است. در این روش مجموعه‌ای از نقاط تناظر یابی شده به صورت تصادفی انتخاب شده و ماتریس Fundamental محاسبه می‌شود. باقیمانده نقاط دیگر استخراج شده با توجه به این ماتریس محاسبه شده و در صورتی که تعداد نقاط مورد قبول^۲ از حد آستانه در نظر گرفته شده بیشتر باشد محاسبات متوقف می‌شود. در این صورت تمام نقاطی که باقیمانده آن‌ها از یک حد آستانه کوچکتر باشند به عنوان نقاط صحیح در نظر گرفته می‌شوند. پس از پیدا کردن نقاط متناظر قابل اعتماد در تصاویر فریم‌های متوالی، با توجه به اینکه حرکت دوربین در بین دو فریم تصویر از نوع سه بعدی است، پارامترهای بین دو تصویر با استفاده از تبدیل پروژکتیو محاسبه می‌شود. لازم به توضیح است که با توجه به بررسی‌های انجام شده توسط Ivan و همکارانش [۱۵] در خصوص مقایسه پارامترهای تبدیل پروژکتیو با مقادیر IMU پهباد مشخص شده است این تبدیل به خوبی موقعیت سیستم را مشخص می‌کند و لذا مناسب‌ترین تبدیل برای استخراج پارامترهای بین دو فریم متوالی در روش پیشنهادی است.

در مرحله آخر، از دو روش تفریق فریم‌ها و قطعه‌بندی تصویر به ترتیب برای آشکارسازی شیء متحرک استفاده می‌شود. فلوجارت روش ارائه‌شده در شکل ۲ نمایش داده شده است. الگوریتم RANSAC قابلیت کشف نقاط نامتناظر را استفاده از طریق تکرار دارد. این الگوریتم سریع‌ترین روش برای به دست آوردن نقاط متناظر با اطمینان است. پس از آن مدل حرکت پرنده در بین دو فریم از طریق استخراج پارامترهای تبدیل پروژکتیو قابل استخراج است. معادلات مورد استفاده در زیر ذکر شده است [۱۶].

$$x = \frac{a_1x + a_2y + a_3}{c_1x + c_2y + 1}, y = \frac{b_1x + b_2y + b_3}{c_1x + c_2y + 1} \quad (5)$$

^۱ RANdom SAMple Consensus

^۲ Inliers

Niblack در مقایسه با روش‌های حدآستانه‌گذاری کلی^۱ با توجه به اینکه حدآستانه به صورت محلی انتخاب می‌گردد دارای استحکام بیشتری در مقابل نویز ایجاد شده در تصاویر است.

۴- نتایج تجربی

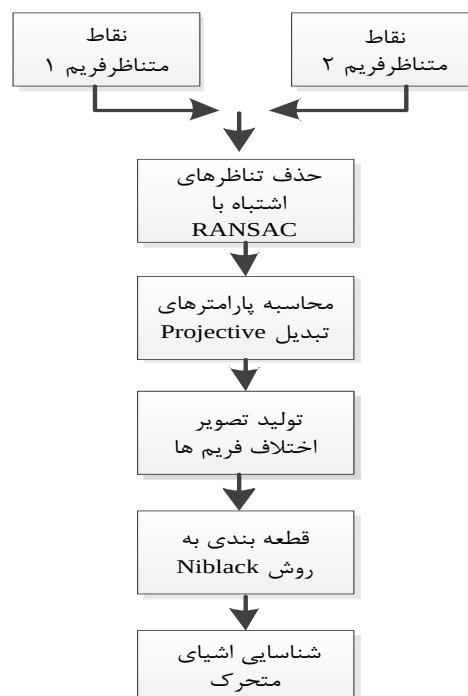
الگوریتم مطرح شده بر روی تصاویر اخذ شده از یک دوربین HD نصب شده بر روی یک پهپاد با توان تفکیک ۱۹۲۰×۱۰۸۰ پیکسل و سرعت ۶۰ فریم در ثانیه که در حال حرکت در محیط شهری است پیاده‌سازی شده و نتایج آن استخراج شده است. در ادامه، نتایج و روش پیاده‌سازی بخش‌های مختلف الگوریتم مطرح شده به تفکیک آورده شده است.

۴-۱- ارزیابی تناظر یابی با الگوریتم SURF بهبود داده شده

برای مقایسه کارایی و سرعت الگوریتم ارائه شده با توجه به استفاده از الگوریتم SURF بهبود داده شده نسبت به الگوریتم SURF متداول، در چند مرحله و در چند فریم از تصویر ویدئویی اخذ شده تناظر یابی انجام شده و کل فرآیند الگوریتم اجرا و زمان اجرای آن ثبت شد. برای اجرای برنامه از یک رایانه با سرعت پردازش 2.60G.Hz Core i5 و برنامه Matlab2015 استفاده شد. همچنین از الگوریتم RANSAC برای یافتن تناظرهای درست در میان نقاط متناظر یافته شده در هر آزمون استفاده شد. نتایج این بررسی در جدول ۱ آمده است. بررسی نتیجه به دست آمده نشان می‌دهد که اضافه کردن اطلاعات رنگ به توصیفگر الگوریتم SURF حجم محاسباتی زیادی به الگوریتم تحمیل نمی‌کند درحالی‌که نتایج تناظر یابی را تا حدود زیادی بهبود می‌دهد.

مطابق نمودار شکل ۳ به طور متوسط تعداد ویژگی‌های پیدا شده در الگوریتم SURF بهبود داده شده ۳٫۵ درصد بیشتر از الگوریتم SURF متداول است، درحالی‌که با افزایش تعداد ویژگی متمایز میزان خطا در تناظر یابی نیز کاهش پیدا کرده است. این بهبود دقت به علت اضافه نمودن اطلاعات رنگ تصویر به توصیفگر SURF و تولید ویژگی‌های متمایزکننده ایجاد شده است. همان‌طور که

پس از استخراج پارامترهای تبدیل پروژکتیو بین دو فریم متوالی، فریم قبلی را می‌توان به راحتی بر روی فریم جدید انتقال داد. با این انتقال، حرکت دوربین در بین دو فریم قابل جبران است. در مرحله بعد برای آشکارسازی اشیای در حال حرکت از تفریق فریم‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۲- فلوچارت روش پیشنهادی

در مرحله آخر برای نمایش شیء آشکارسازی شده، از قطعه‌بندی تصویر با استفاده از روش Niblack استفاده می‌شود. این روش یکی از شیوه‌های حدآستانه‌گذاری محلی برای قطعه‌بندی تصویر است. تکنیک Niblack حدآستانه در هر پیکسل تصویر محاسبه می‌شود که این محاسبه به واریانس و میانگین محلی در یک پنجره ثابت، که ابعاد آن قابل تغییر است بستگی دارد. رابطه‌ی ارائه شده توسط Niblack [۱۷، ۱۸] به صورت زیر است.

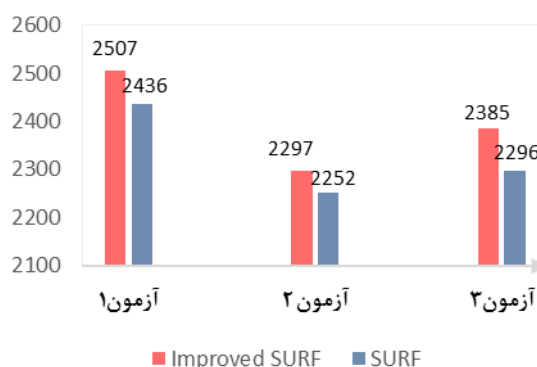
$$T(i, j) = m(i, j) + K.s(i, j) \quad (6)$$

$$T_{Niblack} = m + k \sqrt{\frac{1}{N} \sum (p_i - m)^2} \quad (7)$$

در رابطه‌ی بالا، K ضریب ثابت که مقدار آن بسته به مقدار نویز موجود در تصویر در نظر گرفته می‌شود. همچنین m و s به ترتیب میانگین و انحراف معیار پیکسل‌ها (p_i) در پنجره و N تعداد کل پیکسل‌های موجود در تصویر می‌باشد. در اینجا لازم به توضیح است که روش

^۱ Global

نتایج در جدول ۱ نشان می‌دهد الگوریتم SURF بهبود داده شده نسبت به الگوریتم SURF متداول، به‌طور متوسط دقت تناظر یابی را به میزان ۸٫۵ درصد افزایش می‌دهد. افزایش دقت تناظریابی باعث محاسبه دقیق‌تر پارامترهای تبدیل پروژکتیو شده و درنهایت دقت روش پیشنهادی در آشکارسازی و ردیابی اهداف را افزایش می‌دهد.



شکل ۳- مقایسه تعداد ویژگی‌های استخراج شده در آزمون‌های مختلف

در روش ارائه‌شده، میزان زمان صرف شده برای ردیابی شیء متحرک، مربوط به پردازش مورد نیاز برای استخراج

جدول ۱- مقایسه میزان کارایی الگوریتم تناظر یابی مورد استفاده

آزمون	الگوریتم	تعداد جفت نقاط متناظر پیدا شده	تعداد نقاط صحیح	درصد صحت (%)	زمان پردازش (میلی‌ثانیه)
آزمون ۱	SURF	۲۳۳۶	۲۱۴۹	۹۲٪	۱۵۸۳۰
	SURF بهبود داده شده	۲۴۰۷	۲۲۶۲	۹۴٪	۱۶۹۲۸
آزمون ۲	SURF	۲۲۱۸	۲۱۰۷	۹۵٪	۱۵۷۵۰
	SURF بهبود داده شده	۲۲۳۷	۲۱۸۱	۹۷٫۵٪	۱۶۸۳۴
آزمون ۳	SURF	۲۲۱۸	۲۰۶۲	۹۳٪	۱۵۵۲۰
	SURF بهبود داده شده	۲۳۴۷	۲۲۲۹	۹۵٪	۱۶۶۷۰

الگوریتم RANSAC پالایش کرد. وجود این نقاط نامتناظر در محاسبات، باعث بروز خطا در نتایج محاسبه پارامترهای تبدیل بین فریم‌های متوالی می‌شود.

۴-۲-۲- محاسبه پارامترهای تبدیل پروژکتیو

پس از استخراج نقاط متناظر قابل‌اعتماد به کمک الگوریتم RANSAC، پارامترهای تبدیل پروژکتیو مطابق معادلات مطرح شده با استفاده از روش کمترین مربعات محاسبه می‌شوند. با محاسبه این پارامترها حرکت پرنده در بین دو فریم متوالی قابل جبران خواهد بود.

۴-۲- پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی

فلوچارت شکل ۲ می‌بایست به ترتیب پیاده‌سازی شود. تمام مراحل الگوریتم مطرح شده در محیط MATLAB پیاده‌سازی شده است. در ادامه این مراحل به تفکیک هر مرحله توضیح داده شده است.

۴-۲-۱- حذف نقاط نامتناظر با الگوریتم RANSAC

جفت نقاط نامتناظر که ممکن است در اثر خطای الگوریتم تناظر یابی استخراج شوند را می‌توان با استفاده از

۴-۲-۳- تولید تصویر تفریق فریم‌ها

در مرحله بعد، پس از انتقال فریم‌ها با کمک پارامترهای تبدیل پروژکتیو بین دو فریم، تفریق بین این دو تصویر محاسبه می‌شود. شکل ۵ تصویر ایجاد شده از محاسبه تفریق فریم‌ها را نمایش می‌دهد. با توجه به اینکه پس‌زمینه تصویر در حال حرکت است، تصویر حاصل شده دارای باقیمانده است. برای حذف این مقادیر باقیمانده از تصویر، از روش‌های قطعه‌بندی با استفاده از حدآستانه‌گذاری بهره گرفته می‌شود.

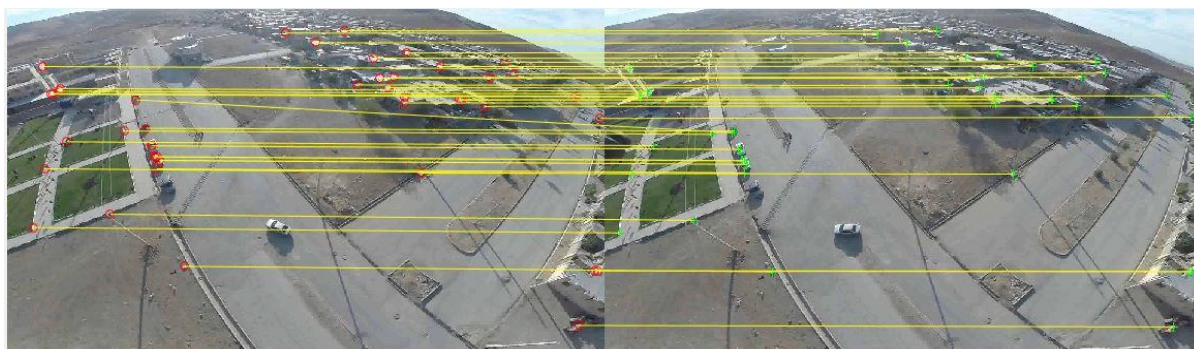
۴-۲-۴- قطعه‌بندی تصویر با روش Niblack

تصویر حاصل شده از تفریق فریم‌ها با استفاده از روش Niblack قطعه‌بندی می‌شود. برای پیاده‌سازی قطعه‌بندی

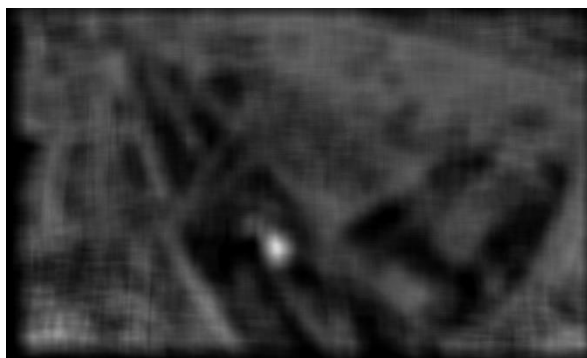
تصویر با روش Niblack از جعبه ابزار بینایی ماشین پیاده‌سازی شده توسط Petercorke [۱۹] در محیط MATLAB استفاده شده است. نتیجه این قطعه‌بندی و در شکل ۶ نمایش داده شده است.

۴-۲-۵- حدآستانه‌گذاری تصویر قطعه‌بندی شده

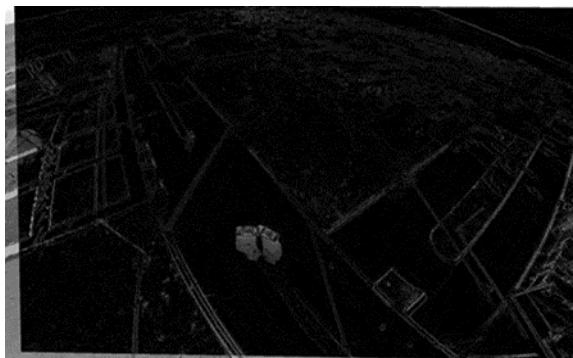
تصویر قطعه‌بندی را با استفاده از حدآستانه‌گذاری به تصویر نهایی برای آشکارسازی هدف متحرک تبدیل می‌شود. تصویر ایجاد شده از حدآستانه‌گذاری تصویر قطعه‌بندی که از مرحله قبل ایجاد شده است در شکل ۷ قابل مشاهده است.



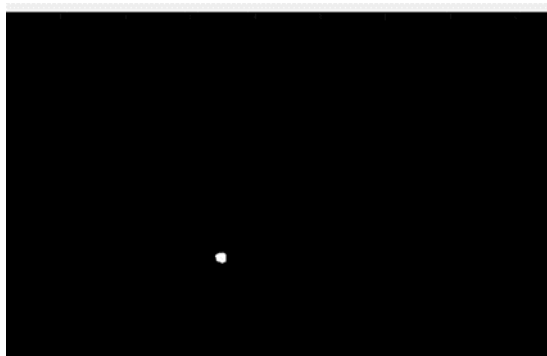
شکل ۴- نقاط متناظر با استفاده از الگوریتم SURF بهبود داده شده



شکل ۶- تصویر ایجادشده از قطعه‌بندی تصویر تفریق فریم‌ها



شکل ۵- تصویر ایجاد شده از محاسبه تفریق فریم‌ها



شکل ۷- تصویر ایجادشده از حدآستانه‌گذاری تصویر قطعه‌بندی شده

۴-۲-۶- آشکارسازی هدف متحرک

پس از تولید تصویر قطعه‌بندی شده، موقعیت هدف متحرک از آن استخراج شده و بر روی فریم اصلی نمایش داده می‌شود. در هر فریم مراحل مطرح شده تکرار شده و در نهایت هدف در حال حرکت در ویدئو اخذ شده ردیابی می‌شود. تصویر نهایی شیء آشکارسازی شده در شکل ۸ قابل مشاهده است.



شکل ۸- هدف متحرک آشکارسازی شده با استفاده از روش پیشنهادی



شکل ۹- نقاط متناظر با استفاده از الگوریتم SURF بهبود داده شده



شکل ۱۰- هدف متحرک آشکارسازی شده با استفاده از روش پیشنهادی

۳-۴- ارزیابی روش قطعه‌بندی تصویر

جدول ۲- مقایسه کارایی بین روش‌های مختلف شناسایی شیء متحرک

	روش تفریق پس زمینه دینامیک [۲۱]		روش حدآستانه- گذاری کلی [۲۰]		روش الگوریتم قطعه‌بندی Niblack	
	FNR	FPR	FNR	FPR	FNR	FPR
تصویر ۱	۱,۳۸ ٪	۵,۱ ٪	۰,۹۷ ٪	۳,۳۲ ٪	۰,۵۲ ٪	۱,۲۵ ٪
تصویر ۲	۲,۸۵ ٪	۳,۱۴ ٪	۱,۵۴ ٪	۲,۶۴ ٪	۰,۳۴ ٪	۰,۵۲ ٪
تصویر ۳	۲,۷۴ ٪	۳,۷۸ ٪	۱,۲۵ ٪	۳,۱۲ ٪	۰,۲۷ ٪	۰,۱۲ ٪

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، روشی برای آشکارسازی اشیاء متحرک در تصاویر اخذشده توسط پهپادها ارائه گردید. در این روش، ویژگی‌های مناسب با اضافه کردن اطلاعات رنگ به بردار ویژگی الگوریتم SURF استخراج شده و نقاط متناظر باکیفیت مطلوبی استخراج می‌شوند. در این تحقیق، از الگوریتم RANSAC برای حذف نقاط اشتباه در تناظریابی استفاده گردید و با کمک نقاط متناظر قابل‌اعتماد، پارامترهای تبدیل پروژکتیو بین دو فریم متوالی ویدئوی اخذشده توسط پرند محاسبه شد. با محاسبه این پارامترها، مدل حرکتی پرند در بین دو فریم تصویر قابل استخراج است. در مرحله آخر با استفاده از مدل حرکتی پرند دو فریم تصویر بر روی یکدیگر منتقل شده و تصویر تفریق شده از آن‌ها ساخته می‌شود. این تصویر توسط الگوریتم قطعه‌بندی Niblack و حدآستانه‌گذاری پالایش شده و اشیای متحرک در محیط آشکارسازی شده‌اند. نتایج بررسی این الگوریتم بر روی داده‌های ویدیویی اخذشده از یک پهپاد نشان می‌دهد که این الگوریتم عملکرد مناسبی در آشکارسازی اشیای در حال در حرکت در تصاویر با پس‌زمینه متحرک دارد. روش پیشنهادی در چند مرحله بر روی داده‌های اخذشده از پهپاد برای آشکارسازی خودروها و افراد متحرک پیاده‌سازی شد و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج ارزیابی روش تناظر یابی مطرح شده نشان می‌دهد که به‌کارگیری الگوریتم SURF بهبودیافته در تناظر یابی حجم محاسباتی کمی به روش ارائه‌شده اضافه می‌کند ولی با این‌حال تأثیر بسیار خوبی در نتایج تناظریابی ایجاد می‌شود. بر اساس نتایج بدست آمده در

در این بخش، جهت ارزیابی روش قطعه‌بندی پیشنهادی، نتایج حاصل از به‌کارگیری الگوریتم Niblack با روش‌های ارائه شده در تحقیقات پیشین مقایسه شده است. برای این منظور، تصویر تولید شده در مرحله تفریق فریم‌ها، با استفاده از روش پیشنهادی و روش‌های ارائه شده در [۲۰] و [۲۱] قطعه‌بندی شده و سه تصویر نهایی تولید شده مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. در این بررسی در همه روش‌ها از تصاویر با ابعاد ۸۷۰×۴۸۸ پیکسل استفاده شد.

روش ارائه شده در [۲۰] از قرار دادن یک حدآستانه کلی در تصویر تفریق فریم و سپس اعمال عملگرهای منطقی بین فریم‌های متوالی برای شناسایی شیء متحرک استفاده کرده است. در مقاله [۲۱] استفاده از روش تفریق پس‌زمینه به صورت دینامیک پیشنهاد شده است. بدین صورت که پس از استخراج تصویر تفریق فریم‌ها، یک حدآستانه کلی برای تصویر در نظر گرفته شده و قطعه‌بندی با استفاده از آن انجام می‌پذیرد. سپس قالب پس زمینه مورد استفاده با کمک قالب پس زمینه فریم قبلی به‌روز رسانی مجدد می‌شود.

برای مقایسه تصاویر حاصل از روش‌های مطرح شده از مقایسه نرخ FP (پیکسل‌های پس زمینه که به عنوان شیء متحرک طبقه‌بندی شده‌اند) و نرخ FN (پیکسل‌های شیء متحرک که به عنوان پس زمینه در نظر گرفته شده‌اند) استفاده شده است. برای استخراج داده واقعی از تصاویر، شیء متحرک به صورت دستی قطعه‌بندی و انتخاب شده است. نتایج تجربی حاصل از این مقایسه در جدول ۲ نمایش داده شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم پیشنهادی به سبب استفاده از حدآستانه به صورت محلی، به طور میانگین، دارای مقدار نرخ FP و FN پایین‌تری نسبت به دو روش دیگر است. به طور متوسط، نرخ FP در روش پیشنهادی به میزان ۲ درصد و نرخ FN در آن به میزان ۳,۵ درصد پایین‌تر از دو روش دیگر است. این مقدار نرخ پایین‌تر نشان می‌دهد که روش پیشنهادی میزان خطای نوع اول و خطای نوع دوم را کاهش داده و موجب شناسایی شیء متحرک با میزان نویز کمتری شده است. این موضوع عملکرد بهتر روش پیشنهادی را نسبت به دو روش دیگر نشان می‌دهد.

۱ False Positive Rate (FPR)

۲ False Negative Rate (FNR)

روش پیشنهادی، تناظریابی با کمک الگوریتم SURF بهبودیافته علاوه بر اینکه متوسط میزان زمان پردازش را به میزان ۶ درصد افزایش می‌دهد، دقت تناظریابی را نیز به طور متوسط ۸,۵ درصد بهبود می‌دهد. بررسی‌های دیگر نیز، استحکام روش پیشنهادی را در آشکارسازی و ردیابی اشیا و افراد متحرک نشان می‌دهد. همچنین نتایج ارزیابی روش پیشنهادی برای قطعه‌بندی تصویر نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم قطعه‌بندی

مراجع

Niblack میزان خطای نوع اول و دوم را کاهش داده و امکان شناسایی شی متحرک با مقدار نویز کمتری را فراهم می‌کند. پیشنهاد می‌شود که در مرحله‌ی قطعه‌بندی کارایی روش‌های دیگر مانند روش‌های قطعه‌بندی فازی در مقایسه با Niblack ارزیابی شود. همچنین روش ارائه‌شده بر روی تصاویر اخذشده در شرایط مختلف محیطی مانند شرایط نوری متفاوت در محیط، لرزش زیاد دوربین، غبار و مه در محیط نیز ارزیابی شود.

- [1] DeFranco, P., Detecting and Tracking Moving Objects from a Small Unmanned Air Vehicle. 2015.
- [2] Kalal, Z., K. Mikolajczyk, and J. Matas, Tracking-learning-detection. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 2012. 34(7): p. 1409-1422.
- [3] Wang, Q., et al., Object tracking via partial least squares analysis. Image Processing, IEEE Transactions on, 2012. 21(10): p. 4454-4465.
- [4] Szottka, I. and M. Butenuth, Advanced particle filtering for airborne vehicle tracking in urban areas. Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, 2014. 11(3): p. 686-690.
- [5] Bay, H., T. Tuytelaars, and L. Van Gool, Surf: Speeded up robust features, in Computer vision-ECCV 2006. 2006, Springer. p. 404-417
- [6] Sakai, Y., et al. An Object Tracking System Based on SIFT and SURF Feature Extraction Methods. in Network-Based Information Systems (NBIS), IEEE 18th International Conference on. 2015.
- [7] Ta, D.-N., et al. Surftrac: Efficient tracking and continuous object recognition using local feature descriptors. IEEE Conference in Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009.
- [8] Li, Y., J.-Y. Li, and Z.-P. Xu, Moving target fast tracking using SURF and cluster analysis method. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2011. 26(4): p. 544-550.
- [9] Choi, J. and Y. Cho, A study on algorithm fusion for recognition and tracking of moving robot. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 2012. 6(12): p. 1757-1762.
- [10] Li, J., Y. Wang, and Y. Wang, Visual tracking and learning using speeded up robust features. Pattern Recognition Letters, 2012. 33(16): p. 2094-2101.
- [11] Sun, W., et al. Small Moving Object Tracking in Dynamic Video. IEEE in 2015 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP). 2015.
- [12] Pan, Z., S. Liu, and W. Fu, A review of visual moving target tracking. Multimedia Tools and Applications, 2016: p. 1-30.
- [13] Huang, L., et al., Adaptive registration algorithm of color images based on SURF. Measurement, 2015. 66: p. 118-124.
- [14] Niedfeldt, P.C. and R.W. Beard. Multiple target tracking using recursive RANSAC. IEEE in American Control Conference (ACC), 2014.
- [15] Mondragón, I.F., et al. 3D pose estimation based on planar object tracking for UAVs control. IEEE in Robotics and automation (ICRA), 2010 IEEE international conference on. 2010.
- [16] Hartley, R. and A. Zisserman, Multiple view geometry in computer vision. 2003: Cambridge university press.
- [17] Niblack, W., An introduction to digital image processing. 1985: Strandberg Publishing Company.
- [18] Sezgin, M., Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation. Journal of Electronic imaging, 2004. 13(1): p. 146-168.
- [19] corke, p. MATLAB toolbox software. 2016; Available from: <http://www.petercorke.com/Toolboxes.html>.
- [20] Xie, S., et al. Fast detecting moving objects in moving background using orb feature matching. IEEE Fourth International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP), 2013.
- [21] Zhou, M. and V.K. Asari, Speeded-up robust features based moving object detection on shaky video, in Computer Networks and Intelligent Computing. 2011, Springer. p. 677-682