ردیابی و تشخیص بی‌درنگ اهداف نظامی پرنده از غیرنظامی در تصاویر ویدئویی

نویسندگان: احسان اکبری سکه روانی- akbarisekkehravani@gmail.com
مهدی مسعودی- mehdimadsoodi211@yahoo.com

چکیده: ردیابی اشیاء متحرک در دنباله‌ای از تصاویر یکی از شاخه‌های مهم و کاربردی بینائی ماشین را تشکیل می‌دهد. آشکارسازی و ردیابی شیء پرنده با ویژگی‌های ناشناخته جزء مباحث نادر در موضوع آشکارسازی و ردیابی اهداف می‌باشد که این مقاله نیز با تمرکز ویژه بر آن شامل دو بخش اساسی می‌باشد. بخش اول شامل ردیابی چندگانه اهداف هوایی پرنده است، ابتدا اهدافی که در حال حرکت هستند تشخیص و ردیابی می‌گردند برای این منظور از الگوریتم فیلتر ذره‌ای استفاده گردیده است. بخش دوم که بخش شناسایی اشیاء می‌باشد بر مبنای چهار معیار تحلیل اندازه، بردار سرعت، مسیریابی و تصاویر حرارتی نوع اهداف پرنده (هواپیمایی نظامی یا غیرنظامی) ردیابی شده را شناسایی می‌کند. برای نشان دادن کارایی و مقاومت الگوریتم و سیستم فوق، آن را بر روی چند سناریو در ویدئوهای متفاوت که شامل چالش‌هایی از قبیل: تعداد اهداف (هواپیماها)، مسیر حرکتی متفاوت، جهت حرکت متفاوت، سرعت‌های مختلف و متفاوت بودن هدف است، اجرا گردیده است که از مهم‌ترین چالش‌ها می‌توان به‌سرعت پردازش، و زاویه تصویربرداری اشاره کرد.

کلیدواژه: اهداف پرنده، تشخیص شیء، ردیابی شیء، فیلتر ذره ای

۱ – مقدمه

دنیای واقعی علاوه بر اشیاء ثابت اغلب حاوی اشیاء متحرک نیز هست. ازاین‌رو سیستم‌های بینائی طبیعی درواقع یک جریان پیوسته از داده‌های صحنه مشاهده‌شده را حس و پردازش می‌کنند و کمتر با ادراک تصاویر کاملاً ثابت روبرو هستند. در بینائی ماشین نیز وضعیت مشابهی وجود دارد. سیستم بینائی بسیاری اوقات با دنیای در حال تغییری روبروست که باید با گرفتن تصاویر پی‌درپی از آن بتواند آن را حس و ادراک کند. ازجمله مسائل موردعلاقه در این راستا مسئله ردیابی حرکت اشیاء در دنباله‌ای از تصاویر است. در این مسئله، درواقع، سیستم بینائی سعی دارد با دریافت تصاویر متوالی از صحنه در طی زمان حرکت اشیاء در صحنه را تشخیص داده و مسیرهای حرکت آن‌ها را مشخص کند. ردیابی اشیاء یکی از کارهای مهم در حوزه بینائی ماشین محسوب می‌گردد. توسعه رایانه‌های قدرتمند، در دسترس بودن دوربین‌های باکیفیت و ارزان‌قیمت، و نیاز روزافزون برای تحلیل های خودکار ویدئویی توجه زیادی را به الگوریتم‌های ردیابی اشیاء معطوف ساخته است.

۲- بخش اول آشکارسازی و ردیابی اهداف هوایی پرنده

تحلیل و بررسی تصاویر ویدئویی وظیفه اصلی یک سیستم بینایی کامپیوتری است که در زمینه‌های بسیاری ازجمله نظارت ویدئویی، سیستم‌های بررسی ترافیک، برقراری ارتباط بین انسان و کامپیوتر، دریانوردی و ... کاربرد دارد. تحلیل تصاویر ویدئویی شامل سه مرحله اساسی است که عبارتند از :

۱- آشکارسازی شیء متحرک دلخواه
۲- دنبال کردن مسیر این شیء در فریم‌های متوالی
۳- تحلیل مسیر حرکت شیء به‌منظور شناسایی رفتار آن، تشخیص نوع شیء و صدور فرمان‌های کنترلی موردنیاز

در فرآیند کشف و آشکارسازی اهداف به‌وسیله رایانه سعی می‌شود المان‌های تفسیر به روابط ریاضی تبدیل‌شده و در قالب الگوریتم‌های مشخص روی تصاویر پیاده‌سازی شوند. نکته حائز اهمیت در این بحث، گزینش ویژگی‌ها یا پارامترهای مناسب جهت استخراج اطلاعات هدف می‌باشد چراکه بقیه الگوریتم از این مسیر تبعیت خواهند کرد و تحت‌الشعاع آن قرار می‌گیرند. سؤالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که ویژگی‌های مناسب چه هستند و یا چطور می‌توان یک مجموعه مناسب از ویژگی‌ها را از بین

ویژگی‌های در دسترس انتخاب نمود. بسیار مهم است توجه کنیم که عملکرد سیستم کشف و آشکارساز اهداف به طرز نمایش اشیاء در آن بستگی دارد و هر چه نمایش اشیاء در سیستمی دقیق‌تر و بر اساس اطلاعات و ویژگی‌های کامل‌تری باشد، آن سیستم قدرت تشخیص بیشتری نیز خواهد داشت. بنابراین یک عامل تعیین‌کننده در انتخاب ویژگی قدرت نمایش یا رزولوشن داده‌های موجود می‌باشد. بر این اساس اینکه یک فرآیند کشف هدف و به‌تبع آن ارزیابی استتار چه مسیری را طی می‌کند تا حدود بسیار زیادی به این موضوع وابسته است[۱].

یکی از مراحل ابتدایی در پردازش یک تصویر، قطعه‌بندی تصویر می‌باشد که یکی از سخت‌ترین و مهم‌ترین مراحل پردازش تصویر است. قطعه‌بندی در پردازش تصویر امروزه در اکثر شاخه‌های علمی و صنعتی موردتوجه بوده و در بسیاری از این شاخه‌ها شناسایی اجزای اصلی سازنده تصویر دارای اهمیت زیادی است. به‌عنوان‌مثال تشخیص و رهگیری خودکار اهداف متحرک در کاربردهای نظامی و تفکیک محصولات مختلف در کاربردهای صنعتی را می‌توان به‌عنوان برخی از کاربردهای قطعه‌بندی تصویر نام برد.

آشکارسازی، مرحله بنیادی برای تحلیل تصاویر ویدئویی است که با بخش‌بندی و جداسازی اشیاء متحرک موجود در صحنه سروکار دارد. این بخش نه‌تنها کانون توجه پردازش‌هایی است که در مراحل بعدی صورت می‌گیرد بلکه زمان موردنیاز برای محاسبات را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. تفاضل گیری از فریم‌های متوالی، حذف پس‌زمینه و شار نوری روش‌هایی هستند که بیشترین استفاده را برای آشکارسازی دارند. به علت وجود شرایط محیطی از قبیل حرکت دوربین، نویز، تغییرات روشنایی، سایه‌ها و حرکات تکرارشونده برخی قسمت‌های پس‌زمینه مانند شاخه‌های درختان، بخش‌بندی اشیاء متحرک یک مسئله نسبتاً دشوار است که اجرای صحیح آن از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است.

۲-۱- الگوریتم ردیابی پیشنهادی

پس از آشکارسازی هدف از زمینه و ارائه مناسب آن نوبت به ردیابی آن‌ها می‌رسد. هدف ردیابی، تعیین موقعیت اشیاء در هریک از تصاویر دنباله ورودی است. برای ردیابی نیاز به الگوریتمی داریم که حالت یک سیستم پویا را از سنجش‌های ناقص و مخدوش تخمین بزند.

۲-۱-۱- فیلتر ذره‌ای

امروزه با رشد روش‌ها و شیوه‌های آماری، مسئله تخمین یک پارامتر یا حالت یک سیستم غیرخطی تصادفی در کنار مشاهدات و اندازه‌گیری‌های نویزی، توسط تکنیک تخمین مونته کارلو برای حل مسائل پیچیده آماری انجام می‌گیرد که در قالب الگوریتم فیلتر ذره (PF) بیان می‌گردد [۲].

فیلتر ذره یک روش جدید برای به دست آوردن تابع توزیع احتمال پسین بر پایه تئوری بیز می‌باشد. الگوریتم فیلتر ذره بر مبنای روش‌های مونته کارلوی زنجیره‌ای بوده که در آن از نمایش ذره‌ای چگالی احتمال، برای تخمین پارامترهای یک توزیع دلخواه استفاده می‌شود. فیلتر ذره راه‌حل کاملی برای تخمین بهینه حالت جسم در شرایطی که مدل سیستم غیرخطی با توزیع نویز غیر گوسی است، می‌باشد. مدل انتقال یا حرکت سیستم را با زبان احتمالاتی به‌صورت $p(xt/xt\text{-}1)$ و مدل مشاهده و یا اندازه‌گیری سیستم با $p(xt/zt\text{-}1)$ بیان می‌شود، xt نماینده بردار حالت سیستم در حالت کنونی zt و نماینده مشاهده در سیستم است. با در نظر گرفتن معادلات بازگشتی بیز که از دو مرحله زیر تشکیل‌شده‌اند [۲] :

مرحله پیش‌بینی :

$$p(x_t/z_{t-1}) = \int_{R^n} p(x_t/x_{t-1})\, p(x_{t-1}/z_{t-1})\, dx_{t-1} \qquad (۱)$$

مرحله بروز رسانی :

$$p(x_t/z_t) = \frac{p(z_t/x_t)\, p(x_t/z_{t-1})}{p(z_t/z_{t-1})} \qquad (۲)$$

$$p(z_t/z_{t-1}) = \int_{R^n} p(z_t/x_t)\, p(x_t/z_{t-1})\, dx \qquad (۳)$$

مدل‌های به‌دست‌آمده معمولاً غیرخطی هستند و ازنظر احتمالاتی امکان دارد دارای توزیع‌های غیر گوسی و حتی چند مده باشند. یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌ها برای حل مسئله فیلترینگ روش EKF می‌باشد. به علت اینکه این روش از تخمین سری تیلور تابع غیرخطی استفاده می‌کند دارای خطا می‌باشد یکی از روش‌هایی که در چنین مواردی به‌خوبی قابل‌استفاده است، تخمین به‌وسیله فیلترهای ذره‌ای است.

www.kahrobaonline.ir

عمل انتگرال‌گیری بر روی متغیرهای فضای حالت فرایند صورت می‌گیرد، صرف‌نظر از اینکه چنین انتگرالی می‌تواند در هر حالت حل بسته داشته باشد، درصورتی‌که ابعاد فضای حالت بالایی باشد هزینه محاسباتی بالایی خواهد داشت. روش شبیه‌سازی مونته کارلو به‌جای محاسبه انتگرال در تمامی نقاط، مقدار آن را با نمونه‌برداری در نقاطی که بیشترین سهم را در محاسبه انتگرال دارند، انجام می‌دهد. مبنای کار به این صورت است که برای محاسبه انتگرال :

$$I = \int g(x)dx \qquad (۴)$$

آن را به‌صورت حاصل‌ضرب عبارت $g(x)=f(x).p(x)$ تبدیل کرده،که در آن $p(x)$ نشان‌دهنده یک تابع احتمال است که شرایط $\{\int p(x)dx = 1 \; and \; p(x) \geq 0\}$ را برآورده می‌کند، لذا با این شرایط I امید ریاضی تابع دلخواه $f(x)$ می‌باشد.

حال اگر از مدل حالت سیستم تا لحظه k که با تابع $p(X_k / Z_k)$ بیان می‌شود، به تعداد N ذره (N>>1) مستقل و هم توزیع مانند $(x_{0:k}^i)$ نمونه‌برداری می‌شود [۲] :

$$; (i = 1.2 \cdots . N) X_k^i \sim p(X_k|Z_k) \qquad (۵)$$

تخمینی از این توزیع به‌صورت زیر تعریف می‌شود :

$$P_N(X_k/Z_k) \cong \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \delta(X_k - X_k^i) \qquad (۶)$$

که در آن $\delta(X_k - X_k^i)$ نشان‌دهنده تابع دلتای دیراک در نقطه $(X_k - X_k^i)$ می‌باشد. چنین تخمینی را برای توزیع فیلترسازی نیز استفاده می‌کنند. اگر امید ریاضی تابع دلخواه $f(\cdot)$ را نسبت به $p(X_k / Z_k)$ با I نشان دهند :

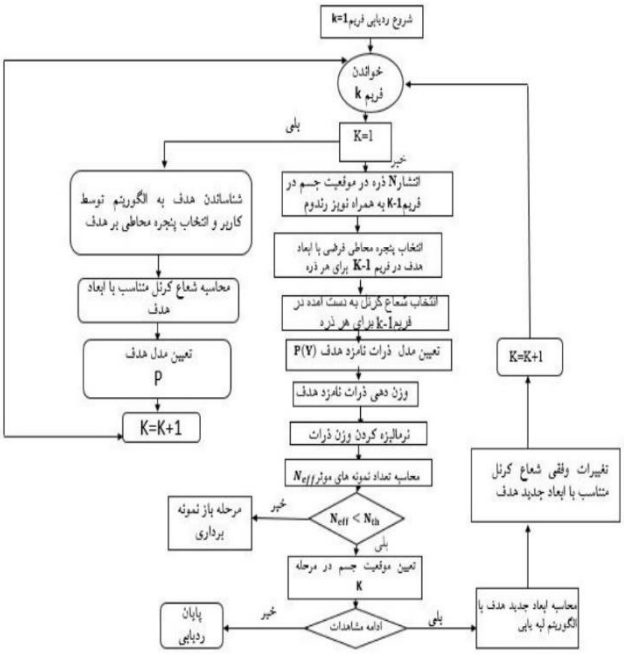
$$I = \int f(X_k).\, p(X_k / Z_k)dX_k \approx \int f(X_k).\, P_N(X_k / Z_k)dX_k \qquad (۷)$$

آنگاه تخمین مونته کارلوی انتگرال به‌صورت حاصل جمع مقادیر تابع $f(\cdot)$ به ازای نمونه‌های به‌دست‌آمده، به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\hat{I_N} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} f(X_k^i) \qquad (۸)$$

اگر نمونه‌های X_k^i مستقل باشند آنگاه $\hat{I_N}$ یک تخمین ناریب می‌گردد و مطابق با قانون اعداد بزرگ با I قابل تقریب خواهد بود و درصورتی‌که N عدد بسیار بزرگی باشد تخمین به‌خوبی به سمت مقدار واقعی همگرا خواهد شد. همچنین نشان داده می‌شود که سرعت همگرایی تخمین، مستقل از واریانس و ابعاد فضای ویژگی بوده و فقط به تعداد ذرات N وابسته است، چنین خصوصیتی مهم‌ترین مزیت انتگرال‌گیری مونته کارلو نسبت به روش‌های انتگرال‌گیری عددی می‌باشد[۲].

در این مقاله، الگوریتم فیلتر ذره برای شروع ردیابی موقعیت N ذره را در محدوده اطراف مرکز جرم فریم قبلی به‌صورت تصادفی، پیشگویی می‌کند. هرکدام از ذرات می‌توانند نامزدی برای موقعیت جدید هدف باشند. با اعمال کرنلی شبیه مدل هدف، هیستوگرام وزن‌دار شده مدل ذرات نامزد، برای هر ذره به دست می‌آید. ضریب باتاچاریا میزان مشابهت میان مدل هدف و مدل ذرات نامزد هدف را محاسبه می‌کند. تابع درستنمایی مشاهده ذرات را جهت ورود به مرحله باز نمونه‌برداری وزن‌دار می‌نماید. تخمین موقعیت اولیه جسم متحرک بعد از تعداد مراحل وفقی باز نمونه‌برداری صورت می‌پذیرد. شکل (۱) فلوچارت کاملی از الگوریتم پیشنهادی این مقاله را نمایش می‌دهد.



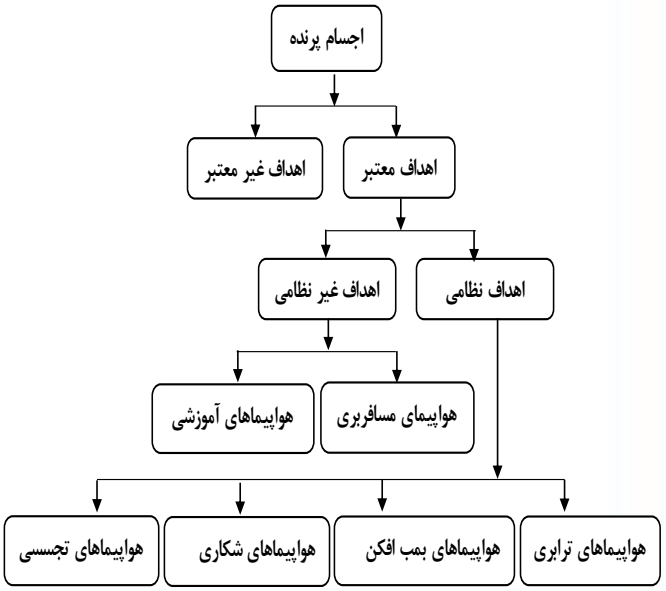
شکل ۱- فلوچارت الگوریتم ردیابی پیشنهادی

۳- بخش دوم شناسایی نوع اهداف پرنده (تشخیص نظامی یا غیرنظامی)

لازم به یادآوری است که در طراحی یک سیستم تشخیص و دسته‌بندی هدف، در اختیار داشتن مجموعه‌ای از داده‌های ورودی

www.kahrobaonline.ir

متعلق به هر یک از دسته‌های مطلوب ضروری است. ازنقطه‌نظری دیگر می‌توان با توجه به یک یا چند دسته مشخص و تعریف‌شده و جمع‌آوری مجموعه تصاویر مربوط به آن‌ها، سیستم را طوری طراحی کرد که در برخورد باهدفی که متعلق به یکی از دسته‌های تعریف‌شده است، آن را با دقت خوبی به دسته موردنظر منصوب کند و در غیر صورت دسته آن را به‌عنوان یک هدف ناشناخته یا نامعتبر اعلام کند. مزیت این روش در این است که سیستم در دسته‌بندی اهداف معتبر (اهدافی که متعلق به یکی از دسته‌های تعریف‌شده می‌باشند) قابل‌اطمینان است، همگونی منطقی بین اعضای هر دسته رعایت می‌شود و مهم‌تر اینکه توصیف اهداف دسته‌بندی‌شده در حد مطلوب صورت می‌پذیرد. به‌عبارت‌دیگر با توجه به امکانات و محدودیت‌های موجود و تعریف چند دسته مشخص و معین و متناسب با کاربرد، نسبت به طراحی سیستم اقدام می‌شود. ازآنجاکه تفکیک بیشتر اهداف در دسته‌بندی علاوه بر توصیف کامل‌تر هدف نشانی از توانمندی و کار آیی سیستم طراحی‌شده نیز می‌باشد، دسته‌های موردنظر این مقاله مطابق با شکل (۲) انتخاب‌شده‌اند.

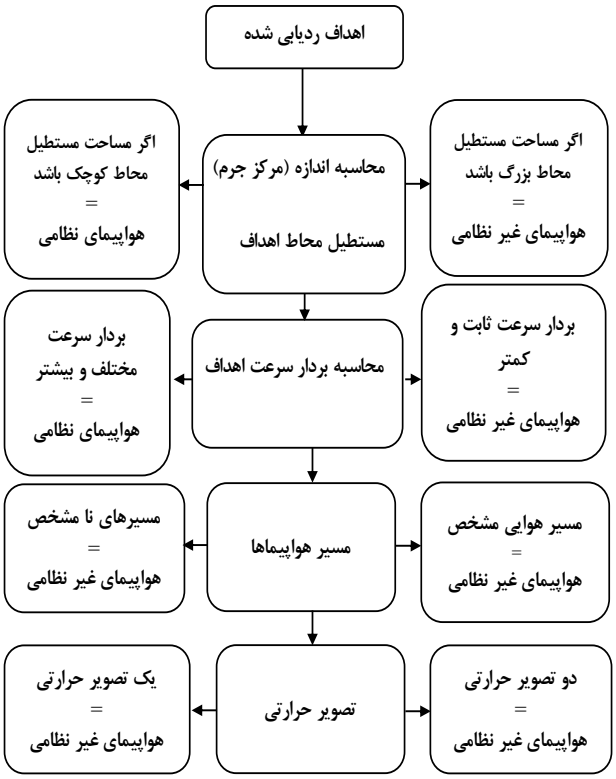


شکل۲: دسته های موردنظر در طراحی سیستم این مقاله

بنابراین دودسته تشکیل‌دهنده اهداف معتبر و دسته اهداف نامعتبر، خروجی‌های مطلوب سیستم موردنظر این مقاله می‌باشند. به‌عبارت‌دیگر انتظار می‌رود که سیستم در برخورد با هر جسم پرنده‌های آن را یا در یکی از دسته‌های معتبر تعریف‌شده منصوب کند و یا به‌عنوان یک هدف نامعتبر دسته‌بندی آن را مردود اعلام نماید. در نظر گرفتن دسته‌های معتبر فوق به این معنی است که مجموعه تصاویر مناسب و جامعی به‌عنوان داده‌های آموزشی هر دسته، مهیا و در دسترس می‌باشد.

۳-۱-سیستم تشخیص نوع هواپیما (نظامی یا غیرنظامی)

بعد از مرحله آشکارسازی و ردیابی اهداف هوایی پرنده که به‌وسیله الگوریتم فیلتر ذره‌ای انجام‌شده است، سپس اهداف ردیابی شده توسط سیستم تشخیص نوع هواپیما (نظامی یا غیرنظامی) که شامل چهار معیار : ۱- اندازه (مرکز جرم) اهداف ۲- بردار سرعت اهداف ۳- مسیر حرکت اهداف ۴- تصاویر حرارتی است نوع اهداف پرنده (هواپیمایی نظامی یا غیرنظامی) مشخص می‌شود. چهار معیار سیستم تشخیص نوع هواپیما در شکل (۳) نشان داده‌شده است.



شکل ۳: فلوچارت سیستم تشخیص نوع هواپیما

۳-۱-۱- معیار اول اندازه (مرکز جرم) هدف

ابتدا باید تصاویر باینری گردد و اهداف از پس‌زمینه مشخص شوند، برای به دست آوردن مرکز جرم هدف متحرک کافی است مقادیر xو yهایی که سفید شده اند و مربوط به هدف می‌باشند را جمع و بر تعداد آن‌ها تقسیم کنیم [۳]. بدین ترتیب مختصات و موقعیت جسم متحرک به دست می‌آید. برای ردیابی نرم‌افزاری و مشخص

www.kahrobaonline.ir

بودن تغییرات، هدف متحرک با یک مستطیل با اندازه معلوم و یا هشت خط که به‌صورت شعاعی از مرکز جرم بیرون آمده، مشخص و ردیابی می‌شود.

در این معیار ابتدا باید تصاویر را به باینری تبدیل کنیم و سپس اندازه و موقعیت اهداف ردیابی شده در فریم‌های متوالی را به دست آوریم. روش کار به این صورت است که در تمام صفحه اهداف به‌صورت ۱ و پس‌زمینه ۰ می‌باشد. سپس مختصات اهداف را در کل صفحه محاسبه می‌کنیم (از بالا به پایین و از چپ به راست) با استفاده از فرمول‌های (۹) و (۱۰) x ها را با هم و y ها را با هم جمع می‌کنیم که در این صورت x و y متوسط اهداف به دست می‌آید. در مرحله بعد تعداد کل پیکسل‌ها را به دست می‌آوریم. در پایان برای به دست مرکز جرم هدف موردنظر با فرمول (۱۱) x و y متوسط را به‌کل پیکسل‌ها تقسیم می‌کنیم. در کل چون اندازه کل، بال ها و مرکز جرم هواپیماهای غیرنظامی بزرگ‌تر از هواپیماهای نظامی است. به‌احتمال‌زیاد می‌توان بر اساس مختصات به‌دست‌آمده تصمیم گرفت که هدف موردنظر هواپیمای نظامی است یا غیرنظامی. بیش‌ترین x مربوط به نوک هواپیما می‌باشد. تعیین مرکز جرم به این منظور است که این نقطه می‌تواند به‌عنوان یک نقطه ثابت نسبت به نقاط موجود بر روی لبه باشد. نمونه‌ای از به دست آوردن مرکز جرم در شکل (۱۶-۴) نشان داده‌شده است.

$$\bar{Y} = \sum_{i=0}^{n} y_i \qquad (۹)$$

$$\bar{X} = \sum_{i=0}^{n} x_i \qquad (۱۰)$$

$$\text{مرکزجرم} = \frac{\overline{X.Y}}{\text{کل پیکسل}} \qquad (۱۱)$$

۳-۱-۱-۱- مکان‌یابی شیء

در فریم اول شیء موردنظر برای ردیابی به‌طور تقریبی توسط یک مستطیل انتخاب گردید. ناحیه‌ای هم مساحت با شیء در اطراف آن به‌عنوان زمینه در نظر گرفته شد و سپس ویژگی‌های بافت و رنگ از این دو ناحیه استخراج گردید و به کمک شبکه عصبی اول شیء موردنظر از زمینه‌ی اطرافش متمایز شد. پس‌ازآن مفهومی به نام گسترش زمینه تعریف شد که توسط آن تمام پس‌زمینه‌های ممکن به شبکه عصبی دوم آموزش داده شد و نقشه‌ی اطمینان شیء به دست آمد که مقادیر بیشتر در آن بیانگر احتمال بالاتر تعلق آن پیکسل به شیء است. مکان‌یابی شیء برای فریم بعد از مرکز ثقل نقشه‌ی اطمینان شیء در فریم قبل شروع می‌شود. برای مکان‌یابی محل شیء در فریم بعد، از مرکز ثقل به‌دست‌آمده از فریم قبل همراه با رویکرد جابجایی میانگین استفاده‌شده است که در ادامه موردبررسی خواهد گرفت.

۳-۱-۱-۲- به‌روزرسانی تغییرات در اندازه و مدل شیء

در حالت کلی شیء در طول ردیابی اندازه‌ی ثابتی نخواهد داشت و مدل شیء نیز ممکن است به علت تغییرات روشنایی تصویر یا قرار گرفتن در سایه تغییر نماید، همچنین با تغییر زاویه‌ی شیء ممکن است رنگ‌ها و بافت های جدیدی از آن پدیدار یا محو شود. برای جبران این حالت‌ها انجام بروز رسانی اندازه و مدل شیء اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

۳-۱-۱-۳- به‌روزرسانی تغییرات در اندازه شیء

همان‌طور که گفته شد در حالت کلی شیء در طول ردیابی اندازه‌ی ثابتی نخواهد داشت. برای بروز رسانی اندازه‌ی شیء، ابتدا در فریم اول نسبت مجموع پیکسل‌های شیء به مساحت چهارچوب شیء را طبق رابطه (۱۲) محاسبه می‌کنیم.

$$\text{نسبت مساحت} = \frac{\sum_{i=1}^{N} I_i}{N} \qquad (۱۲)$$

که در آن I_i مقدار آن پیکسل در تصویر نقشه‌ی اطمینان است که در بازه‌ی ۰ تا ۱ قرار دارد. N تعداد پیکسل‌های درون چهارچوب شیء است (که برابر با $w \times h$ یعنی مساحت مستطیل انتخاب‌شده توسط کاربر برای انتخاب شیء است). از این معیار برای به دست آوردن چهارچوب مناسب برای شیء استفاده می‌گردد. به این منظور پس‌ازآنکه مرکز ثقل شیء توسط جابجایی میانگین مشخص گردید نسبت مساحت آن طبق رابطه محاسبه می‌گردد. برای مثال در شکل یک هواپیمای نظامی و یک هواپیمای غیرنظامی وجود دارد که با به دست آوردن مرکز جرم و مساحت مستطیل محاط هواپیماها، می‌توان نتیجه گرفت که مساحت مستطیل محاط هدفی که بزرگ‌تر است هواپیمای غیرنظامی و مساحت هدفی که کوچک‌تر است هواپیمای نظامی می‌باشد.

۳-۱-۲- معیار دوم بردار سرعت هدف

در این مرحله ابتدا باید بردار سرعت، اهداف هوایی ردیابی شده در فریم‌های متوالی را اندازه‌گیری کنیم. هواپیماها دارای سرعت‌های مختلفی می‌باشند که معمولاً هواپیماهای غیرنظامی مانند هواپیماهای مسافربری با سرعت متوسط ثابتی حرکت می‌کنند ولی

www.kahrobaonline.ir

هواپیماهای نظامی می‌توانند با سرعت‌های متفاوتی حرکت کنند که سرعت این نوع هواپیماها از سرعت هواپیماهای غیرنظامی بیشتر می‌باشد. که می‌توان از همین ویژگی جهت تشخیص هواپیمای نظامی از غیرنظامی استفاده کرد، زمانی که سرعت هدف کم‌وزیاد شود هدف موردنظر هواپیمای نظامی می‌باشد و اگر سرعت هدف کم و ثابت باشد هدف موردنظر هواپیمای غیرنظامی می‌باشد. عیب این خاصیت این است که هواپیماهای نظامی می‌توانند سرعت خود را با سرعت هواپیماهای غیرنظامی یکسان کنند و باعث فریب سیستم تشخیص نوع هواپیما شود. جهت محاسبه بردار سرعت هدف ابتدا موقعیت هدف(x , y) را در دو فریم مختلف به دست می‌آوریم سپس با استفاده از فرمول(۱۳) فاصله اقلیدسی هدف بین دو فریم متفاوت را به دست می‌آوریم و با جایگذاری در فرمول (۱۴) سرعت هدف به دست می‌آید. (x_1,y_1) موقعیت مرکز جرم هدف در فریم اول و t_1 زمان فریم اول، (x_2,y_2) موقعیت مرکز جرم هدف در فریم دوم و t_2 زمان فریم دوم.

فاصله اقلیدسی $d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$ (۱۳)

بردار سرعت هدف $V = \frac{d}{t_2 - t_1}$ (۱۴)



ب : آشکارسازی هواپیماها الف: تصویر اصلی

ج : مختصات و مرکز جرم

شکل۴- نمونه‌ای از به دست آوردن مرکز جرم

۳-۱-۳- معیار سوم مسیر حرکت هواپیماها

تفاوت اصلی هواپیماهای نظامی و غیرنظامی در این است، که هواپیماهای غیرنظامی (مسافربری) در یک مسیر مشخص (تونل هوایی) حرکت می‌کنند درصورتی‌که هواپیماهای نظامی در مسیرهای متفاوتی حرکت می‌کنند با استفاده از این معیار می‌توان مسیرهای حرکت هواپیماها را به دست آورد. با به دست آوردن مرکز جرم اهداف در فریم‌های مختلف، نقاط مختلفی در هر فریم به دست می‌آید که با متصل کردن این نقاط به یکدیگر مسیر حرکت اهداف (هواپیماها) در ویدئو مشخص می‌شود که می‌توان مسیر حرکت هواپیماها را بروی یک نمودار نشان داد. سپس تصمیم گرفت که هواپیماهای که در یک مسیر مشخص حرکت می‌کنند هواپیمای غیرنظامی و در غیر این صورت نظامی. عیب این معیار این است که هواپیماهای نظامی می‌توانند در یک مسیر مشخص حرکت کنند و باعث فریب سیستم تشخیص نوع هواپیما شود. مسیر پروازی یکی از مهم‌ترین مشخصه‌هایی است که برای یک جسم پرنده می‌توان در نظر گرفت.

۳-۱-۴- معیار چهارم سیستم‌های تصویربردار فروسرخ و الکترواپتیک

رشته تصاویر حرارتی توسط سیستم‌های تصویربرداری تهیه می‌شوند که آشکارسازهایی حساس به تابش حرارتی در طیف الکترومغناطیسی فروسرخ دارند. در حالت کلی سیستم‌های تصویربرداری زیرمجموعه‌ای از سیستم‌های الکترواپتیک هستند. ازآنجاکه یک سیستم حرارتی فروسرخ وظیفه آماده‌سازی تصاویر ورودی سیستم موردنظر را به عهده دارد آشنایی با مفاهیم بنیادی و ساختار آن در حالت کلی می‌تواند در انتخاب بهتر و مناسب‌تر روش‌های پیشنهادشده مؤثر باشد. شبیه‌سازی تصاویر حرارتی فروسرخ به‌عنوان یک راه‌حل در جهت رفع مشکل کمیاب بودن تصاویر حرارتی متناسب با کاربرد، بدون آشنایی کامل با ساختار سیستم‌های تصویربردار فروسرخ امکان‌پذیر نیست [۴]. یکی از مزیت‌های تصویر حرارتی مادون‌قرمز این است که الگوریتم تقسیم‌بندی ندارد. هواپیماهای غیرنظامی شامل دو تا تصویر حرارتی و هواپیماهای نظامی شامل یک تصویر حرارتی می‌باشد. این معیار به دلیل اینکه دوربین مورد استفاده‌شده در این مقاله دوربین حرارتی نمی‌باشد، کارایی ندارد.

www.kahrobaonline.ir

۴- ابزار شبیه‌سازی سیستم

برای پیاده‌سازی بخش آشکارسازی و ردیابی، تخمین و پیشگویی هدف به پردازنده رقمی مناسبی نیاز است. همچنین شبیه‌سازی مجازی صحنه و سیستم تصویربرداری با استفاده از پردازنده‌های رقمی قابل‌برنامه‌ریزی میسر خواهد بود. در این مقاله، از یک دوربین ثابت جهت تصویربرداری استفاده‌شده است و ویدئوهای که می‌خواهیم بر روی آن‌ها پردازش انجام بدهیم به‌صورت مجازی با پس‌زمینه ثابت و با رایانه ساخته‌شده است. رایانه‌های شخصی یکی از بهترین محیط‌ها برای کاربردهای این‌چنینی هستند. علاوه بر این در اختیار داشتن ابزار واسط مناسب مانند نمایشگر، ماوس، صفحه‌کلید و ساختار قابل‌برنامه‌ریزی حافظه‌های اصلی و جانبی مزایایی هستند که رایانه‌های شخصی را به‌عنوان آزمایشگاه مجازی بسیار مناسب جلوه می‌دهند. مزیت استفاده از رایانه در شبیه‌سازی سیستم موردنظر در این است که پیاده‌سازی بخش آشکارسازی و ردیابی به همراه بخش تخمین و پیشگویی با استفاده از پردازنده اصلی رایانه و حافظه‌های آن به‌خوبی قابل‌اجرا است. همچنین دسترسی سریع به اطلاعات جانبی و چندرسانه‌ای بودن رایانه، فرآیندهای مقایسه، ارزیابی و انتقال اطلاعات را با سرعت و دقت بیشتری عملی خواهد نمود. مشخصات رایانه‌ای که به‌عنوان آزمایشگاه مجازی شبیه‌سازی سیستم انتخاب‌شده است، مطابق جدول (۱) می‌باشد. برای برنامه‌ریزی پردازنده و اجرای روش‌های محاسباتی موردنظر از محیط و امکانات موجود در بسته نرم‌افزار مهندسی متلب استفاده‌شده است. استفاده از نرم‌افزار متلب به جهت جعبه‌ابزارهای مناسب آن برای پردازش داده‌های رقمی و پردازش تصویر و نیز سهولت مدیریت فایل ها در آن، به‌عنوان محیط مجازی در شبیه‌سازی سیستم موردتوجه قرارگرفته است.

جدول ۱- مشخصات سیستمی رایانه به کار گرفته‌شده به‌عنوان آزمایشگاه مجازی

اجزاء	مشخصات
سیستم‌عامل(OS)	Microsoft Windows 10 Enterprise
حافظه اصلی(RAM)	4.00GB (3.89GB usable)
واحد پردازنده مرکزی (CPU)	Intel(R) Core(TM) i5-4210U CPU@1.70GHz 2.40GHz
ابزار قاب ربا (Frame Grabber)	ASUS X552L Graphic Card Intel(R) HD NVIDIA GeForce820M
نرم‌افزار	Matlab R2013a

۵- پیاده‌سازی و نتایج آزمایشگاهی

آشکارسازی و ردیابی مبتنی بر روش پیشنهادی و سیستم تشخیص نوع هواپیما بر روی رشته تصاویر زیادی اجراشده است. برای نشان دادن کار آیی و مقاومت الگوریتم و سیستم فوق، آن را بر روی چند سناریو در ویدئوهای متفاوت که شامل چالش‌هایی از قبیل: تعداد اهداف (هواپیماها)، مسیر حرکتی متفاوت، جهت حرکت متفاوت، سرعت‌های مختلف و متفاوت بودن هدف است، اجرا کرده‌ایم. لازم به توضیح است که در اشکال مربوط به رشته تصاویر هواپیماها، که برای آشکارسازی و ردیابی هدف به کار گرفته‌شده‌اند کادر مستطیل زردرنگ به دور اهداف ردیابی شده کشیده می‌شود، علامت ستاره (*) قرمزرنگ بیانگر مرکز جرم واقعی هدف است که با روش مدل‌سازی زمینه و معیار مرکز جرم استخراج‌شده است و علامت ستاره (*) سبزرنگ بیانگر مرکز جرم تخمین زده‌شده هدف، توسط فیلتر ذره‌ای می‌باشد. حروف (A1,A2,..) در نمودارها بیانگر مسیر حرکت هواپیمای شماره ۱و۲و .. است.

سناریو اول: ویدئویی که در آن دو هواپیمای مسافربری (غیرنظامی) با اندازه و جهت‌های حرکت متفاوت و دو جنگنده (نظامی) متفاوت که در جهت‌های مختلف حرکت می‌کنند وجود دارد و رشته تصاویر دارای ۲۱۹ قاب تصویر با ابعاد ۴۸۰×۸۵۰ است، به‌طوریکه اهداف در این رشته تصاویر ازلحاظ تغییر شکل و تغییر اندازه ثابت می‌باشد. ابتدا هواپیماهای که در حال حرکت هستند، تشخیص داده می‌شوند و از پس‌زمینه جدا می‌شوند که در تصویر به رنگ سفید و پس‌زمینه به رنگ سیاه می‌باشد. الگوریتم فیلتر ذره‌ای به‌طور مقاوم توانست اهداف را تا انتهای این رشته تصاویر ردیابی نماید. تعداد اهداف ردیابی شده به‌صورت اعداد ۱و۲و۳ در بالای اهداف نمایش داده می‌شود. با محاسبه مرکز جرم و مساحت مستطیل محاط هواپیماها: مساحت هواپیمای ۲و۳ بیشتر از هواپیمای ۱و۴ می‌باشد. با توجه به نتایج سرعت هواپیماها در جدول (۲) هواپیمای ۱و۴ سرعت بالاتری نسبت به هواپیمای ۲و۳ دارد. مسیر حرکت هواپیمای ۲و۳و۱ هر سه در یک خط مستقیم و هواپیمای۴ مسیر حرکت سینوسی دارد در نمودار (۱) نشان داده‌شده است. پس با توجه به نتایج به‌دست‌آمده نتیجه می‌گیریم

www.kahrobaonline.ir

که هواپیمای ۱و۴ هواپیمای نظامی و هواپیمای ۲و۳ غیرنظامی می‌باشد.

جدول ۲- نتایج سرعت هواپیماها

	مشخصات هواپیماها	سرعت بدست آمده
شماره۱		۲۰۷
شماره۲		۱۲۰
شماره۳		۱۱۹
شماره۴		۳۶۸



قاب تصویر ۵۸



قاب تصویر ۱۰۱

شکل ۵- نمونه‌ای از محاسبه مرکز جرم

شکل ۶- آشکارسازی اهداف در قاب‌های مختلف



قاب تصویر ۵۸



قاب تصویر ۱۰۱



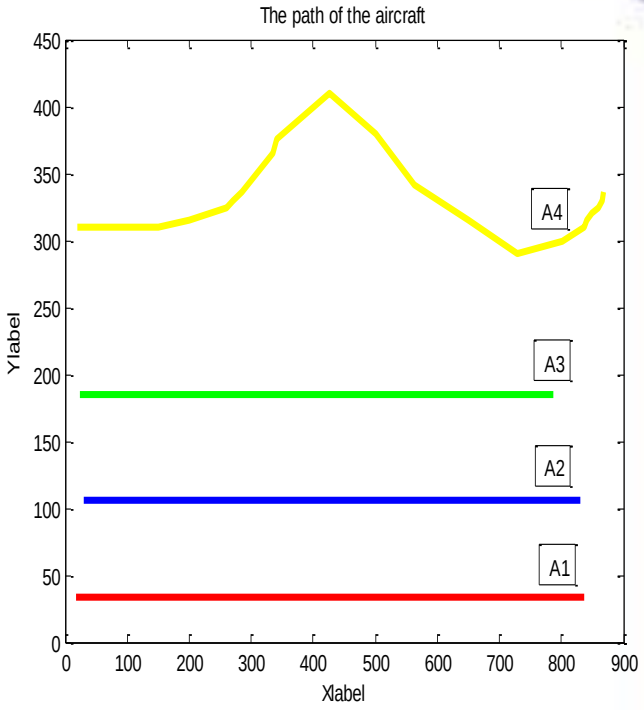
قاب تصویر ۵۸



قاب تصویر ۱۰۱

شکل ۷- ردیابی اهداف با فیلتر ذره‌ای در قاب‌های مختلف

www.kahrobaonline.ir



نمودار۱:مسیرهای حرکت هواپیماها

۶- نتیجه‌گیری

این مقاله شامل دو قسمت اساسی می‌باشد که قسمت اول شامل آشکارسازی و ردیابی اهداف هوایی پرنده است، ابتدا هواپیماهای که در حال حرکت هستند، تشخیص داده می‌شوند و از پس‌زمینه جدا می‌شوند که در تصویر به رنگ سفید و پس‌زمینه به رنگ سیاه می‌باشد. در این مقاله، به‌منظور ردیابی اهداف هوایی پرنده از الگوریتم فیلتر ذره‌ای استفاده‌شده است. الگوریتم فیلتر ذره برای شروع ردیابی موقعیت N ذره را در محدوده اطراف مرکز جرم فریم قبلی به‌صورت تصادفی، پیشگویی می‌کند. هرکدام از ذرات می‌توانند نامزدی برای موقعیت جدید هدف باشند. بخش دوم با استفاده از چهار معیار : معیار اول مرکز جرم اهداف، معیار دوم بردار سرعت اهداف، معیار سوم مسیر حرکت اهداف و معیار چهارم تصاویر حرارتی، نوع اهداف پرنده (هواپیمایی نظامی یا غیرنظامی) ردیابی شده را تشخیص می‌دهد. آشکارسازی و ردیابی مبتنی بر روش پیشنهادی و سیستم تشخیص نوع هواپیما بر روی رشته تصاویر زیادی اجراشده است. برای نشان دادن کار آیی و مقاومت الگوریتم و سیستم فوق، آن را بر روی چند سناریو در ویدئوهای متفاوت که شامل چالش‌هایی از قبیل: تعداد اهداف (هواپیماها)، مسیر حرکتی متفاوت، جهت حرکت متفاوت، سرعت‌های مختلف و متفاوت بودن هدف است، اجرا کرده‌ایم. با توجه به نتایج حاصل از پیاده‌سازی سیستم پیشنهادشده، روش آشکارسازی، ردیابی و سیستم تشخیص نوع هواپیما برای رشته تصاویر متفاوت، پاسخ مناسبی داشته است.

مراجع

[1] Robert A.Schowengerdt, Remote Sensing: Models And Methods For Image ProcessingAcademic Press, 2006.

[2] Doucet. A, Freitas. N. D, and Gordon. N, “Sequential Monte Carlo methods in practice” New York, NY : Springer, 2001.

[3] M. Oral and U. Deniz, “Center of mass model: A novel approach tobackground modeling for segmentation of moving objects,” Image Vis.Comput., vol. 25, pp. 1365–1376, Aug. 2007.

[4] Nick Efford ,(2000), Digital Image Processing: A Practical Introduction Using Java, Addison Wesley, (pp 250).

www.kahrobaonline.ir