

# ارائه یک روش ترکیبی به منظور استخراج و ردیابی عوارض متحرک در فریم تصاویر ویدئویی جلونگر مادون قرمز

احمد ابوطالبی<sup>۱\*</sup>، فرهاد صمدزادگان<sup>۲</sup>، قاسم عبدی<sup>۳</sup>

دانشجوی دکتری فتوگرامتری - گروه مهندسی نقشه برداری - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران  
abootalebi@ut.ac.ir

استاد گروه مهندسی نقشه برداری - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران  
samadz@ut.ac.ir

دانشجوی دکتری فتوگرامتری - گروه مهندسی نقشه برداری - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران  
ghasem.abdi@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۱، تاریخ تصویب اسفند ۱۳۹۱)

## چکیده

استخراج و ردیابی عوارض در تصاویر ویدئویی به‌عنوان یک موضوع کلیدی در مباحث بینایی کامپیوتری محسوب می‌گردد، و می‌تواند به‌عنوان چشم‌انداز کارهای سطوح پایین‌تر برای رسیدن به سطوح بالاتر استفاده گردد. در سال‌های اخیر، روش‌های گوناگونی به منظور استخراج و تشخیص عوارض در فریم تصاویر مادون قرمز به‌خصوص در زمینه‌های پایش، نظارت و امنیت پدیده‌ها پیشنهاد شده است. با این وجود، استخراج و ردیابی عوارض متحرک در فریم تصاویر ویدئویی مادون قرمز می‌تواند ناشی از تصویر نمودن فضای سه‌بعدی در فضای دوبعدی، نویز در تصاویر، حرکت‌های پیچیده عوارض، عوارض غیر صلب، پنهان بودن بخشی از عوارض، پیچیدگی اشکال عوارض، تغییرات روشنایی محیط و نیاز به پردازش‌های آنی پیچیده گردد. از آنجائیکه روش‌های موجود در این زمینه بسیار پیچیده و زمان‌بر می‌باشند، در این تحقیق روشی نوین در زمینه ردیابی عوارض متحرک به منظور افزایش قابلیت‌اعتماد، سرعت و دقت در استخراج و ردیابی عوارض متحرک از فریم تصاویر ویدئویی مادون قرمز ارائه شده است. به همین منظور ابتدا با استفاده از الگوریتم‌های تناظریابی عارضه‌مبنا حرکت ایجاد شده توسط جابجایی سکو حذف می‌گردد. سپس با استفاده از الگوریتم تفاوت فریم‌های جمع‌شونده، عوارض متحرک استخراج و در نهایت با استفاده از الگوریتمی مبتنی بر قیود هندسی و رادیومتریکی نظیر مدل کینماتیک سرعت ثابت، تقاطع هیستوگرام‌ها، متوسط درجات خاکستری و سائز عوارض، عوارض استخراج شده فریم به فریم ردیابی می‌شوند. به منظور ارزیابی روش ارائه شده، عوارض متحرک در مجموعه داده‌های دارای پیچیدگی‌های مختلف و با شرایط متفاوت استخراج و ردیابی گردید. همچنین توانایی روش ارائه شده توسط متریک‌های مختلفی نظیر HR، FAR، MODP و MOTP ارزیابی گردید. نتایج حاصل بیانگر توانایی روش ارائه شده به منظور استخراج و ردیابی عوارض متحرک مختلف نظیر عابر و خودرو می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** تصاویر مادون قرمز، استخراج عوارض، تفاوت فریم‌های جمع‌شونده، ردیابی عوارض، مدل کینماتیک سرعت ثابت، تقاطع هیستوگرام‌ها.

\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

استخراج و ردیابی عوارض در تصاویر ویدئویی به عنوان یک موضوع کلیدی در مباحث بینایی کامپیوتر محسوب می‌گردد، و می‌تواند به عنوان چشم‌انداز کارهای سطوح پایین‌تر برای رسیدن به سطوح بالاتر استفاده گردد [۱-۱۸]. برای ردیابی عوارض کاربردهای مختلفی نظیر تعامل انسان و کامپیوتر<sup>۱</sup>، امنیت و نظارت<sup>۲</sup>، فشرده‌سازی تصاویر<sup>۳</sup>، کنترل ترافیک، تصویربرداری پزشکی و ویرایش تصاویر ویدئویی می‌توان در نظر گرفت. در بسیاری از این کاربردها هدف اصلی، ردیابی عوارض متحرکی است که در انواع سنسورها شامل الکترواپتیکی و مادون قرمز، و انواع سکوها شامل ثابت، دستی<sup>۴</sup>، و سکوهای هوایی مشاهده می‌شوند [۹].

در دهه‌های اخیر الگوریتم‌های بسیار زیادی به منظور ردیابی عوارض در حالت‌های مختلف پویایی دوربین و پویایی عوارض ارائه شده‌اند [۶]، [۱۰]. ردیابی عوارض متحرک می‌تواند ناشی از تصویر نمودن فضای سه‌بعدی در فضای دوبعدی، نویز در تصاویر، حرکت‌های پیچیده عوارض، عوارض غیرصلب، پنهان بودن بخشی از عوارض، پیچیدگی اشکال عوارض، تغییرات روشنایی محیط و نیاز به پردازش‌های آنی پیچیده گردد [۹]، [۱۱]. در سال‌های اخیر، تحقیقاتی به منظور حل مشکلات مطرح شده صورت گرفته است و روش‌هایی نظیر ردیابی به‌وسیله‌ی استخراج عوارض<sup>۵</sup> مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است [۱۲]. چنین روش‌هایی شامل پروسه‌ی استخراج عوارض بر روی هر فریم و ردیابی این عوارض در فریم‌های متوالی می‌باشند. همچنین اخیراً الگوریتم‌های ردیابی چند عارضه‌ای<sup>۶</sup> به بررسی نتایج ردیابی عوارض به‌وسیله‌ی بهینه‌سازی استخراج عوارض با بکارگیری بازه‌ی زمانی بزرگتر بین فریم‌ها پرداخته‌اند [۶]، [۱۳-۱۵]. از آنجائیکه روش‌های موجود در این زمینه بسیار پیچیده و زمان‌بر می‌باشند، در این تحقیق روشی نوین در زمینه ردیابی عوارض به منظور افزایش قابلیت اعتماد،

سرعت و دقت در استخراج و ردیابی عوارض طراحی و پیاده‌سازی گردیده است. به همین منظور ابتدا با استفاده از الگوریتم‌های تناظریابی عارضه‌منا حرکت ایجاد شده توسط جابجایی سکو حذف می‌گردد. سپس با استفاده از الگوریتم تفاوت فریم‌های جمع‌شونده<sup>۷</sup> [۱۶]، عوارض متحرک استخراج و در نهایت با استفاده از الگوریتمی مبتنی بر قیود هندسی و رادیومتریکی نظیر مدل کینماتیک سرعت ثابت، تقاطع هیستوگرام‌ها<sup>۸</sup>، متوسط درجات خاکستری و سائز عوارض، عوارض استخراج شده فریم به فریم ردیابی می‌شوند. در ادامه، مرور اجمالی بر برخی از تحقیقات انجام شده ارائه می‌شود. سپس مفاهیم روش پیشنهادی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. در زمینه پیاده‌سازی و استفاده عملی از روش ارائه شده، آزمایشات عملی و ارزیابی آن‌ها بیان شده و در نهایت خلاصه‌ای از نتایج کسب شده به همراه پیشنهادات ارائه می‌گردد.

## ۲- مروری بر تحقیقات انجام گرفته

در سال‌های اخیر الگوریتم‌های استخراج و ردیابی عوارض متحرک پیشرفت‌های بسیار زیادی داشته است [۴-۱]، [۶-۸]. در این راستا، Hakeem و سایر همکاران در سال ۲۰۰۵ یک سیستم ردیابی مبتنی بر استخراج عوارض و تعیین مدل ظاهری آن‌ها با استفاده از ضرایب IPCA<sup>۹</sup> ارائه نمودند. در این سیستم بعد از استخراج عوارض، با استفاده از ضرایب اصلی مدل ظاهری، عوارض جهت ردیابی کدبندی می‌شوند [۱۷]. Shah و Ali در سال ۲۰۰۶ سیستم COCOA که دارای سه قسمت اصلی جبران حرکت<sup>۱۰</sup>، استخراج، و ردیابی عوارض متحرک می‌باشد را ارائه نمودند. در این سیستم جبران حرکت با استفاده از تناظریابی فریم به فریم صورت می‌گیرد، و سپس عوارض متحرک با استفاده از مدل‌سازی زمینه، استخراج و ردیابی می‌گردند. همچنین این سیستم قابلیت ردیابی عوارض در سنسورهای الکترواپتیکی و مادون قرمز را دارد [۴]. Gupta و

<sup>۱</sup> Human-Computer Interaction

<sup>۲</sup> Security and Surveillance

<sup>۳</sup> Video Compression

<sup>۴</sup> Hand-held Camera

<sup>۵</sup> Tracking-by-Detection

<sup>۶</sup> Multi-Target Tracking

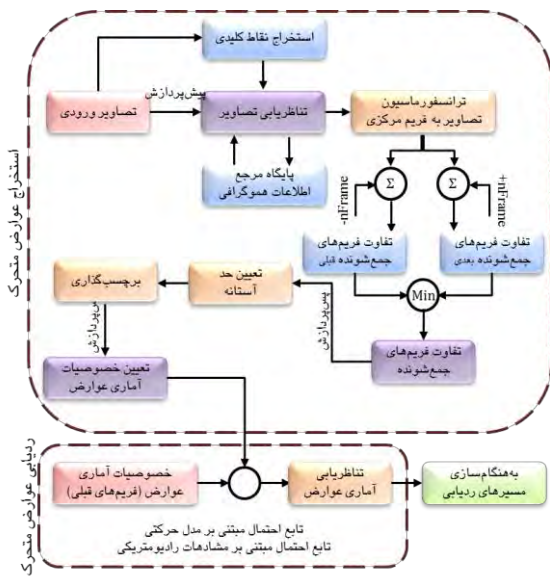
<sup>۷</sup> Accumulative Frame Difference (AFD)

<sup>۸</sup> Histogram Intersection

<sup>۹</sup> Incremental Principal Component Analysis

<sup>۱۰</sup> Motion Compensation

عوارض متحرک را ردیابی کند، طراحی و پیاده‌سازی گردیده است. به همین منظور ابتدا با استفاده از الگوریتم‌های تناظریابی عارضه‌منا حرکت ایجاد شده توسط جابجایی سکو حذف می‌گردد. سپس با استفاده از الگوریتم تفاوت فریم‌های جمع‌شونده، عوارض متحرک استخراج و در نهایت با استفاده از الگوریتم مبتنی بر قیود هندسی و رادیومتریکی نظیر مدل کینماتیک سرعت ثابت، تقاطع هیستوگرام‌ها، متوسط درجات خاکستری و سائز عوارض، عوارض استخراج شده فریم به فریم ردیابی می‌شوند (شکل ۱). در شکل زیر ساختار و مراحل روش پیشنهادی نمایش داده شده و توضیحات مرتبط با هر مرحله در بخش‌های بعدی ارائه گردیده است.



شکل ۱- ساختار و مراحل پیشنهادی

### ۳-۱- استخراج عوارض

استخراج عوارض از تصاویر ویدئویی اولین گام استخراج اطلاعات در بسیاری از کاربردهای بینایی کامپیوتر می‌باشد [۲۰]. اگرچه در سال‌های اخیر تحقیقات بسیار زیادی به منظور استخراج عوارض صورت گرفته است، این موضوع هنوز به‌عنوان یک چالش اساسی در نظر گرفته می‌شود [۲۱]. همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، الگوریتم استخراج عوارض در این تحقیق از سه قسمت اصلی پیش‌پردازش، تولید تفاوت فریم جمع‌شونده و تعیین موقعیت عوارض تشکیل گردیده است.

Kulkarni در سال ۲۰۰۸ با استفاده از مفاهیم تطبیق الگوی پویا<sup>۱</sup> و تفاوت فریم‌ها، یک سیستم دقیق ردیابی تک عارضه‌ای ارائه نمودند. در این سیستم ابتدا از طریق تفاوت بین فریم‌ها عارضه مورد نظر استخراج، و سپس با استفاده از یک الگوریتم تطبیق الگو کارآمد عارضه استخراج شده در فریم‌های متوالی ردیابی می‌گردد [۱۸]. Lin و سایر همکاران در سال ۲۰۰۹ به موضوع نظارت بر ترافیک شهری با استفاده از یک سکوی هوایی پرداختند. در این روش وسایل نقلیه متحرک با استفاده از الگوریتم‌های تشخیص جاده استخراج می‌گردند. سپس برای کاهش میزان نویز عوارض استخراج شده از یک طبقه‌بندی آبخاری<sup>۲</sup> جهت بهبود روند استخراج عوارض استفاده می‌گردد [۳]. همچنین Johnsen و Tews در سال ۲۰۰۹ یک سیستم برای شناسایی و طبقه‌بندی انسان و وسایل نقلیه در هر نوع شرایط آب و هوایی ارائه کردند. این سیستم از سه قسمت بخش‌بندی حرکت توسط فیلتر میانه تقریبی، استخراج عوارض از طریق تفاضل فریم از زمینه<sup>۳</sup> و تشخیص نوع عارضه تشکیل گردیده است [۱۹]. Bhattacharya و سایر همکاران در سال ۲۰۱۱ برای تکمیل سیستم COCOA، سیستمی دارای طراحی و پیاده‌سازی متفاوتی ارائه نمودند. این سیستم نیز از سه قسمت اصلی جبران حرکت، استخراج، و ردیابی عوارض متحرک تشکیل شده است. همچنین این سیستم علاوه بر حالت ردیابی در تمامی فریم‌ها، ردیابی آنی را نیز شامل می‌شود [۱۱].

### ۳-۲ روش پیشنهادی

همانگونه که در بخش‌های پیشین بیان گردید، نیاز به یک سیستم ترکیبی به منظور دستیابی به یک سیستم مستقل، دقیق و قابل اعتماد در اکثر کاربردهای ردیابی عوارض امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. از اینرو در این تحقیق، یک روش ترکیبی به منظور استخراج و ردیابی عوارض که بتواند با وجود مشکلات ذکر شده و محدودیت‌های مطرح در این زمینه به‌صورت اتوماتیک،

<sup>۱</sup> Dynamic Template Matching

<sup>۲</sup> Cascade Classifier

<sup>۳</sup> Background Subtraction

<sup>۴</sup> Batchmode Processing

### ۳-۱-۱- پیش پردازش

یکی از مشکلات عمده، تغییرات سریع درجات خاکستری پیکسل‌ها، ناشی از تنظیم اتوماتیک ضریب کالیراسیون دوربین می‌باشد. این تغییرات باعث پایین آمدن کارایی الگوریتم‌های استخراج عوارض مبتنی بر تفاوت فریم‌ها می‌شوند [۲۲]. در این تحقیق به منظور کاهش این تغییرات از یک مدل نرمالیزاسیون به صورت زیر استفاده می‌گردد:

$$Im(i) = \frac{Im(i) - \text{mean}(Im(i))}{\text{std}(Im(i))} \quad (1)$$

در رابطه فوق،  $\text{mean}(Im(i))$  میانگین درجات خاکستری و  $\text{std}(Im(i))$  انحراف معیار تصویر مورد نظر می‌باشند.

### ۳-۱-۲- تولید تفاوت فریم جمع‌شونده

به منظور تعیین عوارض در حال حرکت، تعداد  $2n+1$  فریم (پنجره زمانی<sup>۱</sup>) در اطراف فریم کنونی در نظر گرفته می‌شود. سپس با استفاده از این فریم‌ها مجموع تفاوت فریم‌های قبلی و بعدی به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\begin{aligned} AFDB &= \sum_{k=i-n}^i |Im(i) - W(Im(i), Im(k))| \\ AFDF &= \sum_{k=i}^{i+n} |Im(i) - W(Im(i), Im(k))| \end{aligned} \quad (2)$$

در این رابطه،  $W(Im(i), Im(k))$  بیانگر ترانسفورماسیون از فریم  $k$  به فریم  $i$  می‌باشد. بدین منظور ابتدا با استفاده از اپراتور SURF<sup>۲</sup> نقاط کلیدی استخراج و سپس با استفاده از الگوریتم نزدیکترین همسایگی<sup>۳</sup> و RANSAC<sup>۴</sup> نقاط متناظر استخراج می‌گردند. با استفاده از این نقاط متناظر ماتریس

هوموگرافی<sup>۵</sup> (ماتریس ترانسفورماسیون) قابل برآورد می‌باشد. همچنین با ارزیابی سایزهای متفاوتی از پنجره زمانی، می‌توان بیان نمود که، زمانیکه  $n$  به دو نزدیک گردد عوارض به صورت ناقص و زمانیکه به ده نزدیک گردد عوارض به صورت کامل و با دقت بالایی استخراج می‌شوند.

بعد از تولید مجموع تفاوت فریم‌های قبلی و بعدی جهت کاهش نویز نمک-فلفلی<sup>۶</sup> این تصاویر، از فیلتر میانه استفاده می‌گردد. بعد از نرم کردن تصاویر، به منظور استخراج عوارض متحرک در یک جهت ثابت، از اپراتور Min بین این تصاویر به صورت زیر استفاده می‌گردد:

$$AFD = \min(\text{medfil}(AFDB), \text{medfil}(AFDF)) \quad (3)$$

سپس برای افزایش دقت و صحت ماسک عوارض مورد نظر، از اپراتورهای مورفولوژی به خصوص اپراتور FILL استفاده می‌شود [۲۳]. در نهایت با نرمالیزه کردن این فریم بین صفر و یک و اعمال اتوماتیک یک حد آستانه (رابطه ۴) تفاوت فریم جمع‌شونده تولید می‌گردد [۲۴]:

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{r * c} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c AFD(i, j) \\ \sigma &= \sqrt{\frac{1}{r * c} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (AFD(i, j) - u)^2} \\ T &= 1.5 * \sigma \end{aligned} \quad (4)$$

در رابطه فوق،  $[r, c]$  ابعاد تفاوت فریم جمع‌شونده می‌باشند.

### ۳-۱-۳- تعیین موقعیت عوارض

در این بخش عوارض مورد نظر با استفاده از الگوریتم Connected Component Labeling برچسب‌گذاری شده و اطلاعاتی نظیر مختصات، عرض، طول، سرعت، اطلاعات هیستوگرامی، متوسط درجات خاکستری و

<sup>۱</sup> Temporal Window

<sup>۲</sup> Speeded-Up Robust Feature

<sup>۳</sup> Nearest Neighbor

<sup>۴</sup> RANdom SAMple Consensus

<sup>۵</sup> Homography Matrix

<sup>۶</sup> Salt-Pepper Noise

استخراج شده در دو فریم متوالی، مسئله ردیابی ایجاد تناظریابی یک به یک بین  $b^i \in B_t$  و  $b^j \in B_{t+1}$  می باشد [۱۱]. در این تحقیق همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، ردیابی عوارض استخراج شده با استفاده از الگوریتمی مبتنی بر قیود هندسی و رادیومتریکی نظیر مدل کینماتیک سرعت ثابت، تقاطع هیستوگرامها، متوسط درجات خاکستری و سائز عوارض صورت می گیرد.

### ۳-۲-۱- قید هندسی

در فریم  $t$  بردار حالت یک عارضه استخراج شده ( $X_t^i$ ) متعلق به مجموعه عوارض استخراج شده در فریم مربوطه توسط تاریخچه‌ای از اطلاعات موقعیتی و سرعتی به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$X_t^i = [x_t^i, y_t^i, v_{x_t}^i, v_{y_t}^i] \quad (8)$$

در رابطه فوق،  $(x_t^i, y_t^i)$  موقعیت دو بعدی در سیستم مختصات تصویر و  $(v_{x_t}^i, v_{y_t}^i)$  مرتبط با سرعت جابجایی عارضه مورد نظر می باشد. بردار حالت برای این عارضه در فریم  $t+1$  ( $X_{t+1}^i$ ) به صورت زیر پیش بینی می گردد:

$$\begin{bmatrix} x_{t+1} \\ y_{t+1} \end{bmatrix}_{predict} = \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{x_t} \\ v_{y_t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_x \\ \gamma_y \end{bmatrix} \quad (9)$$

در این رابطه،  $(\gamma_x, \gamma_y)$  نویز گوسین با میانگین صفر و کوریانس  $Q$  در نظر گرفته می شود.

در نهایت احتمال مبتنی بر قیود کینماتیک یک عارضه مشخص با بردار حالت  $X_t^i$  در فریم  $t$  با عوارض استخراج شده در فریم  $t+1$  ( $b^j \in B_{t+1}$ ) به صورت زیر نوشته می شود:

$$P_m(b_{t+1}^j / X_t^i) = \frac{1}{(x_{t+1}^i - x_{t+1}^j)^2 + (y_{t+1}^i - y_{t+1}^j)^2} \quad (10)$$

### ۳-۲-۲- قیود رادیومتریکی

علاوه بر قید هندسی توضیح داده شده در بخش قبلی، مولفه اصلی دیگر جهت ردیابی عوارض در فریم های

سائز آنها به منظور استفاده در الگوریتم ردیابی ذخیره می گردند. همچنین در این بخش به منظور حذف اشتباهات استخراج عوارض، از مفاهیم متوسط درجات خاکستری، فشردگی و خروج از مرکز به صورت زیر استفاده می گردد:

- متوسط درجات خاکستری در عوارض متحرک بالاتر از نویزها می باشد (رابطه ۵).
- عوارض متحرک از اشکال منظم و فشرده تری تشکیل می شوند (رابطه ۶).
- خروج از مرکزیت عوارض متحرک نیز منظم تر می باشند (رابطه ۷).

$$MeanGrayAve^i = \frac{\sum_{\forall p(x,y) \in b_t^i} AFD(x,y)}{|b_t^i|} \quad (5)$$

$$Compactnes^i = \frac{|p(b_t^i)|}{|b_t^i|} \quad (6)$$

$$Eccentricity^i = \sqrt{\frac{2C_{xy}}{u_{xx} + u_{yy} + C_{xy}}} \quad (7)$$

$$u_{xx} = \frac{\sum_{\forall p(x,y) \in b_t^i} (x - \bar{x})^2}{|b_t^i|} + \frac{1}{12}, u_{yy} = \frac{\sum_{\forall p(x,y) \in b_t^i} (y - \bar{y})^2}{|b_t^i|} + \frac{1}{12}$$

$$C_{xy} = \sqrt{(u_{xx} - u_{yy})^2 + 4u_{xy}} \cdot u_{xy} = \frac{\sum_{\forall p(x,y) \in b_t^i} (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{|b_t^i|}$$

در رابطه فوق،  $1/12$  مومنتوم مرکزی دوم یک پیکسل را نسبت به واحد طول نرمالیزه می نماید.

### ۳-۲-۳- ردیابی عوارض

همانگونه که در بخش های پیشین بیان گردید، در فرآیند استخراج عوارض یک مجموعه برجسب های واحد به مجموعه پیکسل های هر تصویر نسبت داده می شود که بطور ایده آل، هر برجسب مربوط به یک عارضه متحرک می باشد. بدین ترتیب در هر فریم، عوارض استخراج شده به صورت  $B_t = \{b^i\}$  نشان داده می شود که در این رابطه  $O_t$  و  $1 \leq i \leq O_t$  تعداد عوارض استخراج شده در فریم مربوطه می باشد. حال با داشتن مجموعه عوارض

متفاوت، می‌توان از یک تکنیک تناظریابی محلی جهت ردیابی عوارض استفاده نمود. در این تکنیک هدف استخراج نزدیکترین مسیر ردیابی برای عارضه استخراج شده می‌باشد [۲۵]. به صورت خلاصه، برای مسیر ردیابی شده عارضه  $t$ ام، عارضه انتخاب شده جهت ادامه این مسیر به صورت زیر انتخاب می‌گردد:

$$b_{t+1}^i = \arg \max_{j \in [1, O_{t+1}]} P(b_{t+1}^j / X_t^i, \delta_c^i, \delta_g^i, \delta_a^i) \quad (12)$$

همچنین اگر عارضه‌ای در مجموعه عوارض استخراج شده در فریم  $t+1$  دارای تناظری با مسیرهای ردیابی شده نباشد، این عارضه مسیر ردیابی جدیدی را آغاز می‌کند، و اگر مسیرهای ردیابی شده تا فریم  $t$  دارای تناظری در مجموعه عوارض استخراج شده در فریم  $t+1$  نباشد، مسیر ردیابی شده برای این عارضه قطع می‌گردد.

#### ۴- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

در این تحقیق به منظور ارزیابی توانایی روش ارائه شده در استخراج و ردیابی عوارض متحرک، از چهار مجموعه تصاویر ویدئویی در طیف مادون قرمز استفاده شده است (شکل ۲). مجموعه تصاویر ویدئویی اول و دوم توسط یک سکوی ثابت شامل عوارض متحرک گوناگون می‌باشد. این مجموعه داده دارای سطح نویز بالایی بوده و اهمیت آن جهت ارزیابی توانایی روش ارائه شده بیشتر به طیف گسترده عوارض متحرک و پنهان شدگی آن‌ها در بخش‌هایی از تصاویر می‌باشد. مجموعه تصاویر ویدئویی سوم و چهارم به عنوان مجموعه داده‌های مرجع DARPA VIVID توسط یک سکوی پرنده اخذ و ثبت شده‌اند. مجموعه تصاویر ویدئویی سوم از یک خودروی کامیونت اخذ شده است که در بخش‌هایی از تصاویر توسط درختان پوشیده می‌شود. اهمیت این مجموعه داده جهت ارزیابی توانایی روش‌های استخراج عوارض متحرک می‌باشد، زیرا این مجموعه شامل عوارض ارتفاعی است که با توجه به خطای پارالاکس، آن‌ها نیز تحت عوارض متحرک استخراج می‌شوند. مجموعه تصاویر ویدئویی چهارم نیز طی یک مسیر جاده‌ای اخذ شده است که شامل عوارضی است که در بخش‌هایی از

متوالی، قیود مبتنی بر اطلاعات رادیومتریک می‌باشد. در این تحقیق همانگونه که در بخش‌های قبلی ذکر گردید، جهت در نظرگیری اطلاعات رادیومتریک از قیود اطلاعات هیستوگرامی، متوسط درجات خاکستری و سائز عوارض استفاده می‌گردد. این قیود برای یک عارضه استخراج شده مشخص به صورت  $\delta_c^i$ ،  $\delta_g^i$  و  $\delta_a^i$  نشان داده می‌شوند. احتمال مبتنی بر قید اطلاعات هیستوگرامی یک عارضه مشخص با بردار حالت  $X_t^i$  در فریم  $t$  با عوارض استخراج شده در فریم  $t+1$  ( $b^j \in B_{t+1}$ ) به صورت  $P_c(b_{t+1}^j / X_t^i)$  نشان داده می‌شود که از طریق تقاطع هیستوگرام‌ها قابل محاسبه می‌باشد. احتمال مبتنی بر قید متوسط درجات خاکستری یک عارضه مشخص در فریم  $t$  با عوارض استخراج شده در فریم  $t+1$  به صورت تفاوت این مقادیر از یکدیگر و نرمالیزه کردن آن‌ها نسبت به بیشترین مقدار قابل محاسبه می‌باشد. همچنین جهت محاسبه احتمال مبتنی بر قید سائز عوارض، از مقایسه انحراف معیار عارضه استخراج شده در فریم  $t$  با عوارض استخراج شده در فریم  $t+1$  استفاده می‌گردد.

در نهایت با فرض عدم وابستگی قیود هندسی و رادیومتریکی نسبت به یکدیگر، احتمال تناظر بودن عارضه استخراج شده در فریم  $t$  با عوارض استخراج شده در فریم  $t+1$  به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$P(b_{t+1}^j / X_t^i, \delta_c^i, \delta_g^i, \delta_a^i) = P_m(b_{t+1}^j / X_t^i) P_c(b_{t+1}^j / X_t^i) P_g(b_{t+1}^j / X_t^i) P_a(b_{t+1}^j / X_t^i) \quad (11)$$

#### ۳-۲-۳- تناظریابی عوارض<sup>۱</sup>

هدف از ردیابی عوارض، تناظریابی یک به یک بین مجموعه عوارض استخراج شده در فریم  $t$  و مجموعه عوارض استخراج شده در فریم  $t+1$  می‌باشد. همانگونه که در بخش‌های قبلی ذکر گردید، با استخراج اطلاعات مبتنی بر قیود هندسی و رادیومتریک عوارض متحرک در فریم‌های متوالی، می‌توان احتمال تناظر بودن هر زوج عارضه مختلف در این فریم‌ها را محاسبه نمود. با استفاده از احتمال‌های محاسبه شده بین زوج عارضه‌های

<sup>۱</sup> Data Association

فریم‌های پنجره زمانی با استفاده از اپراتور SURF، نزدیکترین همسایگی و RANSAC به فریم مورد بررسی انتقال می‌یابد (شکل ۳). سپس با استفاده از مجموع تفاوت فریم‌های قبلی و بعدی، و پس پردازش‌های آن‌ها تفاوت فریم جمع‌شونده تولید می‌گردد. در انتها با استفاده از الگوریتم Connected Component Labeling عوارض مستقل استخراج و اطلاعات آماری آن‌ها ذخیره می‌گردد (شکل ۴). در گام دوم به منظور ردیابی عوارض استخراج شده، از الگوریتمی مبتنی بر قیود هندسی و رادیومتریکی استفاده می‌گردد (شکل ۵).

تصاویر توسط درختان پوشیده، و یا در سایه‌ی آن‌ها قرار می‌گیرند. اهمیت این مجموعه داده نیز جهت ارزیابی توانایی روش‌های استخراج عوارض متحرک می‌باشد، زیرا این مجموعه شامل عوارض ارتفاعی است که با توجه به خطای پارالاکس، آن‌ها نیز تحت عوارض متحرک استخراج می‌شوند. شکل ۲ نمایی از فریم‌های این مجموعه تصاویر ویدئویی را نشان می‌دهد.

همانطور که در بخش‌های پیشین بیان گردید، استخراج و ردیابی عوارض متحرک از دو گام اساسی استخراج عوارض متحرک و ردیابی آن‌ها تشکیل گردیده است. در گام ابتدایی پس از پیش پردازش تصاویر،



فریم ۷۲۷۶



فریم ۱۹۵۱



فریم ۰۷۲۱



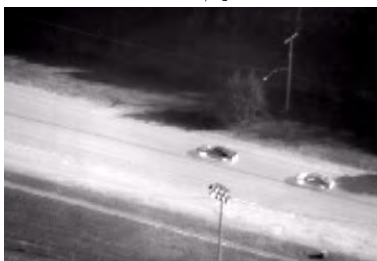
فریم ۰۰۶۶



فریم ۰۰۶۶



فریم ۰۰۲۳



فریم ۰۱۲۵



فریم ۰۰۳۱

شکل ۲- نمایی از فریم‌های مجموعه داده‌های مورد استفاده جهت ارزیابی توانایی روش ارائه شده در استخراج و ردیابی عوارض متحرک





فریم ۲۱



فریم ۱۱  
(الف)



فریم ۰۱



فریم ۱۱-۲۱



فریم ۱۱-۰۱

(ب)



فریم ۲۱



فریم ۱۱  
(ج)



فریم ۰۱



فریم ۱۱-۲۱



فریم ۱۱-۰۱

(د)

شکل ۳- نمایی از نقاط استخراج شده و انتقال فریم‌های پنجره زمانی به فریم مورد بررسی در مجموعه ویدئوهای سوم و چهارم





فریم ۱۹۹۶



فریم ۱۸۶۱



فریم ۲۱۹۱



فریم ۱۶۲۱



فریم ۰۱۲۹



فریم ۰۰۳۲



فریم ۰۳۸۲

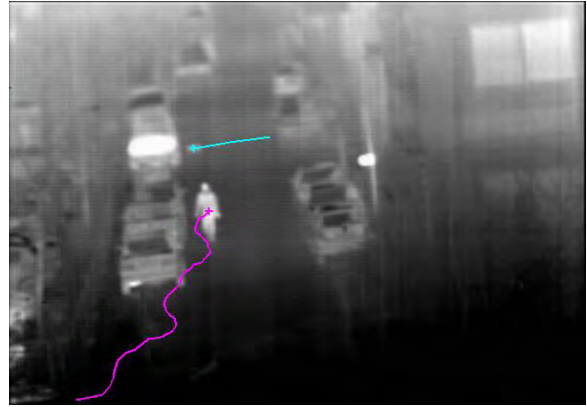


فریم ۰۰۲۶

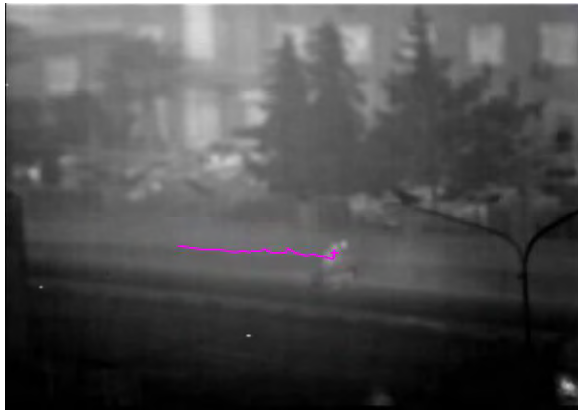
شکل ۴- نتایج بدست آمده از الگوریتم استخراج عوارض برای دو فریم از هر مجموعه تصاویر ویدئویی



فریم ۲۰۴۱



فریم ۱۱۷۱



فریم ۱۹۰۶



فریم ۰۷۹۶



فریم ۰۰۷۲



فریم ۰۰۱۷

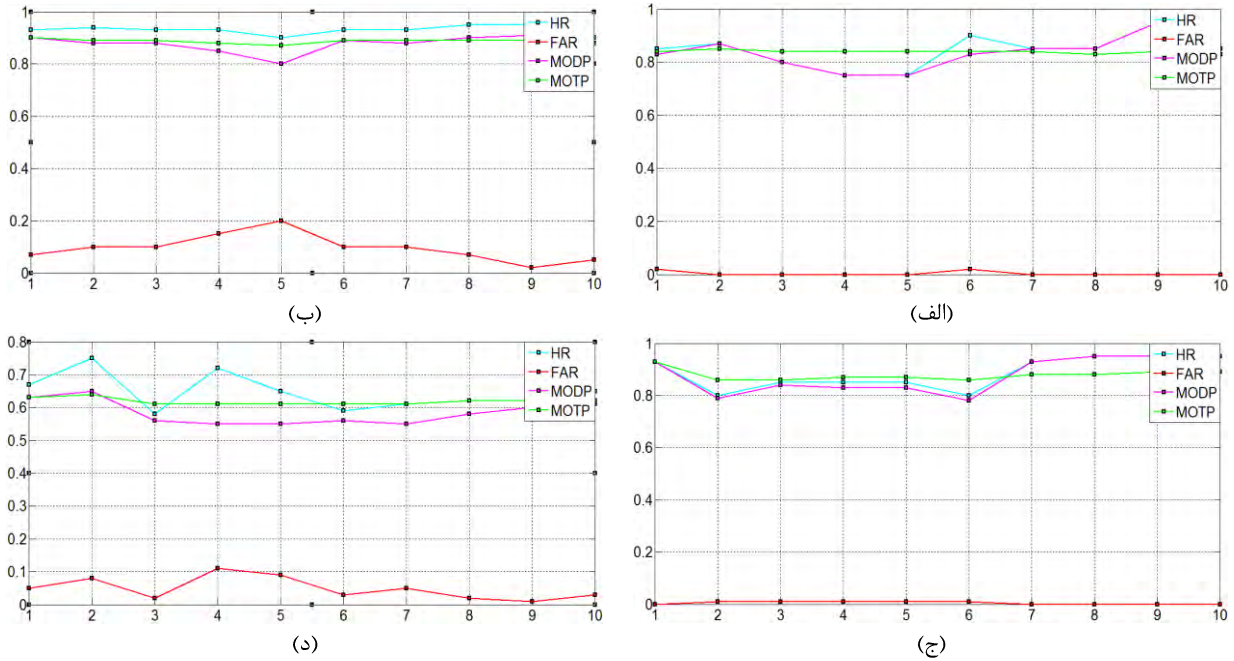


فریم ۰۱۵۷



فریم ۰۰۲۴

شکل ۵- نتایج بدست آمده از الگوریتم ردیابی عوارض برای دو فریم از هر مجموعه تصاویر ویدئویی



شکل ۶- نتایج بدست آمده از روش ارائه شده در هر مجموعه تصاویر ویدئویی

در این رابطه،  $H$ ،  $F$  و  $M$  ناحیه درست، اشتباه و تشخیص نداده شده می‌باشند.  $D_i^{(t)}$  و  $G_i^{(t)}$  بیانگر عارضه واقعی و استخراج شده نام در فریم نام می‌باشند. همچنین  $N_{mapped}^t$  مشخص کننده تعداد عارضه تصویر شده در فریم نام می‌باشد.

همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، روند پیشنهادی در جبران حرکت ناشی از سکو و سنجنده دارای عملکرد بالایی بوده، و همچنین با توجه به شکل ۴ پس پردازش‌های استخراج عوارض برای حذف عوارض غیر متحرک ناشی از خطاهای تطبیق، پارالاکس و ... کارایی مناسبی دارد. به‌علاوه با توجه به اشکال ۴ و ۵، روند پیشنهادی توانایی استخراج و ردیابی عوارض متحرک مختلفی نظیر عابر، دوچرخه، موتور سیکلت، و انواع خودروهای سواری با خصوصیات حرکتی گوناگون را با دقت و قابلیت اعتماد زیادی دارد. با توجه به شکل ۶ می‌توان بیان نمود که عملکرد سنجنده دارای تأثیر مستقیمی بر قابلیت اعتماد روند پیشنهادی به منظور استخراج و ردیابی عوارض متحرک دارد، زیرا در مجموعه ویدئویی دوم با تغییر gain دوربین مشاهده می‌شود عوارض غیر متحرکی نیز به‌عنوان عوارض متحرک پذیرفته می‌شوند و بدین ترتیب متریک  $FAR$  در بخش‌هایی افزایش یافته است. این در حالیست که در این مجموعه ویدئویی به دلیل ثابت بودن سکو هیچ‌گونه

در ادامه به منظور ارزیابی توانایی روش ارائه شده در استخراج و ردیابی عوارض متحرک، از متریک‌های مختلفی (رابطه ۱۳) نظیر  $HR$ ،  $FAR$  [۱۷]،  $MODP$ ، و  $MOTP$  [۲۶] استفاده شده است. فریم‌های متفاوتی برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند که دارای شرایطی نظیر فاصله نزدیک و یا دور از سنجنده، تفاوت در سایز عوارض (عابر، دوچرخه، موتور سیکلت، و خودروی سواری)، پنهان شدگی بخشی و یا تمام عوارض مورد بررسی، می‌باشند (شکل ۶).

$$\begin{aligned}
 HR &= \frac{H}{H + M} \\
 FAR &= \frac{F}{H + F} \\
 MODP &= \frac{1}{N_{mapped}^t} \sum_{i=1}^{N_{mapped}^t} \frac{|G_i^{(t)} \cap D_i^{(t)}|}{|G_i^{(t)} \cup D_i^{(t)}|} \\
 MOTP &= \frac{1}{\sum_{j=1}^{N_{frames}} N_{mapped}^j} \sum_{i=1}^{N_{mapped}^t} \sum_{t=1}^{N_{frames}} \left[ \frac{|G_i^{(t)} \cap D_i^{(t)}|}{|G_i^{(t)} \cup D_i^{(t)}|} \right]
 \end{aligned} \tag{13}$$

- ۱ Hit Rate
- ۲ False Alarm Rate
- ۳ Multi Object Detection Precision
- ۴ Multi Object Tracking Precision



خطای ناشی از تطبیق و پارالاکسی وجود ندارد. همچنین تطبیق تصاویر و پس پردازش‌های گام استخراج عوارض نیز تأثیر بسزایی در این متریک دارند به نحوی که در مجموعه ویدئویی چهارم که شامل عوارض متنوع ارتفاعی می‌باشد خطاهای پارالاکس زیادی در مرحله تطبیق وجود داشته که به صورت کلی این عوارض ارتفاعی به عنوان عوارض متحرک در نظر گرفته می‌شوند و طی عملیات پس پردازشی این نوع عوارض بایستی حذف گردند.

## ۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق روشی نوین در زمینه ردیابی عوارض به منظور افزایش قابلیت اعتماد، سرعت و دقت در استخراج و ردیابی عوارض ارائه شده است. به همین منظور ابتدا با

استفاده از الگوریتم‌های تناظریابی عارضه‌مینا حرکت ایجاد شده توسط جابجایی سکو حذف می‌گردد. سپس با استفاده از الگوریتم تفاوت فریم‌های جمع‌شونده، عوارض متحرک استخراج و در نهایت با استفاده از الگوریتمی مبتنی بر قیود هندسی و رادیومتریکی نظیر مدل کینماتیک سرعت ثابت، تقاطع هیستوگرام‌ها، متوسط درجات خاکستری و سائز عوارض، عوارض استخراج شده فریم به فریم ردیابی می‌شوند. به منظور ارزیابی توانایی روش ارائه شده، عوارض متحرک در مجموعه داده‌های دارای پیچیدگی‌های مختلف و با شرایط متفاوت استخراج و ردیابی گردید. با توجه به نتایج بدست آمده، روش ارائه شده توانایی ردیابی عوارض متحرک نظیر انسان، دوچرخه، موتور سیکلت و انواع خودروهای سواری را به صورت مؤثر و کارآمد دارد.

## مراجع

- [1] H. Yalcin, M. Hebert, R. Collins, and M. J. Black, "A flow-based approach to vehicle detection and background mosaicking in airborne video," in *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on, 2005, vol. 2, p. 1202-vol.
- [2] P. Arambel, "A multiple-hypothesis tracking of multiple ground targets from aerial video with dynamic sensor control," DTIC Document, 2004.
- [3] R. Lin, X. Cao, Y. Xu, C. Wu, and H. Qiao, "Airborne moving vehicle detection for video surveillance of urban traffic," in *Intelligent Vehicles Symposium*, 2009 IEEE, 2009, pp. 203–208
- [4] S. Ali and M. Shah, "Cocoa-tracking in aerial imagery," *Airborne Intelligence, Surveillance, Reconnaissance (ISR) Systems and Applications III*, vol. 6209, no. 1, 2006.
- [5] S. Y. Elhabian, K. M. El-Sayed, and S. H. Ahmed, "Moving object detection in spatial domain using background removal techniques-state-of-art," *Recent patents on computer science*, vol. 1, no. 1, pp. 32–54, 2008
- [6] A. D. Jepson, D. J. Fleet, and T. F. El-Maraghi, "Robust online appearance models for visual tracking," *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *IEEE Transactions on*, vol. 25, no. 10, pp. 1296–1311, 2003.
- [7] J. Xiao, C. Yang, F. Han, and H. Cheng, "Vehicle and person tracking in aerial videos," *Multimodal Technologies for Perception of Humans*, pp. 203–214, 2008
- [8] H. Zhang and F. Yuan, "Vehicle tracking based on image alignment in aerial videos," in *Proceedings of the 6th international conference on Energy minimization methods in computer vision and pattern recognition*, 2007, pp. 295–302.
- [9] A. Yilmaz, O. Javed, and M. Shah, "Object tracking: A survey," *Acm Computing Surveys (CSUR)*, vol. 38, no. 4, p. 13, 2006.
- [10] M. Isard and A. Blake, "Condensation—conditional density propagation for visual tracking," *International journal of computer vision*, vol. 29, no. 1, pp. 5–28, 1998.
- [11] S. Bhattacharya, H. Idrees, I. Saleemi, S. Ali, and M. Shah, "Moving Object Detection and Tracking in Forward Looking Infra-Red Aerial Imagery," *Machine Vision Beyond Visible Spectrum*, pp. 221–252, 2011.

- [12] Z. Chaohui, D. Xiaohui, X. Shuoyu, S. Zheng, and L. Min, "An improved moving object detection algorithm based on frame difference and edge detection," in Image and Graphics, 2007. ICIIG 2007. Fourth International Conference on, 2007, pp. 519–523.
- [13] A. G. A. Perera, C. Srinivas, A. Hoogs, G. Brooksby, and W. Hu, "Multi-object tracking through simultaneous long occlusions and split-merge conditions," in Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on, 2006, vol. 1, pp. 666–673.
- [14] B. Leibe, K. Schindler, and L. Van Gool, "Coupled detection and trajectory estimation for multi-object tracking," in Computer Vision, 2007. ICCV 2007. IEEE 11th International Conference on, 2007, pp. 1–8.
- [15] M. Andriluka, S. Roth, and B. Schiele, "People-tracking-by-detection and people-detection-by-tracking," in Computer Vision and Pattern Recognition, 2008, pp. 1–8
- [16] M. Y. Liu, Q. H. Dai, X. D. Liu, and G. H. Er, "Automatic extraction of initial moving object based on advanced feature and video analysis," in Proceedings of SPIE, 2005, vol. 5960, p. 596001.
- [17] A. Hakeem, K. Shafique, and M. Shah, "An object-based video coding framework for video sequences obtained from static cameras," in Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia, 2005, pp. 608–617.
- [18] K. Gupta and A. V. Kulkarni, "Implementation of an Automated Single Camera Object Tracking System Using Frame Differencing and Dynamic Template Matching," Advances in Computer and Information Sciences and Engineering, pp. 245–250, 2008.
- [19] S. Johnsen and A. Tews, "Real-time object tracking and classification using a static camera," in Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, workshop on People Detection and Tracking, 2009.
- [20] L. Maddalena and A. Petrosino, "Moving Object Detection for Real-Time Applications," in Image Analysis and Processing, 2007. ICIAP 2007. 14th International Conference on, 2007, pp. 542–547.
- [21] Y. Du, A. Zhou, and F. Yuan, "Moving object detection for video monitoring systems," in Proceedings of 2007 8th International Conference on Electronic Measurement & Instruments, Xi'an China, 2007, vol. 2, pp. 2814–2817.
- [22] Z. Yin and R. Collins, "Moving object localization in thermal imagery by forward-backward MHI," in Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2006. CVPRW'06. Conference on, 2006, p. 133-133.
- [23] X. Zheng, Y. Zhao, N. Li, and H. Wu, "An Automatic Moving Object Detection Algorithm for Video Surveillance Applications," in Embedded Software and Systems, 2009. ICESS'09. International Conference on, 2009, pp. 541–543.
- [24] W. Huang, P. Xiao, and G. Feng, "Extraction and track of indoor moving human with shadow elimination," Jisuanji Gongcheng/ Computer Engineering, vol. 33, no. 5, pp. 170–172, 2007.
- [25] S. Mann and R.W. Picard, "Video orbits of the projective group a simple approach to featureless estimation of parameters," Image Processing, IEEE Transaction on, vol. 6, no. 9, pp. 1281-1295, 2002.
- [26] R. Kasturi et al., "Performance evaluation protocol for face, person and vehicle detection & tracking in video analysis and content extraction (VACE-II)," Computer Science & Engineering University of South Florida, Tampa, FL, USA, 2006.

