

ارائه روشی به منظور کشف رد عبور و مرور خودرو در تصاویر SAR چند زمانه به عنوان یک قابلیت استراتژیک در مقابله با اشرا و گروه های تروریستی در مناطق مرزی

علمی پژوهشی

حسن حسنی مقدم^۱، عباس بشیری^۲، مسعود اردینی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۹

صفحات: ۸۷-۹۸

چکیده

مناطق مرزی به عنوان یکی از مهم ترین گلوگاه های امنیتی هر کشوری محسوب می شوند. نظارت و پایش مداوم این نواحی به عنوان یکی از اولویت های اصلی نیروهای مرزبانی و یکی از مؤلفه های اصلی تأمین امنیت این نواحی است. با پیشرفت های به وجود آمده در فناوری های تصویربرداری فضایی و هوایی، عملیات پایش مرزها با سرعت و دقت بیشتری انجام گرفته است. کشور ایران به دلیل گستردگی خطوط مرزی و همچنین وجود گروه های تروریستی متعدد در اطراف مرزهای خود، به عنوان یکی از کشورهای مخاطره پذیر مرزی شناخته می شود که شناسایی و دفع این خطرات بالقوه و بالفعل نیاز به اشراف اطلاعاتی نسبت به وقایع تهدیدکننده در این نواحی دارد. بر اساس نیازهای نیروهای مرزبانی به منظور شناسایی مسیرهای عبور و مرور اشرا و گروه های تروریستی، در این تحقیق، روشی به منظور کشف و شناسایی رد عبور وسایل نقلیه با استفاده از تصاویر SAR چند زمانه ارائه گردیده است. ابتدا تصاویر مورد استفاده به لحاظ پیش پردازش های مورد نیاز و وجود خطاهای ذاتی تصاویر SAR اصلاح گردیدند و در مرحله بعد با استفاده از اطلاعات فاز و الگوریتم Coherence Change Detection (CCD)، رد عبور خودرو در تصاویر شناسایی گردید. به منظور ارزیابی قابلیت روش پیشنهادی، روش های معمول آشکارسازی تغییرات نیز بر روی تصاویر اعمال شد. نتایج تحقیق نشان دهنده قابلیت بالای روش پیشنهادی در شناسایی کربدورهای عبور و مرور غیرمجاز مرزی است. نتایج این تحقیق می تواند به عنوان یکی از مؤلفه های تأمین امنیت در مرزهای کشور مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: مرز، تصاویر SAR، گروه های تروریستی، الگوریتم CCD، امنیت

^۱ پژوهشگر سنجش از دور دانشگاه جامع امام حسین (ع) h.h.moghaddam@ihu.ac.ir

^۲ مربی گروه الکترونیک دانشگاه جامع امام حسین (ع) kpbashiri@ihu.ac.ir

^۳ کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات، دانشگاه شاهد msdardini@iran.i

مقدمه

امروزه مناطق مرزی به دلیل نقش حیاتی که در تأمین امنیت هر کشوری دارند، از اهمیت بسزایی برخوردار هستند (ترکمان و همکاران، ۱۴۰۰). جمهوری اسلامی ایران دارای مرزهای متعددی با کشورهای مختلف است که وجود هرگونه ناامنی در آنها موجب ایجاد نگرانی‌هایی برای مردم ساکن در این مناطق و دولت مرکزی می‌شود (جوان و همکاران، ۱۴۰۰). وجود ناامنی‌ها و جرائم در مناطق مرزی سبب می‌شود تا هزینه‌های جانی و مالی متعددی بر کشور تحمیل شود که مقابله با این امر نیاز به یک دید سیستمی و فناوری پایه از طرف مسئولان دارد (آهنگری ننه کران و همکاران، ۱۴۰۰). کشورهای مختلف دنیا به منظور کشف هرگونه تغییرات جزئی و بزرگ در جغرافیای سرزمینی خود و باهدف افزایش سرعت و دقت عملیات شناسایی اهداف، از فناوری‌های نوین تصویربرداری فضایی و هواپایه استفاده می‌کنند (ناطق و حسنی مقدم، ۱۳۹۸). فناوری‌های سنجش‌ازدور یکی از نوین‌ترین فناوری‌ها به‌منظور پایش سطح زمین می‌باشند که با برخورداری از سطح پوشش زمینی وسیع، می‌توانند مناطق صعب‌العبور و دورافتاده را در مدت‌زمان بسیار اندکی پایش کنند (Hasani Moghaddam et al, ۲۰۱۹). در طی سال‌های گذشته و با پیشرفت‌های متعدد فناوری‌های سنجش‌ازدور، مطالعات متعددی به‌منظور ارزیابی قابلیت این نوع از داده‌ها در مقابله با عملیات‌های تروریستی و ارتقای توان عملیاتی نیروهای امنیتی در مواجهه با این تهدیدات صورت پذیرفته است (اخباری و همکاران، ۱۳۹۴). الگوریتم‌ها و روش‌های متعددی به‌منظور استخراج اطلاعات کاربردی از تصاویر ماهواره‌ای ارائه‌شده است که تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات به‌عنوان یکی از مؤثرترین روش‌ها برای فعالیت‌های پدافند غیرعامل شناخته می‌شود (تراهی و حسنی

مقدم، ۱۳۹۵). عملیات پدافندی (عامل و غیرعامل) نیازمند اطلاعات دقیق مکانی در کاربردهای مختلف نظامی و غیرنظامی می‌باشند. در این راستا، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و هوایی می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای را در اخذ هم‌زمان اطلاعات ماهیتی و موقعیتی عوارض و پدیده‌های موردبررسی، ایفا نماید (حسینی ساجدی و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی و توسعه روش‌های پیشرفته پردازش تصویری جهت استخراج این نوع اطلاعات، ارائه راهکارهای پدافندی در زمینه‌های مختلف نظامی مانند استتار، فریب و همچنین شناسایی اهداف را میسر می‌سازد (صدافت و دهقانی، ۱۳۹۰). استخراج اطلاعات دقیق ماهیتی و موقعیتی از اهمیت بسزایی در شناسایی اهداف جهت هدف‌گیری تسلیحات هدایت‌شونده (بمب‌ها و موشک‌ها)، پایش نقل‌وانتقال تجهیزات نظامی، تحلیل‌های محیطی و موقعیتی صحنه جنگ و همچنین سایر فعالیت‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی‌های استراتژیک برخوردار هست. در این راستا بهره‌گیری از تحلیل‌های سنجش‌ازدور می‌تواند بسیار کارآمد واقع شود. بااین‌وجود توجه به این نکته ضروری است که نوع اطلاعات قابل‌استخراج و همچنین الگوریتم‌ها و تکنیک‌های موردنیاز برای استخراج اطلاعات و تشخیص تغییرات به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای به نوع داده‌های (تصاویر) موجود وابسته است (جعفرزاده و ولیزاده کامران، ۱۳۹۷). جلالی نسب و ایمانی (۱۳۹۷) به بررسی تهدیدات بالقوه و بالفعلی که نظام جمهوری اسلامی با آنها مواجه است پرداخته‌اند. در این تحقیق علاوه بر شناسایی تهدیدات انواع راهکارهایی به‌منظور شناسایی هوشمند و مقابله هوشمند با آنها نیز ارائه‌شده است. شناخت محیط‌های مرزی به‌عنوان یک عامل مکانی دارای اهمیت زیادی است. یکی از مهم‌ترین نکات بهره‌مندی از امنیت مرزی استفاده از فناوری‌های نوین سنجش‌ازدور و GIS، است که می‌تواند به‌عنوان اهرمی جهت نیل به اهداف توسعه

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌اند. در این مقاله روش‌های گوناگون بررسی خطوط ساحلی مورد مطالعه قرار گرفته شد. طبق مطالعات در مقالات و تحقیقات گوناگون از ماهواره Landsat و با استفاده از سنجنده های، MSS، TM & ETM+، LISS خطوط ساحلی بررسی شده است. در نتیجه بهترین کارکرد و نتیجه نهایی کار را، ماهواره Landsat و سنجنده های، TM & ETM+ به دست آورده شده است. به منظور مقایسه یافتن ارتباط بین تغییرات سطح و ارتفاع آب‌ها داده‌های ارتفاعی ماهواره TOPEX/ POSEIDON مورد استفاده قرار گرفته شده است. هدف از این تحقیق ارائه الگوریتمی بر مبنای تصاویر SAR^۱ چند زمانه^۲ است تا بتوان تأثیر استفاده از نوع داده‌ها را در ره‌گیری کریدورهای عبور و مرور اشرار و نیروهای تروریستی شناسایی کرد. در این راستا شناسایی تغییرات اهداف نظامی با تأکید بر شناسایی تغییرات ناشی از عبور خودرو مورد توجه قرار گرفته و الگوریتمی جهت شناسایی و استخراج این هدف با استفاده از تصاویر چند زمانه SAR ارائه گردیده است. با توجه به ماهیت تصاویر SAR، که علاوه بر شدت موج برگشتی (دامنه)، فاز را نیز ثبت می‌کند، می‌توان به خوبی از تلفیق اطلاعات دامنه و فاز برای شناسایی موقعیت رد خودرو و اهداف که در فاز تصاویر نمایان هستند استفاده کرد. اما با استفاده از اطلاعات دامنه شناسایی ماهیتی هدف^۳ مورد نظر بسیار دشوار خواهد بود. از این رو روش‌های موجود شناسایی رد خودرو در تصاویر SAR معمولاً از اطلاعات فاز موجود در تصویر SAR بهره می‌گیرند.

مبانی نظری

آشکارسازی تغییرات یکی از کاربردهای مهم در علوم زمین، ماشین بینایی، فتوگرامتری، سنجش‌از‌دور و ... می‌باشد (حسنی مقدم و تراهی، ۱۳۹۷). در

پایدار، جلوگیری از اتلاف زمان و هزینه و اجرای صحیح برنامه‌ریزی مدیریتی مدنظر قرار گیرد. نتایج این تحقیق نشان داده است که استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS و RS به‌عنوان یکی از کاربردی‌ترین راهکارها در شناخت، ارزیابی، تحلیل درست جغرافیای مکانی مناطق مرزی بوده که موجب هوشمندی و ارتقای امنیت ملی خواهد بود. اخباری و همکاران (۱۳۹۹) تأثیر پدیده‌ها و عوارض طبیعی منطقه مرزی خراسان رضوی و افغانستان را بر امنیت مرز و مناطق مرزی بررسی نموده‌اند. برای این منظور تصاویر سنجنده OLI، ماهواره لندست ۸ سال ۱۳۹۷ منطقه مورد مطالعه اخذ و با استفاده از نرم‌افزار ENVI، پردازش شد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که کم‌آبی و عمق کم رودخانه مرزی هریرود، موجب افزایش امکان تردد غیرمجاز و قاچاق کالا و مواد مخدر از مرز شده و بر امنیت مرز تأثیر منفی دارد. احدنژاد و قادری (۱۳۹۲) تغییرات کاربری اراضی ناشی از گسترش فیزیکی و کالبدی شهر بانه را در سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۷۱ و ۱۳۹۰ با استفاده از تصاویر سنجنده TM، ارزیابی کرده‌اند. نتایج این تحقیق بیانگر این است که مبادلات مرزی تأثیر شگرفی بر شهر بانه گذاشته و رونق و رکود مبادلات منجر به واکنش شهر نسبت به این تغییرات به صورت رشد فیزیکی، رشد جمعیت، اشتغال، بیکاری، رفاه و یا عدم رفاه برای ساکنان شده است. نتایج این تحقیق همچنین بیانگر تأثیر بسیار زیاد استفاده از فناوری‌های سنجش‌از‌دور در افزایش سرعت و دقت کسب اطلاعات از مناطق مرزی شده و می‌توان به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تأمین امنیت مناطق مرزی از آن استفاده نمود.

خسروی و احمدی ندوشن (۱۳۹۷) به ارزیابی علمی روش‌های متداول تعیین تغییرات خطوط ساحلی با

^۳ Target

^۱ Synthetic Aperture Radar

^۲ Multi-temporal

طول روز و شب را دارا می‌باشند. سامانه‌های SAR از امواج در محدوده‌های طیف الکترومغناطیس مایکروویو (طول موج بین ۱ میلی‌متر تا ۱ متر) در جهت تصویربرداری از سطح زمین استفاده می‌کند. به دلیل محدوده‌ی طیفی که امواج SAR در آن قرار دارند تصاویر حاصل از سنجنده‌های SAR کمتر تحت تأثیر اثرات اتمسفری و شرایط روشنایی خورشید^۷ بوده و امکان تصویربرداری در تمامی شرایط آب و هوایی را دارا می‌باشند (سهرابی مفرد و بختیاری کیا، ۱۳۹۹). ماهیت پیچیده تشکیل تصاویر SAR که علاوه بر دامنه، فاز را نیز اندازه می‌گیرد، باعث شده که نتایج حاصل از روش‌های آشکارسازی تغییرات با این تصاویر از نظر قدرت تفکیک رادیومتریکی بسیار ضعیف‌تر از تصاویر نوری باشد و بشدت به پیش‌پردازش‌های اولیه و به‌خصوص کاهش اثر اسپکل^۸ وابسته باشد (خدائی قشلاق و همکاران، ۱۴۰۰). وجود اسپکل کیفیت رادیومتریکی تصویر را پایین می‌آورد و تفسیر تصویر را چه به شکل بصری و چه به صورت تحلیلی با مشکل مواجه می‌کند. چنین ویژگی‌هایی علاوه بر متمایز نمودن این فناوری از روش‌های دیگر، موجب ایجاد کاربردهای فراوانی در علوم مختلف شده است.

داده‌های مورد استفاده

جهت پیاده‌سازی روش پیشنهادی از سه دسته تصویر SAR که از نقاط مشخصی در آن‌ها اتومبیل عبور و مرور کرده است، استفاده کرده‌ایم. تصاویر هر جفت داده از قبل و بعد از تحرکات خودرو اخذ شده است. این تصاویر مربوط به آزمایشگاه ملی سندیا است که در اختیار عموم قرار گرفته استفاده است و دسترسی به آن‌ها رایگان است. این تصاویر در سال ۲۰۰۶ و در دو محدوده زمانی صبح و بعدازظهر اخذ شده است. هر

آشکارسازی تغییرات، تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم‌های بهینه پردازش شده و اختلاف بین مناطق مختلف در تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه آشکار می‌شود. از کاربردهای آشکارسازی تغییرات می‌توان به مطالعه‌ی تغییرات حوزه‌ی اراضی، نظارت بر تغییرات اراضی، تحلیل و آنالیز فرآیند تغییر شکل زمین، ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی، نظارت بر رشد و توسعه شهرها، اقیانوس‌نگاری، پدافند غیرعامل و... نام برد (حسینی و طباطبایی، ۱۳۹۹). تمامی این کاربردها به آنالیز و تحلیل مناطق بزرگی از زمین و همچنین به تکنیک‌های پردازش تصویر نیاز دارد. آنالیز و آشکارسازی تغییرات در سنجش‌ازدور و فتوگرامتری به دو روش نظارت‌شده^۴ و نظارت‌نشده^۵ صورت می‌گیرد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۷). در تکنیک‌های نظارت‌شده یک سری نمونه آموزشی^۶ برای یادگیری کلاس‌ها نیاز است. در دنیای واقعی به دست آوردن نمونه‌های آموزشی از منطقه مورد مطالعه با چالش‌هایی همراه است از این نظر که باید در منطقه مورد نظر حضور یافته و به جمع‌آوری داده‌های آموزشی پرداخته شود لذا استفاده از این روش‌ها دشواری‌های خاصی به همراه دارد (امیرانتخابی و همکاران، ۱۳۹۶). در روش‌های نظارت‌نشده آشکارسازی تغییرات که به آشکارسازی نظارت‌نشده تغییرات نیز معروف هستند، به نمونه‌های آموزشی نیاز نیست؛ بنابراین در این دسته از روش‌های آشکارسازی تغییرات، مشکلات مربوط به جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی در روش نظارت‌شده وجود ندارد. یکی از مهم‌ترین داده‌های سنجش‌ازدور که به‌منظور شناسایی و آشکارسازی تغییرات در سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد، داده‌های SAR، هستند (سهرابی، ۱۳۹۹). سامانه‌های SAR به دلیل اینکه خود منبع انرژی هست امکان تصویربرداری در

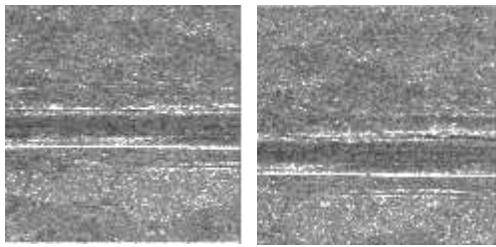
^۷ Sunlight Condition

^۸ Speckle

^۴ Supervised

^۵ Unsupervised

^۶ Trainings Data



داده مجموعه اول

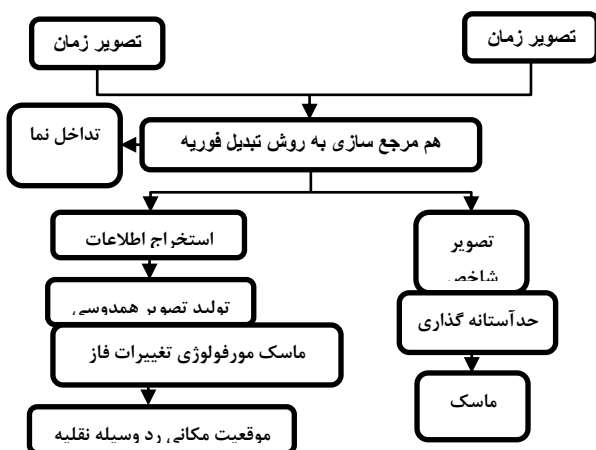
و

ه

شکل شماره ۱. تصاویر هواپایه SAR مورد استفاده در این تحقیق (دامنه). مجموعه اول الف-ج-ه تصاویر اخذ شده در صبح و قبل از حرکت وسایل نقلیه، و ب-د-و تصاویر اخذ شده در عصر و بعد از حرکت وسایل نقلیه

روش پژوهش

(شکل ۲) نمودار روند کار در این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۲. نمودار روند انجام تحقیق

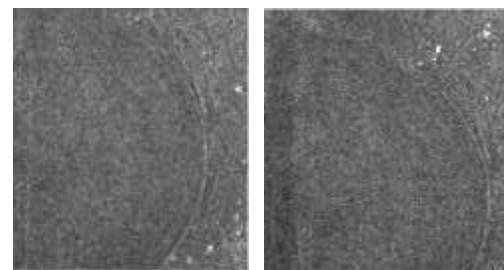
بر اساس ماهیت تحقیق و بر اساس نمودار روند نمای ارائه شده، به منظور ارزیابی قابلیت کشف رد خودرو در تصاویر SAR، ابتدا نیاز است تا حداقل ۲ تصویر مربوط به قبل و بعد از تغییرات را در اختیار داشته باشیم. با توجه به اینکه تصاویر می‌بایست به صورت پیکسل به پیکسل با یکدیگر مقایسه شوند، در گام اول تصاویر باید هم مرجع سازی شوند. در این تحقیق از روش تبدیل فوریه به منظور شناسایی پیک‌های فرکانسی تصاویر

محدوده زمانی شامل ۳۲ تصویر از یک ناحیه مشخص و هر محدوده زمانی شامل ۸ گذر متوالی است که در هر گذر ۴ تصویر اخذ گردیده. این تصاویر از منطقه‌ای در حوالی آلبوکرک در ایالت نیومکزیکو کشور آمریکا اخذ شده است. مشخصات تصاویر مورد استفاده در (جدول ۱) نشان داده شده است.

جدول شماره ۱. مشخصات تصاویر مورد استفاده

فرمت تصویر	Complex
ابعاد تصویر (پیکسل)	سمت ۳۰۰۰
	برد ۱۷۵۴
قدرت تفکیک (متر)	سمت ۰/۱۲۰۰۰۱۸۵
	برد ۰/۱۲۰۰۲۴۶۱
طول موج (متر)	۰/۰۱۷۹۰۲۵۰
زاویه فرود ^۹ (درجه)	۳۲/۲۴۰۱۵۰۲۲
برد مایل ^{۱۰} (متر)	۷۰۰۶/۵۹۵

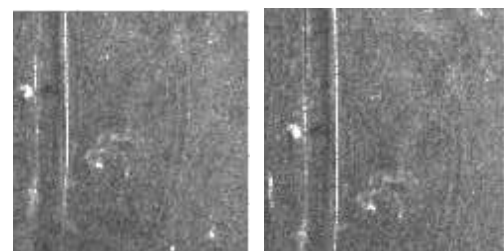
در (شکل ۱)، تصاویر هواپایه SAR مورد استفاده در این تحقیق نشان داده شده است.



داده مجموعه اول

ب

الف



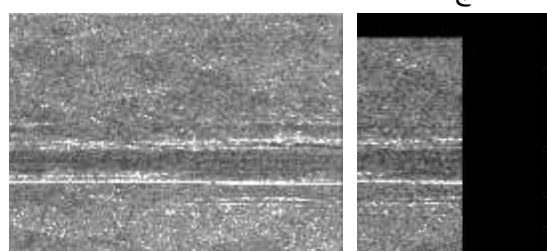
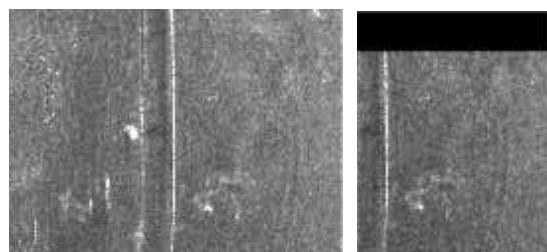
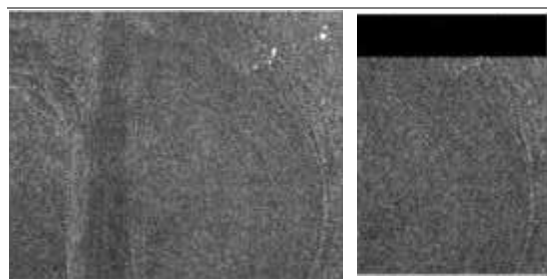
داده مجموعه دوم

د

ج

^{۱۰} Slant Range^۹ Incidence Angle

ضرایب تبدیل افاین	a	b	c	d	e	F
داده‌های مجموعه اول	۰	۰	۸۳.۷۰	-۰.۰۰۳	۰.۹۹	۴۹.۳۹
	۹	۳	--		۹۴	۳
	۹					
داده‌های مجموعه دوم	۰	۰	۰.۱۷۲	۰.۰۰۲۷	۰.۹۹	۰.۳۹۹
	۹	۷۵	۵	-۵	۹	-۵
	۹					
داده‌های مجموعه سوم	۰	۰	۸۳.۳۶	۰.۰۰۴۸	۰.۹۹	۴۸.۳۳
	۹	۸	-۷	-	۹	۹۷
	۹					
	۹					



شکل شماره ۳. تصاویر SAR هم مرجع شده مربوط به زمان صبح بر مبنای تصاویر مرجع که در زمان اخذ گرفته شده‌اند.

جهت تولید نقشه باینری تغییرات ابتدا باید شاخص تغییرات مربوط به هر یک از تصاویر را تشکیل داد و سپس با استفاده از یک معیار تصمیم‌گیری که در اینجا

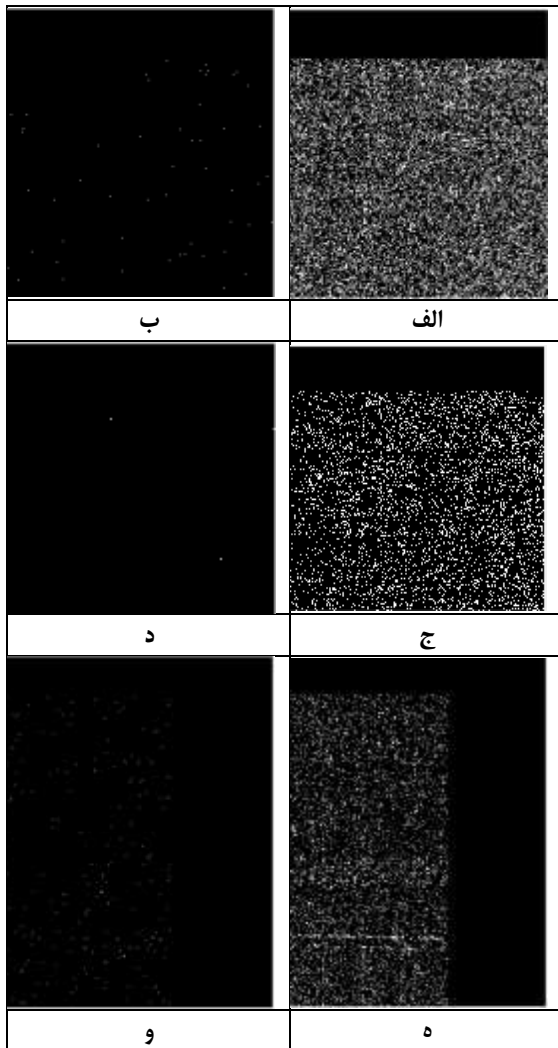
استفاده شد تا بالاترین تناسب و تناظر بین پیکسل‌های تصاویر شناسایی شده و تصاویر بر پایه این پیک‌ها با یکدیگر هم مرجع شوند. در مرحله بعد به منظور پیاده‌سازی روش پیشنهادی، تداخل نما از تصویر استخراج شده و بر پایه اطلاعات همسایگی به دست آمده، تصویر همدوسی از داده‌های فاز تصاویر استخراج می‌شود. یک ماسک مورفولوژی به منظور بهبود استخراج اطلاعات از تصاویر اعمال شده و در نهایت موقعیت مکانی و رد عبور خودرو از تصاویر SAR استخراج می‌شود. به منظور ارزیابی قابلیت روش پیشنهادی در این تحقیق، از روش شناسایی تغییرات بر پایه اطلاعات دامنه نیز استفاده گردیده است.

بحث و یافته‌ها

هم مرجع سازی تصاویر

در کلیه روش‌های شناسایی تغییرات، ملزم به انجام پیش‌پردازش‌های لازم هستیم. پیش‌پردازش تصاویر SAR چند زمانه از منطقه مورد نظر شامل تصحیح هندسی هست. در این تحقیق از تصحیح هندسی به روش آنالیز فوریه استفاده شده است. ابتدا میزان شیفت با استفاده از روش همبستگی در فضای فوریه بین دو تصویر محاسبه و سپس تصویر اخذ شده در صبح با استفاده از تبدیل افاین با تصویر اخذ شده در بعدازظهر ثبت هندسی شده است. جهت نمونه‌برداری برای مقادیر انتقال داده شده از فضای تصویر زمان اول به تصویر زمان دوم از روش Biqubic استفاده شد. ضرایب تبدیل افاین به دست آمده برای سه مجموعه داده SAR و میزان شیفت تصاویر در (جدول ۲) نشان داده شده است. همچنین نتایج حاصل از اعمال تبدیل افاین بر روی تصاویر در (شکل ۳) ارائه گردیده است.

جدول شماره ۲. مجموعه ضرایب به دست آمده در این تحقیق برای تبدیل افاین در ثبت هندسی مجموعه داده‌ها



شکل شماره ۵. نقشه تغییرات حاصل از اعمال حد آستانه گذاری Otsu بر شاخص لگاریتم زوج تصویر SAR و نسبت این زوج تصویر (دامنه‌ی تصاویر SAR). الف) نقشه تغییرات مربوط به شاخص تغییرات لگاریتم برای داده‌های مجموعه اول، ب) نقشه تغییرات مربوط به شاخص تغییرات نسبت زوج تصویر داده‌های مجموعه اول، ج) نقشه تغییرات مربوط به شاخص تغییرات لگاریتم برای داده‌های مجموعه دوم، د) نقشه تغییرات مربوط به شاخص تغییرات نسبت زوج تصویر داده‌های مجموعه دوم، ه) نقشه تغییرات مربوط به شاخص تغییرات لگاریتم برای داده‌های مجموعه دوم، ب) نقشه تغییرات مربوط به شاخص تغییرات نسبت زوج تصویر داده‌های مجموعه سوم، و) نقشه تغییرات مربوط به شاخص تغییرات لگاریتم برای داده‌های مجموعه سوم، ب) نقشه تغییرات مربوط به شاخص تغییرات نسبت زوج تصویر داده‌های مجموعه سوم.

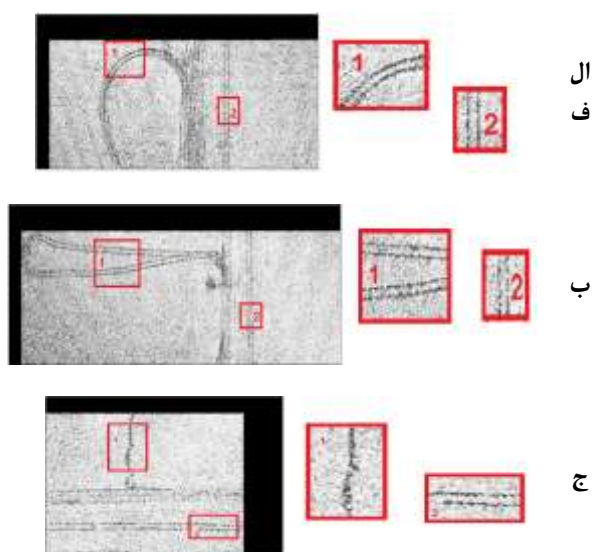
روش حد آستانه گذاری آتسو می‌باشد نقشه باینری تغییرات از دامنه را تولید کرد. بعد از تشکیل شاخص‌های تغییرات دامنه، برای جداسازی تغییرات از پس‌زمینه لازم است که از یک معیار تصمیم‌گیری استفاده کنیم. همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد استفاده از یک روش حد آستانه گذاری خودکار نظیر Otsu بدین منظور در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که تصاویر قبل از اعمال حد آستانه‌گذاری به محدوده‌ی صفر تا یک برده می‌شوند. حد آستانه‌های پیدا شده برای هر یک از شاخص‌های مذکور در (جدول ۳) آورده شده است.

جدول شماره ۳. حد آستانه‌های محاسبه شده با استفاده از روش حد آستانه گذاری آتسو در این تحقیق

ضرایب تبدیل افاین	حد آستانه شاخص تغییرات لگاریتم	حد آستانه شاخص تغییرات نسبت
داده‌های مجموعه اول	۰.۳۹۲۱۵۶۸۶۲۷۴۵۰۹۸	۰.۰۴۷۰۵۸۸۲۳۵۲۹۴۱۱۸
داده‌های مجموعه دوم	۰.۲۰۳۹۲۱۵۶۸۶۲۷۴۵۱	۰.۱۳۷۲۵۴۹۰۱۹۶۰۷۸۴
داده‌های مجموعه سوم	۰.۳۹۲۱۵۶۸۶۲۷۴۵۰۹۸	۰.۰۴۷۰۵۸۸۲۳۵۲۹۴۱۱۸

همان‌طور که در (جدول ۳) دیده می‌شود، بیشتر حد آستانه‌های انتخابی برای شاخص لگاریتم بزرگ‌تر از ۰/۱ و اکثر حد آستانه‌های به دست آمده برای شاخص تغییرات نسبت به صفر نزدیک است. این نشان می‌دهد که شاخص لگاریتم نسبت به تغییرات حساس بوده و پیش‌زمینه بهتری از تغییرات را نسبت به شاخص نسبت زوج تصویر نشان می‌دهد. با اعمال حد آستانه‌های به دست آمده از روش حد آستانه‌گذاری Otsu بر روی هر یک از شاخص‌های تغییرات نقشه باینری تغییرات دامنه به دست می‌آیند که در (شکل ۵) آورده شده‌اند.

ارائه شده روش شناسایی تغییرات بر مبنای اطلاعات فاز تصاویر ورودی هست. ابتدا فاز تصاویر ورودی محاسبه می‌شود و سپس تصویر همدوسی ناشی از فاز تشکیل می‌گردد. تصویر همدوسی تولید شده به ازای تصاویر ورودی برای هر یک از داده‌های مورد استفاده در (شکل ۶) ارائه گردیده است.



شکل شماره ۶. نتایج حاصل از تشکیل شاخص همدوسی فاز برای هر یک از داده‌های مجموعه اول تا سوم، الف) شاخص همدوسی مربوط به داده‌ی اول، ب) شاخص همدوسی مربوط به داده‌ی دوم و ج) شاخص همدوسی مربوط به داده‌ی سوم.

(شکل ۶) نشان می‌دهد که استفاده از اطلاعات فاز و همچنین تشکیل تصویر همدوسی به خوبی توانسته است رد وسایل نقلیه را مشخص کند. با نگاه به تصاویر همدوسی متوجه می‌شویم که مناطقی که دارای میزان همدوسی پایین هستند به رنگ تیره‌تر و مناطقی که دارای همدوسی بالاتر هستند به رنگ روشن‌تر دیده می‌شوند. رد وسیله نقلیه در شاخص همدوسی تولید شده برای هر یک از مجموعه داده به شکل تیره ظاهر شده است که با انتظار ما مطابقت دارد. چراکه هرگونه تغییر در تصاویر موجب کاهش همبستگی می‌شود و این عدم همبستگی در شاخص همدوسی به رنگ تیره دیده می‌شود. جهت آشکارسازی اطلاعات

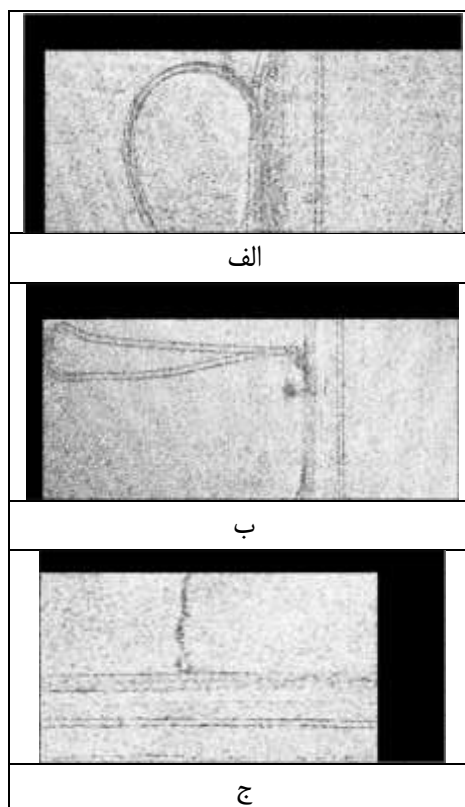
با توجه به (شکل ۶) می‌توان به این نتیجه رسید که نقشه‌ی تغییرات حاصل از اعمال حد آستانه گذاری بر روی هر یک از شاخص‌ها کمی متفاوت نسبت به یکدیگر بوده است. در نقشه‌های باینری تغییرات تولید شده از شاخص تغییرات لگاریتم نسبت، تغییرات به همراه نویزها برجسته شده‌اند. در نقشه تغییرات به دست آمده از شاخص تغییرات نسبت هیچ‌گونه تغییری برجسته نشده است و تنها چند نقطه به عنوان نقاطی که دارای رفتاری مشابه تغییرات هستند استخراج شده‌اند. در واقع با چنین نتایجی می‌توان این‌گونه استنباط کرد که استفاده از تنها اطلاعات دامنه در صورتی که تغییر عمده‌ای در فاصله زمانی بین اخذ تصاویر رخ نداده باشد نمی‌تواند تغییرات خاصی را آشکار کند و این موضوع با استفاده از شاخص تغییرات حاصل از نسبت و نتیجه نقشه باینری تغییرات حاصل از آن کاملاً مشخص است. البته عدم حساسیت به تغییرات عمده توسط این شاخص باعث شده که برخی تغییرات که در شدت پالس برگشتی هم تأثیر داشتند مورد نظر قرار نگیرند که این تغییرات با استفاده از شاخص لگاریتم نسبت برجسته و با استفاده از حد آستانه گذاری آشکار شده‌اند. نتایج به دست آمده تا این مرحله نشان می‌دهد که استفاده از اطلاعات دامنه برای شناسایی تغییرات جزئی که موجب تغییر فاز شده‌اند مناسب نیست و این مهم تا اینجا با برتری روش تشکیل فاز تداخل نما مشخص شد. همان‌طور که مشاهده شد استفاده از آنالیز بصری تغییرات که ورودی آن تصاویر دامنه بود و روش شناسایی تغییرات دامنه، اطلاعاتی به دست نیامد. در ادامه برای رفع محدودیت‌های ذکر شده، روشی ارائه شده که از اطلاعات فاز در جهت شناسایی تغییرات استفاده می‌کند.

شناسایی تغییرات با استفاده از اطلاعات فاز

یکی دیگر از روش‌هایی که در این مطالعه در زمینه استخراج تغییرات ناشی از عبور خودرو در تصاویر SAR

پایش مرزها سبب می‌شود تا اطلاعات بسیار بیشتری نسبت به پایش انسانی از این نواحی به دست آید. فناوری سنجش از دور با قابلیت تصویربرداری در طیف‌های مختلف الکترومغناطیسی و با امکان دسترسی به مناطق صعب‌العبور و پایش منطقه‌ای گسترده در مدت‌زمان اندک، به یکی از مهم‌ترین ابزارهای پایش مرزی در کشورهای مختلف دنیا تبدیل شده است. در این تحقیق به منظور شناسایی قابلیت‌های سامانه‌های تصویربرداری SAR در شناسایی کریدورهای عبور و مرور اشرار و گروه‌های تروریستی در نواحی مرزی، روشی ارائه گردید تا امکان شناسایی مسیرهای تردد غیرمجاز در نواحی مرزی مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس ارزیابی‌ها و نتایج ارائه شده در این تحقیق، چنانچه نیروهای مرزبانی SAR، از مناطق مرزی تصویربرداری نمایند، می‌توانند مسیرهای عبور و مرور غیرمجاز را شناسایی کرده و با ره‌گیری این خطوط کشف شده، به مخفیگاه و محل تجمع گروه‌های تروریستی هدایت شده و آن‌ها را منهدم کنند. نتایج این تحقیق به خوبی قابلیت تصویربرداری SAR را در شناسایی رد خودرو نشان می‌دهد و می‌تواند به عنوان یک بازوی توانمند در اختیار نیروهای مرزبانی و امنیتی قرار گیرد.

مکانی هر یک از تصاویر همدوسی از اطلاعات همسایگی آن‌ها بر مبنای میانه استفاده شد و نتایج در (شکل ۷) آورده شده است.



شکل شماره ۷. تصاویر همدوسی تولید شده با استفاده از فیلتر مورفولوژی اتساع در پنجره 3×3 برای (الف) تصویر همدوسی مربوط به مجموعه داده اول، (ب) تصویر همدوسی مربوط به مجموعه داده دوم و (ج) تصویر همدوسی مربوط به مجموعه داده دوم

نتیجه‌گیری

مناطق مرزی به عنوان یکی از نقاط استراتژیک هر کشوری شناخته می‌شود که نیازمند مدیریت و پایش مستمر به منظور تأمین امنیت این نواحی و جلوگیری از وقوع هرگونه ناامنی است. با توجه به گستردگی مرزهای کشور ایران و وجود انواع گروه‌های تروریستی در کشورهای همسایه، توجه و نظارت دائم بر این مرزها همواره مورد توجه نیروهای مرزبانی و امنیتی کشور بوده است. استفاده از فناوری‌های نوین در حوزه مدیریت و

منابع

- جوان، خدیجه؛ مهدوی، سجاده؛ ولی زاد، لیلیا (۱۴۰۰) بررسی نقش شاخص های ژئوپلیتیکی در امنیت مرزی مطالعه موردی: شهرستان های مرزی استان آذربایجان غربی، فصلنامه علمی علوم و فنون مرزی، بهار ۱۴۰۰، سال ۱۰، شماره ۱، صص. ۱۱۳-۸۷.
- جعفرزاده، جعفر و ولیزاده کامران، خلیل (۱۳۹۷) مکان یابی پادگان نظامی در شهر اردبیل با رویکرد پدافند غیرعامل (با استفاده از تلفیق سنجش از دور، GIS، و روش های تصمیم گیری چندمعیاره)، نشریه پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال ۹، شماره ۱، صص. ۴۱-۵۲.
- جلالی نسب، عبدالله و ایمانی، حسین (۱۳۹۷) بکارگیری سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در هوشمندسازی شناخت تهدیدات و ارتقای امنیت مرزهای جغرافیایی، کنفرانس بین المللی امنیت، پیشرفت و توسعه پایدار مناطق مرزی، سرزمینی و کلانشهرها، راهکارها و چالش ها با محوریت پدافند غیر عامل و مدیریت بحران، ۳۰ آبان ۱۳۹۷، دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، صص. ۳۰-۴۶.
- حسینی مقدم، حسن و تراهی، علی اصغر (۱۳۹۷) افزایش صحت استخراج اطلاعات از سنجنده OLI با استفاده از روش FFT-IHS، مجله جغرافیا و روابط انسانی، سال ۱، شماره ۱، صص. ۷۹-۶۴.
- حسینی ساجدی، سیدحسن؛ سدیدی، جواد؛ رضائیان، هانی؛ ضیائیان فیروزآبادی، پرویز (۱۳۹۵) کاربردهای GIS در ماموریت های پدافند غیرعامل ناجا، فصلنامه دانش انتظامی البرز، سال ۴، شماره ۱۳، صص. ۸۱-۹۸.
- خسروی، محیا؛ احمدی ندوشن، مژگان (۱۳۹۷) کاربرد سنجش از دور در مطالعه و بررسی خطوط ساحلی، دومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، ۱۵ فروردین ۱۳۹۷، موسسه توسعه محور دانش و فناوری سام ایرانیان، تهران.
- خدائی قشلاق، لیلیا؛ روستایی، شهرام؛ مختاری، داود؛ ولیزاده کامران، خلیل (۱۴۰۰) پایش زمین لغزش با استفاده از تداخل سنجی راداری InSAR (مطالعه موردی: منطقه اهر تا ورزقان)، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۵، شماره ۷۵، صص. ۱۲۶-۱۱۳.
- اخباری، ملیحه؛ زرقاتی، سیدهادی؛ مینائی، مسعود (۱۳۹۷) کاربرد سنجش از دور در آمایش و سازمان دهی منابع مشترک مناطق مرزی، سومین همایش ملی کاربرد مدل های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، ۹ اسفندماه ۱۳۹۷، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، صص. ۱-۱۴.
- اخباری، ملیحه؛ زرقاتی، سیدهادی؛ مینائی، مسعود (۱۳۹۹) بررسی میزان تاثیر عوامل طبیعی در امنیت مرزهای شرقی ایران با استفاده از سنجش از دور (نمونه موردی منطقه مرزی خراسان رضوی- افغانستان)، فصلنامه آمایش سیاسی فضا، سال ۲، شماره ۳، صص. ۱۹۳-۲۰۷.
- آهنگری ننه کران، زهرا؛ میرخلیلی، سیدمحمود؛ هاشمی، سیدحسین؛ شیدائیان، مهدی (۱۴۰۰) اولویت بندی سیاست های جنایی عرضه محور در مقابله با مواد مخدر مطالعه موردی: شهرستان مرزی سردشت، فصلنامه علمی علوم و فنون مرزی، بهار ۱۴۰۰، سال ۱۰، شماره ۱، صص. ۱۱۵-۱۳۸.
- امیرانتخابی، شهرام؛ جوان، فرهاد؛ حسینی مقدم، حسن (۱۳۹۶) آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و عوامل موثر بر آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مورد مطالعه: شهرستان تالش)، مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه ریزی، سال ۸، شماره ۳، صص. ۱-۱۱.
- احد نژاد، محسن و قادری، ایوب (۱۳۹۲) نقش مبادلات مرزی بر توسعه فیزیکی شهرها با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی: شهربانه در مقاطع زمانی ۱۳۶۳-۱۳۷۱-۱۳۹۰)، مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، سال ۵، شماره ۱۸، صص. ۴۷-۶۸.
- تراهی، علی اصغر و حسینی مقدم، حسن (۱۳۹۵) تعیین گستره سیل با استفاده از داده های سنجنده OLI، مجله محیط زیست و مهندسی آب، سال ۵، شماره ۱، صص. ۲۴-۳۹.
- ترکمان، مهدی؛ جزینی، علیرضا؛ هزارجریبی، جعفر؛ نایب پور، محمد (۱۴۰۰) چالش های اطلاعاتی ناجا در مقابله با قاچاق مواد مخدر در دریا، فصلنامه علمی علوم و فنون مرزی، بهار ۱۴۰۰، سال ۱۰، شماره ۱، صص. ۱-۲۹.

سهرابی مفرد، مرضیه و بختیاری کیا، مسعود (۱۳۹۹) آشکارسازی سطوح نفوذناپذیر شهری با استفاده از ویژگی‌های بافتی تصاویر راداری، فصلنامه برنامه ریزی فضایی، سال ۱۰، شماره ۱، صص. ۸۵-۱۰۴.

صداقت، امین و دهقانی، حمید (۱۳۹۰) روشی کارآمد جهت ارزیابی اقدامات استتاری در تصاویر ماهواره ای، مجله علوم و فناوری های پدافند غیرعامل، سال ۲، شماره ۴، صص. ۳۰۶-۲۹۵.

مقصودی، مهران؛ گنجائیان، حمید؛ حسینی، سیدجواد (۱۳۹۷) ارزیابی کارایی روش های نظارت شده و نظارت نشده در پایش ریزگرها (مطالعه موردی: ریگ جازموریان)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال ۸، شماره ۳۲، صص. ۸۱-۹۲.

مهرابی، علی (۱۳۹۹) شناسایی مناطق در معرض هجوم ماسه های روان با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و GIS مطالعه موردی: شهرستان های ریگان، فهرج و نرماشیر، استان کرمان، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ۹، شماره ۲۴، صص. ۶۲-۴۷.

ناطق، محمدجواد و حسنی مقدم، حسن (۱۳۹۸) آشکارسازی سیل بر پایه اعوجاج طیفی در تکنیک های ادغام تصاویر چندزمانه مورد مطالعه: سیل دزفول، مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه ریزی، سال ۱۰، شماره ۴، صص. ۶۳-۷۴.

Hasani Moghaddam, Hasan. Torahi, Ali Asghar. & Zeaiean Firooz Abadi, Parviz. (۲۰۱۹). Using discrete wavelet transform to increase the accuracy of hyper spectral and high resolution images fusion, JRORS, Vol(۲۰۱۹), No ۱, pp. ۲۲-۳۰.

Presenting a method to discover vehicle tracks in multi-time SAR images as a strategic capability in dealing with criminals and terrorist groups in border areas.

Hasan HasaniMoghaddam^۱, Abbas Bashiri^۲, Masoud Ardini^۳

Abstract

Border areas are considered as one of the most important security bottlenecks of any country. Continuous surveillance and monitoring of these areas is one of the main priorities of the border guard forces and one of the main components of ensuring the security of these areas. With the advancements in space and aerial imaging technologies, border monitoring operations have been done more quickly and accurately. Iran is known as one of the risky border countries due to the extent of border lines and the presence of numerous terrorist groups around its borders that identifying and eliminating these potential and actual risks requires intelligence elites regarding threatening events in these areas. Based on the needs of the border guards in order to identify the passage routes of criminals and terrorist groups, in this research, a method to detect and identify the tracks of vehicles using multi-time SAR images has been presented. First, the used images were modified in terms of the required pre-processing and the errors of SAR images, and in the next step, using phase information and the Coherence Change Detection (CCD) algorithm, the track of the vehicle was identified in the images. In order to evaluate the capability of the proposed method, the usual methods of detecting changes were also applied to the images. The results of the research show the high capability of the proposed method in identifying unauthorized border crossing corridors. The results of this research can be used as one of the components of security at the borders of the country.

Key words: Border, SAR images, terrorist groups, CCD algorithm, security