ارائه روشی جدید جهت بهبود صحت طبقه‌بندی اهداف در تصاویر هوایی براساس داده‌های لیداری و ادغام در سطح تصمیم

حمید دهقانی[۱]، سیده آرزو دستجردی[۲]، هادی وفادارعلی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۰۵

چکیده

استفاده از تصاویر هوایی برای شناسایی اهداف بسیار متداول است. ویژگی غالبی که در این تصاویر برای تفکیک اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرد، مشخصه‌هایی از قبیل رنگ، طیف و بافت می‌باشند. ابزارهایی مثل طبقه‌بندی کننده‌ها، از این مشخصه‌ها جهت شناسایی اهداف استفاده می‌کنند. در این تصاویر، تفکیک اهدافی که از نظر ویژگی رنگ و طیف مشابه باشند، یا امکان‌پذیر نبوده و یا با دقت پایین (بویژه در مناطق مرزی بین کلاس‌ها) انجام می‌گیرد. این محدودیت در تصویربرداری مرئی، مبنایی برای برخی از اقدامات پدافند غیر عامل می‌باشد. از آنجا که در چند ساله اخیر امکان استفاده از داده‌های لیدار فراهم شده است، در این مقاله روشی برای افزایش صحت طبقه‌بندی پوشش‌ها و اهداف براساس تصاویر هوایی و تصاویر حاصل از داده‌های لیداری ارائه شده است. نتایج پیاده‌سازی‌ها نشان می‌دهد که استفاده همزمان از تصاویر هوایی و لیداری نسبت به استفاده تک‌تک از این تصاویر در شناسایی اهداف، عملکرد بسیار دقیق‌تری بویژه در مناطق مرزی بین کلاس‌ها ارائه می‌دهد. وارد شدن برخی از ویژگی‌های منحصر بفرد از داده‌های لیداری در تصمیم گیری جهت شناسایی اهداف از قبیل ارتفاع، استتار اهداف براساس ویژگی‌های تصویر برداری مرئی از قبیل رنگ را بی اثر می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تصاویر هوایی، داده لیداری، شناسایی اهداف، طبقه بندی، ادغام در سطح تصمیم، پدافند غیرعامل

۱- استادیار، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، Email: hamid_deh@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد برق و الکترونیک

۱- مقدمه

استفاده از تصاویر هوایی و فضایی که توسط پرنده‌ها مانند هواپیما اخذ می‌شوند، به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع اطلاعاتی در شناخت محیط پیرامون به ویژه در میادین نبرد مطرح می‌باشد. تصاویر هوایی، برای شناسایی عوارض و تعیین حدود و استخراج ویژگی‌های موجود در آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اندازه‌گیری ویژگی‌های هندسی عوارض مانند طول، مساحت و ارتفاع و همچنین شناخت خود هدف و استنباط برخی ویژگی‌های آن مانند جنس و کیفیت، بسیار مهم می‌باشند. اغلب از تصاویر هوایی در بررسی‌ها و مطالعات زمین شناسی، حوادث غیرمترقبه، .کشاورزی، محیط زیست و مهم‌تر از همه برای کاربری‌های نظامی استفاده می‌شود. مثلاً در ارزیابی توان کشاورزی یک منطقه، دانستن بافت، رطوبت و حاصلخیزی خاک مزارع بسیار مهمتر از اندازه خود منطقه می‌باشد. از جمله کاربری‌های نظامی، می‌توان به استفاده از تصاویر هوایی در مسیریابی و هدف‌زنی موشک‌های کروز اشاره کرد. به این ترتیب که در طول مسیر حرکت موشک، تصاویر دریافت شده با تصویر هدف موجود در حافظه موشک مقایسه و با آن تطبیق داده می‌شوند تا مسیریابی و مکانیابی هدف به‌طور دقیق انجام گیرد. در تجزیه تحلیل تصاویر هوایی از المان‌های تفسیر، مانند شکل، اندازه، بافت، تن، رنگ، الگو، ارتفاع، سایه و مکان استفاده می‌شود. برای شناسایی اهداف معین، بایستی این المان‌های تفسیری مورد استفاده قرار گیرند. به عبارت دیگر هر یک از اهداف با توجه به ویژگی‌های خاصی که دارد یا به تبع آن تفاوتی که در المان‌های تفسیری دارند، از بقیه اهداف تفکیک می‌شوند[۱].

معمولاً تصاویر هوایی در سه رنگ RGB یا سه محدوده طول موجی RGB تهیه می‌شوند، از این رو محدودیت در توان تفکیک طیفی این تصاویر، شناسایی پوشش‌هایی را که از نظر رنگ به یکدیگر شباهت دارند - مثل پوشش‌های گیاهی - با اختلال مواجه می‌سازد. این محدودیت، مبنایی برای بسیاری از فعالیت‌های حوزه پدافند غیر عامل در پنهان کردن اهداف مورد نظر از چشم و دید افراد غیر مجاز می‌باشد. از جمله مشکلات دیگری که در تصاویر هوایی وجود دارد و می‌توان در اقدامات پدافند غیر عامل از آنها بهره‌برداری نمود، به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- زمان عکس‌برداری، شامل فصول و ساعت عکس‌برداری می‌شود. مثلاً برای تشخیص انواع گیاهان در تابستان و برای تشخیص رطوبت خاک در بهار عکس‌برداری می‌شود [۲].
- باند عکس‌برداری تصاویر هوایی معمولی بر اساس میزان انعکاس عوارض تهیه می‌شوند. مثلاً در باند آبی، گیاهان روشن‌تر از خاک‌اند ولی در باند قرمز، خاک روشن‌تر از گیاه دیده می‌شود.
- تشخیص وسایل نقلیه در مناطق دارای سایه بر روی فیلم‌هایی که دارای کنتراست پایین می‌باشند، مشکل است.
- تشخیص و تفسیر اهدافی که فاقد ویژگی‌های مشخصه در مقیاس بزرگ می‌باشند، مشکل است.
- مقیاس عکس، بر روی اندازه عوارض تأثیر می‌گذارد. مثلاً ممکن است یک مدرسه در عکس، یک خانه معمولی دیده شود.

در سال‌های اخیر جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از تکنولوژی لیدار (LIDAR)[1] باعث ایجاد تحولی بنیادین در تهیه اطلاعات محیط پیرامون شده است. لیدار به معنای آشکارسازی و فاصله‌یابی نوری، نوعی فناوری سنجش از دور نوری است که نور بازتابی از اهداف را برای پیدا کردن فاصله و یا استخراج اطلاعات دیگر از آنها اندازه می‌گیرد. لیدار اشعه‌ای از نور را منتشر می‌کند که با هدف یا محیط مورد مطالعه برخورد می‌کند. بخشی از نور منتشر شده به سمت لیدار بازتابانده می‌شود و این نور پراکنده شده به سمت عقب برای تعیین ویژگی یا ویژگی‌های هدف یا محیط مورد نظر استفاده می‌شود. با دانستن سرعت نور و زمانی که سیگنال، مسیر فرستنده تا هدف را رفته و برمی‌گردد می‌توان فاصله تا هدف را محاسبه کرد. به عبارت دیگر با استفاده از این فناوری برخلاف تصویربرداری مرئی، به راحتی می‌توان ارتفاع اهداف را اندازه‌گیری نمود.

لیدار، جزء سنجنده‌های فعال است که در باندهای فرابنفش، مرئی، و فروسرخ طیف الکترومغناطیس کار می‌کند، به همین دلیل امکان تصویربرداری در شب و شرایط نوری نامناسب را فراهم می‌آورد و به عنوان مکملی برای سیستم‌های تصویربرداری هوایی محسوب می‌شود. در طول موج‌های برداشت داده توسط لیدار، امواج از سطوح مختلف به‌خوبی بازتاب می‌یابند و بنابراین این طول موج‌ها برای اندازه‌گیری‌های پارامترهایی از قبیل ارتفاع، پهنای پالس، دامنه و... ایده‌آل می‌باشند [۳].

1- Light Detection and Ranging

فتوگرامتری و اسکن لیزری، هر دو برای ایجاد مدل‌های ارتفاع رقومی به‌کار می‌روند، ولی به‌دلیل برخی از محدودیت‌هایی که در روش فتوگرامتری وجود دارد استفاده از این روش خصوصاً در نواحی‌ای که تهیه مدل رقومی زمین از اهمیت بیشتری برخوردار است و عوارض پلانیمتری با اختلاف ارتفاع زیاد در آن کم است می‌تواند روش به مراتب سریع‌تر و کم هزینه‌تری باشد. چرا که در روش فتوگرامتری برای رسیدن به مختصات هر نقطه نیاز به اخذ حداقل دو تصویر با شرایط هندسی خاص است، در حالی‌که در روش لیدار مختصات هر نقطه صرفاً به کمک یک اندازه‌گیری قابل محاسبه است. در مقابل فتوگرامتری، لیدار به این دلیل که سنجنده‌ای فعال است، کسب داده در آن مستقل از موقعیت خورشید است و پرواز می‌تواند در شب نیز صورت گیرد، به‌علاوه اندازه‌گیری نقاط زمین را مستقل از سایه در نظر می‌گیرد [۴، ۵]. امکان رقومی بودن داده‌ها، دسترسی به نقاط غیرممکن و دقت بالای لیدار، استفاده از این تکنولوژی را در بسیاری از کاربردها از جمله تهیه مدل سه‌بعدی از منطقه، جنگلداری، هیدروگرافی، مطالعات اتمسفری، بررسی تغییرات ارتفاعی زمین و کاربردهای نظامی از جمله شناسایی دقیق‌تر میادین نبرد و مناطق عملیاتی را ممکن ساخته است.

داده‌های لیدار به صورت مختصات سه‌بعدی z,y,x می‌باشند، به این ترتیب در تصاویر حاصل از داده‌های لیداری، x,y نشان دهنده مکان و z سطح روشنایی متناسب با میزان ارتفاع اهداف می‌باشند [۶]. از این رو به‌نظر می‌رسد تفکیک مرز پوشش‌ها و اهدافی که دارای اختلاف سطح می‌باشند در این تصاویر نسبت به تصاویر هوایی با دقت بالاتری انجام شود. برای مثال اهدافی که با پوشش‌های استتاری پوشانده شده باشند، اما نسبت به سطح منطقه عملیاتی اختلاف ارتفاعی داشته باشند (معمولاً اختلاف ارتفاع وجود دارد)، با استفاده از این داده‌ها قابل آشکارسازی هستند. به عبارت دیگر استفاده از این فناوری می‌تواند به بی‌اثر شدن اقدامات پدافند غیر عاملی که برای استتار و اختفای اهداف براساس ویژگی‌های تصویربرداری مرئی از قبیل رنگ و بافت در میدان نبرد تدارک دیده شده‌اند، منجر شود.

از طرف دیگر با توجه به اینکه داده‌های لیداری حاوی اطلاعات طیفی، بافت و رنگ در مورد اهداف نمی‌باشند، استفاده از این داده‌ها به تنهایی برای شناسایی طیف وسیعی از اهداف، نتایج ضعیفی را ارائه می‌دهد.

از آنجایی‌که هیچ یک از تصاویر هوایی و لیداری تمام خصوصیات مورد نیاز جهت تشخیص و شناسایی اهداف در تصویر را به صورت کامل در بر ندارند، در این مقاله نشان داده شده است که تلفیق اطلاعات حاصل از این دو فناوری می‌تواند به افزایش دقت و بالا بردن کارایی مکانیزم‌های شناسایی هدف (طبقه‌بندی‌کننده‌ها) منجر شود. در این مقاله ادغام در سطح تصمیم‌گیری جهت بالا بردن صحت طبقه‌بندی اهداف مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج پیاده‌سازی‌ها موید ایده مطرح شده در این مقاله می‌باشد.

این مقاله در پنج بخش سازماندهی شده، به این ترتیب که بخش دوم شامل شناسایی اهداف در تصاویر هوایی و لیداری، بخش سوم شامل روش پیشنهادی، بخش چهارم شامل پیاده‌سازی و بخش پنجم، نتیجه‌گیری مقاله می‌باشد.

۲- شناسایی هدف در تصاویر هوایی و لیداری

از تصاویر هوایی و لیداری می‌توان به عنوان دو منبع اطلاعاتی مکمل در تشخیص و استخراج اهداف از محیط پیرامون استفاده نمود.

از آنجا که در تصاویر هوایی ویژگی‌هایی مانند شکل، اندازه، بافت، تن، رنگ و سایه قابل اندازه‌گیری و استخراج می‌باشند، می‌توان با استفاده از برخی الگوریتم‌های پردازشی مانند طبقه‌بندی، اهداف مختلف را در این تصاویر شناسایی کرد. برای مثال، در طبقه‌بندی براساس ویژگی‌های طیفی، خصوصیات طیفی اهداف مورد استفاده قرار گرفته و اهداف از یکدیگر تفکیک می‌شوند [۷]. براساس تک تک یا ترکیبی از ویژگی‌های نام برده شده، می‌توان سیستم‌های تصمیم‌سازی را طراحی نمود که برای تفکیک و شناسایی اهداف در تصاویر هوایی کاربرد دارند. از آنجا که روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر هوایی در مراجع مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در ادامه بر روی مکانیزم‌های استخراج اطلاعات از تصاویر حاصل از داده لیداری تمرکز می‌شود.

از جمله ویژگی‌های قابل استخراج از داده‌های لیداری می‌توان به ارتفاع، دامنه، پهنای پالس، LRB[1] و LE[2] اشاره نمود. با استفاده از این ویژگی‌ها می‌توان فرضیاتی درباره پوشش گیاهی، ساختمان‌ها و خطوط شکست به‌دست آورد. اولین ویژگی لیدار

1- LIDAR-Roof Blobs
2- LIDAR-Edges

با استفاده از تفاضل ارتفاع بین اولین و آخرین بازگشت لیزر محاسبه می‌شود. سطوح سخت، اختلاف ارتفاع کمی دارند، در حالی‌که گیاهان اختلاف بزرگتری را بین دو بازگشت اندازه‌گیری شده نشان می‌دهند. براساس این اطلاعات نواحی با پوشش گیاهی آشکار می‌شوند. دامنه با بازتاب از شئ، زبری سطح شئ، جنس شئ و... رابطه دارد. پهنای پالس، شدت سیگنال بازگشتی است که با انعکاس از سطح رابطه دارد، هرچه انعکاس بیشتر باشد شدت سیگنال بازگشتی نیز افزایش می‌یابد. پوشش‌های گیاهی در بیشتر موارد سیگنال‌های بازگشتی با دامنه کوچک اما با مقادیر پهنای پالس بالا را ایجاد می‌کنند. ساختمان‌ها مقادیر کوچکی را برای پهنای پالس و محدوده بزرگی را برای دامنه نشان می‌دهند، دلیل آن این است که گیاهان می‌توانند نور را عبور دهند، در حالیکه نور از ساختمان‌ها و جاده‌ها عبور نمی‌کند. سه ویژگی ابتدایی ذکر شده توسط خود لیدار جمع‌آوری می‌شوند و اطلاعاتی را درباره ارتفاع و نوع پوشش زمین فراهم می‌آورند. ویژگی بعدی لیدار که LRB نامیده می‌شود، اطلاعاتی را درباره سقف ساختمان‌ها فراهم می‌کند. آخرین ویژگی که LE نامیده می‌شود براساس آخرین بازگشت نور لیزر است و موقعیت خطوط شکست سه‌بعدی را در صفحه دوبعدی نشان می‌دهد. در واقع خطوط شکست با استفاده از تصویر دامنه گرادیان (تصویر دامنه گرادیان از تصاویر حاصل از داده‌های ارتفاعی لیدار و با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر بدست می‌آید)، قابل استخراج می‌باشد [۸، ۹].

از جمله روش‌های دیگری که برای آشکارسازی اهداف به کار می‌رود استفاده از ترکیب تصاویر هوایی با تصاویر حاصل از داده لیدار می‌باشد که از آن جمله می‌توان به الگوریتمی که آقای M. Salah در تحقیق خود مورد استفاده قرار داد، اشاره کرد [۱۰]. در این روش که از طبقه‌بندی کننده بدون نظارت SOM[1] استفاده شده، ابتدا طبقه‌بندی بر روی تصویر هوایی انجام می‌شود، به‌دلیل بازتاب طیفی یکسان، بسیاری از ساختمان‌ها به‌عنوان جاده طبقه‌بندی می‌شوند، به همین دلیل در این روش از داده لیدار نیز استفاده می‌شود. استفاده از داده لیدار در طول طبقه‌بندی با استفاده از SOM، دقت را افزایش می‌دهد. الگوریتم‌های دیگری، از ترکیب DSM[2] نرمالیزه شده و NDVI[3] که شاخصی برای پوشش‌های گیاهی است و همچنین ترکیب طبقه‌بندی کننده چند طیفی با نظارت با داده ارتفاع لیدار، استفاده کردند [۷، ۱۱]. به این ترتیب که در حالت اول از یک طبقه‌بندی‌کننده بدون نظارت جهت استخراج گیاهان از تصویر NDVI استفاده می‌شود، اشتراک DSM نرمالیزه شده با NDVI، متناظر با پوشش گیاهی است. با کم کردن این نتیجه از DSM نرمالیزه شده (تفاضل DSM و DTM برابر DSM نرمالیزه شده است)، ساختمان‌ها استخراج می‌شوند. در این حالت در طی آشکارسازی ساختمان‌ها، برخی اهداف دیگر مانند وسایل نقلیه نیز آشکار می‌شوند. در حالت دوم روش کار بدین صورت است که از ترکیب باندهای تصاویر CIR[4] و RGB برای استخراج اهداف با استفاده از طبقه‌بندی‌کننده MLC[5] استفاده می‌شود. اما بدلیل اینکه برخی اهداف از یکدیگر قابل تفکیک نمی‌باشند از داده ارتفاعی لیدار نیز به‌عنوان یک ویژگی مطلوب جهت کاهش خطا استفاده می‌شود.

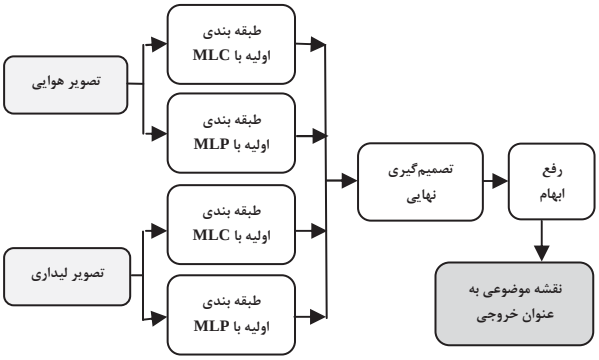
این موضوع قابل توجه است که ویژگی‌هایی از قبیل رنگ، طیف و بافت در تصاویر مرئی با دقت تفکیک شده و ویژگی‌هایی از قبیل ارتفاع در داده‌های لیداری با دقت تمیز داده می‌شوند. از این‌رو برای انجام اقدامات استتاری کارآمد، لازم است هم به ویژگی‌های حساس در تصویر برداری مرئی و هم به ویژگی‌های حساس در داده برداری لیداری توجه شود. در غیر این صورت کارایی اقدامات پدافند غیر عاملی در صورت تجمیع این دو فناوری در مشاهده مناطق عملیاتی زیر سوال خواهد رفت.

۳- الگوریتم پیشنهادی جهت افزایش صحت طبقه‌بندی

بررسی رویکردهای تلفیق تصاویر مرئی و داده‌های لیداری نشان داد که این دو فناوری می‌توانند به عنوان مکمل یکدیگر، فرایند شناسایی و تفکیک اهداف از پس‌زمینه و از یکدیگر را بهبود بخشند. معمولا در اقدامات استتار و اختفا، مسئله اختلاف ارتفاع هدف از پس‌زمینه در نظر گرفته نمی‌شود. استفاده همزمان از تصاویر مرئی و داده‌های لیداری در مشاهده میادین نبرد و مناطق عملیاتی به سادگی می‌تواند باعث آشکار شدن اهداف استتار شده گردد و اثربخشی اقدامات پدافند غیر عاملی انجام گرفته را به طور کلی از بین ببرد.

1- Self-Organizing Map
2- Digital Surface Model
3- Normalized Difference Vegetation Index
4- Color Infra-Red
5- Maximum Likelihood Classifier

لازم به ذکر است که ایده ترکیب تصاویر، جدید نیست و آنچه در این مقاله به عنوان نوآوری مطرح گردیده است، روش ترکیب تصاویر مرئی و داده‌های لیداری در فرایند استخراج هدف می‌باشد. برای این منظور ادغام اطلاعات در سطح تصمیم‌گیری[1] جهت طبقه‌بندی صحیح‌تر اهداف ارائه گردید. الگوریتم پیشنهادی به این صورت است که ابتدا تصاویر هوایی و لیداری به صورت جداگانه طبقه‌بندی شده و سپس نتایج حاصله با یکدیگر تلفیق می‌شوند و تصمیم نهایی برای نوع اهداف اتخاذ می‌گردد. شکل (۱) بلوک دیاگرام روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی

در این الگوریتم، ابتدا طبقه‌بندی تصویر هوایی و تصویر حاصل از داده‌های لیداری با استفاده از طبقه‌بندی کننده‌های MLC و MLP[2] به صورت مجزا صورت می‌گیرد، نتیجه این طبقه‌بندی، ایجاد تصویری برچسب خورده است که هر یک از این برچسب‌ها نشان‌دهنده یک کلاس برای هر پیکسل است. علت استفاده از طبقه‌بندی کننده‌های مختلف برای طبقه‌بندی یک تصویر، آن است که رویکرد طبقه‌بندی در روش‌های آماری مثل MLC مبتنی بر فرضیاتی برای کلاس‌های پوششی (برای مثال فرض توزیع گوسی برای کلاس‌ها) می‌باشد. این فرض برای کلاس‌هایی که این توزیع را نداشته باشند، اثر مخرب دارد و طبقه‌بندی آنها با طبقه‌بندی کننده‌های آماری مثل MLC با دقت پایین انجام می‌شود. برای حل این مشکل در این مقاله از طبقه‌بندی‌کننده‌های شبکه عصبی MLP نیز استفاده شد. این نوع طبقه‌بندی‌کننده‌ها با توزیع آزاد هستند و به هیچ فرضی در مورد کلاس‌های پوششی نیاز ندارند. از این منظر می‌توان گفت طبقه‌بندی‌کننده‌های شبکه عصبی، مکملی برای طبقه‌بندی‌کننده‌های آماری هستند و استفاده همزمان از آنها نتیجه‌ای دقیق‌تر نسبت به استفاده از تک‌تک آنها در پی خواهد داشت. شبکه عصبی در نظر گرفته شده در این مقاله، یک شبکه عصبی سه لایه‌ای است که به تعداد طول موج‌های تصویربرداری، نرون ورودی، ۲۰ نرون در لایه پنهان و به تعداد کلاس‌های پوششی، نرون در لایه خروجی دارد.

در پایان این مرحله برای هر پیکسل، چهار نتیجه طبقه‌بندی وجود خواهد داشت. در ادامه، تصاویر برچسب خورده با یکدیگر ادغام می‌شوند و با روش رای‌گیری اکثریت، تصمیم نهایی برای کلاس هر پیکسل اتخاذ می‌گردد. برای پیکسل‌هایی که در تصمیم‌گیری نهایی دچار ابهام می‌شوند (چند کلاس برای یک پیکسل رأی یکسان داشته باشند)، با رأی‌گیری کلاس پیکسل‌های همسایه، رفع ابهام صورت می‌گیرد.

۴- پیاده‌سازی

در این بخش برای مقایسه عملکرد روش‌های استخراج هدف در تصاویر هوایی و لیداری، الگوریتم‌های متداول و پیشنهادی روی تصاویر واقعی پیاده‌سازی شده و نتایج ارائه گردیده است.

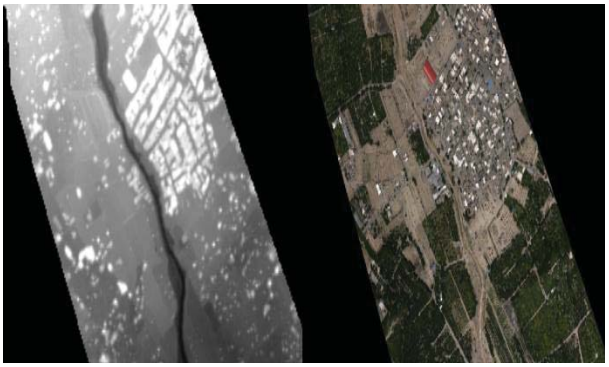
در صورتی که تصاویر هوایی و داده‌های لیداری از اهداف استتار شده در اختیار می‌بود، اثرگذاری استفاده همزمان از تصاویر هوایی و داده‌های لیداری در آشکارسازی اهداف استتار شده و بی‌اثرسازی اقدامات پدافند غیر عامل قابل ارائه بود. اما متاسفانه به دلیل عدم وجود چنین داده هایی، در شبیه‌سازی‌های انجام شده فقط به نشان دادن قابلیت ایجاد شده در افزایش صحت آشکارسازی اهداف در استفاده همزمان از تصاویر هوایی و داده‌های لیداری اکتفا شده است. در مکانیزم‌های ارزیابی اثر بخشی و کارایی اقدامات پدافند غیر عامل، این افزایش صحت طبقه‌بندی پوشش‌های سطح و شناسایی اهداف، معادل کاهش اثربخشی و کارایی اقدامات پدافند غیر عامل انجام گرفته جهت استتار و پنهان‌سازی اهداف می‌باشد.

۴-۱- داده مورد استفاده

داده مورد استفاده در این مقاله، تصاویر لیداری و هوایی با ابعاد ۷۶۲×۴۷۹، مربوط به منطقه‌ای در حوالی تهران می‌باشد. این تصاویر در شکل (۲) نشان داده شده‌اند. لازم به ذکر است که قبل از اعمال هرگونه پردازشی روی این تصاویر، تثبیت یا هم

1- Decision Fusion
2- Multi-Layer Perceptron

مختصات کردن این تصاویر نسبت به یکدیگر، به عنوان یک فعالیت پیش‌پردازشی مهم انجام گرفته است.



شکل ۲- تصویر هوایی و لیداری مورد استفاده

پوشش‌های سطحی که به عنوان هدف برای تشخیص و تفکیک جهت ارزیابی روش‌های استخراج اطلاعات در نظر گرفته شده‌اند، شامل ساختمان‌ها (یک کلاس)، پوشش‌های گیاهی مختلف (سه کلاس)، زمین‌های بایر (یک کلاس)، زمین‌های شخم خورده (یک کلاس) و رودخانه (یک کلاس)، در مجموع هفت کلاس پوششی مختلف می‌باشند.

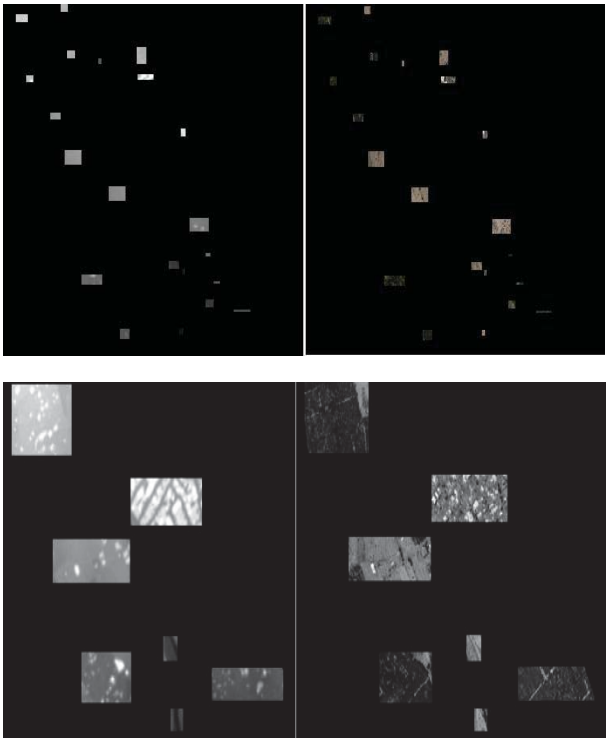
جهت انجام طبقه‌بندی با نظارت تصاویر هوایی و لیداری، داده‌های آموزشی و آزمایشی نشان داده شده در شکل (۳) انتخاب و استفاده شده‌اند. تعداد نمونه‌های آموزشی و آزمایشی انتخاب شده برای هر کلاس، در جدول (۱) مشخص شده است.

جدول ۱- تعداد نمونه‌های آموزشی و آزمایشی برای هر کلاس

کلاس	تعداد نمونه‌های آموزشی	تعداد نمونه‌های آزمایشی
ساختمان	۴۵۰	۱۱۲۲۴
زمین‌های بایر	۲۸۲۳	۱۱۲۰۰
زمین‌های شخم‌خورده	۶۲۰	۱۱۵۲
پوشش گیاهی نوع ۱	۱۰۲۷	۸۳۲۰
پوشش گیاهی نوع ۲	۱۳۴	۷۸۱۲
پوشش گیاهی نوع ۳	۹۶۰	۱۴۴۱۵
رودخانه	۱۱۴	۸۹۹

۴-۲- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

جهت ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف شناسایی هدف، در تصاویر هوایی و تصاویر حاصل از داده‌های لیداری، آزمایش‌های زیر طراحی و پیاده‌سازی گردید. در ادامه، جزئیات هر آزمایش و نتایج آن ارائه گردیده است.



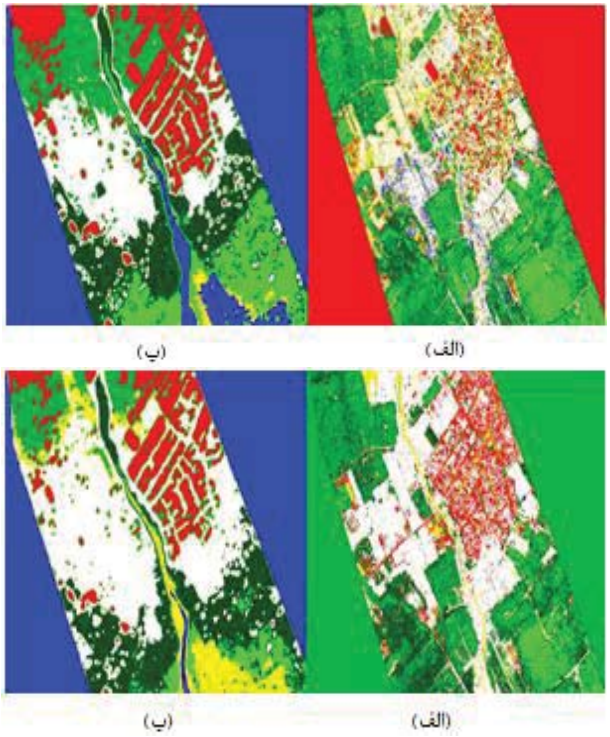
شکل ۳- نمونه‌های آموزشی (ردیف بالا) و آزمایشی (ردیف پایین) مورد استفاده در تصاویر هوایی(سمت راست) و لیداری (سمت چپ)

آزمایش اول: طبقه‌بندی تصویر هوایی و تصویر حاصل از داده‌های لیداری به صورت مجزا با استفاده از طبقه‌بندی‌کننده‌های MLC و MLP.

در آزمایش اول، طبقه‌بندی‌کننده‌های MLC و MLP به صورت مجزا بر روی تصویر هوایی و تصویر لیداری اعمال شدند. به عبارت دیگر در این آزمایش، تصاویر موجود به صورت متداول طبقه‌بندی شدند. نتایج حاصل از این آزمایش به صورت نقشه موضوعی در شکل (۴) و جدول صحت و اعتبار در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج طبقه‌بندی تصاویر به صورت مجزا

داده مرجع		صحت	اعتبار
MLC	هوایی	٪۳۷/۵۲	٪۴۰
	لیداری	٪۶۱/۹۱	٪۵۹/۵۴
MLP	هوایی	٪۴۱/۹۳	٪۴۵/۳۸
	لیداری	٪۶۰/۱۳	٪۶۳/۶۵
روش پیشنهادی		**٪۶۷/۴۷**	**٪۷۰/۱۶**



شکل ۴- نتایج حاصل از اعمال طبقه‌بندی کننده MLC (تصویر بالا) و MLP (پایین) بر روی (الف) تصویر هوایی و (ب) تصویر لیداری

شکل ۵- نتیجه حاصل از طبقه‌بندی براساس الگوریتم پیشنهادی.

آزمایش دوم: ادغام در سطح تصمیم‌گیری. در این مرحله، نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر مطابق الگوریتم پیشنهادی (بلوک دیاگرام شکل(۱)) با یکدیگر ترکیب می‌شوند. یعنی تصاویر هوایی و لیداری به صورت مجزا با استفاده از طبقه‌بندی‌کننده‌های آماری MLC و طبقه‌بندی‌کننده‌های شبکه عصبی MLP طبقه‌بندی اولیه شده‌اند. سپس نتایج اولیه در مرکز ترکیب تصمیم با یکدیگر ترکیب شده و برای کلاس پوشش هر پیکسل، یک تصمیم نهایی گرفته شده است. از آنجا که معیار بکار رفته در مرکز ترکیب تصمیم‌ها، رأی‌گیری اکثریت بوده است، در حالت‌های زیر ابهام بوجود می‌آید.

حالت اول، زمانی که دو کلاس هر کدام با دو رای به‌عنوان کلاس پوشش پیکسل کاندید می‌شوند. حالت دوم، زمانی که چهار کلاس هر کدام با یک رای به عنوان کلاس پوشش پیکسل کاندید شوند.

برای تصمیم‌گیری نهایی در این حالت‌ها، بخشی به عنوان بخش رفع ابهام در نظر گرفته شده است که در آن در چهار نقشه موضوعی ایجاد شده توسط چهار طبقه‌بندی‌کننده اولیه، بررسی شده و در یک همسایگی در اطراف پیکسل مبهم، کلاس غالب مشخص و به عنوان کلاس پیکسل مورد نظر، انتخاب می‌شود. نقشه‌های موضوعی حاصل از این آزمایش در شکل (۵) و صحت و اعتبار حاصل از روش پیشنهادی در جدول (۲) نشان داده شده است. صحت و اعتبار ارائه شده در جدول (۲) براساس نمونه‌های آزمایشی جدول (۱) محاسبه شده‌اند. صحت عبارت است از تعداد نمونه‌های آزمایشی صحیح طبقه‌بندی شده برای هر کلاس نسبت به تعداد کل نمونه‌های آزمایشی آن کلاس، و اعتبار عبارت است از تعداد نمونه های آزمایشی صحیح طبقه‌بندی شده برای هر کلاس نسبت به تعداد کل نمونه‌های آزمایشی برچسب خورده به عنوان آن کلاس. براساس این تعاریف نتایج ارائه شده در جدول (۲)، بدست آمده است.

۵- نتیجه و جمع‌بندی

در کاربری‌های مختلف، استفاده از تصاویر هوایی برای شناسایی اهداف بسیار متداول است. ویژگی‌های طیفی و رنگی به عنوان ویژگی‌های غالب در این تصاویر، برای تفکیک اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این رو در این تصاویر، تفکیک اهدافی که از نظر ویژگی رنگ و طیف مشابه باشند، یا امکان‌پذیر نبوده و یا با دقت پایین (بویژه در مناطق مرزی بین کلاس‌ها) انجام می‌گیرد. برای مثال در ناحیه مربوط به ساختمان‌ها، به دلیل اینکه مصالح سقف برخی از ساختمان‌ها با جنس قسمت‌هایی از زمین یکسان می‌باشند، در طبقه‌بندی تصویر هوایی خطا رخ می‌دهد، یا در مناطق مربوط به پوشش‌های گیاهی به این دلیل که درختان و پوشش‌های گیاهی بوته‌ای بازتاب مشابهی دارند، همگی در یک کلاس قرار می‌گیرند و خطا در تفکیک اهداف از

یکدیگر افزایش پیدا می‌کند.

در بخش‌های نظامی و امنیتی از قبیل میادین نبرد و مناطق عملیاتی از این محدودیت تصاویر مرئی کمک گرفته شده و طرح‌های پدافند غیر عاملی از قبیل تورهای استتاری جهت هم‌رنگ و هم‌بافت کردن اهداف مهم با پس‌زمینه‌هایشان، ارائه می‌گردد. این نوع طرح‌های استتاری، معمولاً از منظر تصویربرداری هوایی و مرئی کارایی خوبی در پنهان‌سازی اهداف از دید دشمن داشته و برای سال‌ها توسط نیروهای نظامی مختلف استفاده شده است.

از آنجا که در چند ساله اخیر امکان استفاده از داده لیدار فراهم شده است، در این مقاله الگوریتمی برای شناسایی اهداف براساس تصاویر هوایی و تصاویر حاصل از داده‌های لیداری به صورت همزمان پیشنهاد شد. الگوریتم پیشنهادی از قابلیت‌های ادغام در سطح تصمیم‌گیری استفاده نمود. نتایج به‌دست آمده در آزمایش‌های مختلف نشان داد که استفاده از تصاویر هوایی و تصاویر حاصل از داده‌های لیداری به صورت مجزا، امکان تفکیک کلاس‌هایی که از نظر برخی از ویژگی‌ها مشابه هستند را ندارند. نتایج به‌دست آمده در جدول (۲) گواه این موضوع می‌باشد. در الگوریتم پیشنهادی، ترکیب نتایج طبقه‌بندی کننده‌های اولیه در روش ادغام در سطح تصمیم‌گیری، الگویی را ارائه می‌دهد که در آن، نقاط ضعف تصاویر هوایی و لیداری تا حدی توسط یکدیگر پوشش داده شده‌اند. در این الگوریتم این مسئله با ترکیب نتایج طبقه‌بندی کننده‌های اولیه عملی شده و نتایج آزمایش دوم نسبت به آزمایش اول بهبود چشمگیری یافته است.

الگوریتم پیشنهادی و نتایج به‌دست آمده از آن نشان داد که می‌توان از تصاویر هوایی و تصاویر به‌دست آمده از داده‌های لیداری، به عنوان مکمل‌های اطلاعاتی و از طبقه‌بندی‌کننده‌های آماری و طبقه‌بندی‌کننده‌های شبکه عصبی به عنوان مکمل‌های تصمیم‌گیر استفاده نمود. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که این نحوه استفاده از تصاویر در دسترس و ابزارهای تصمیم‌گیر، نسبت به حالتی که فقط از تصاویر مجزا یا یک نوع از طبقه‌بندی‌کننده‌ها استفاده شود، نتایج صحیح‌تری در فرایندهای شناسایی اهداف ارائه می‌نماید.

این موضوع، تهدیدی است که کارایی و اثربخشی اقدامات پدافند غیر عامل به‌ویژه طرح‌های استتاری سنتی را از بین می‌برد. در آزمایش‌های انجام شده در این مقاله، در صورت استفاده همزمان از فناوری‌های تصویربرداری هوایی و داده‌برداری لیداری در مقایسه با زمانی که فقط از تصویربرداری هوایی استفاده شده است، صحت شناسایی اهداف از حدود ۴۲ درصد در بهترین حالت، به حدود ۶۷٫۵ درصد ارتقا پیدا کرده است. اگر صحت شناسایی اهداف به عنوان معیاری برای ارزیابی کارایی و اثربخشی اقدامات پدافند غیر عاملی در نظر گرفته شود، (هرچه صحت بالاتر، اثر بخشی اقدامات پدافندی پایین‌تر). نتایج به‌دست آمده در این مقاله نشان می‌دهد که چگونه استفاده از داده‌های لیداری در کنار تصاویر هوایی توانسته است اثربخشی اقدامات پدافند غیر عاملی را خنثی نموده و از بین ببرد. در شبیه‌سازی‌های انجام شده در این مقاله فقط از ویژگی ارتفاع اندازه‌گیری شده توسط داده‌برداری‌های لیدار استفاده شد. قطعاً در صورت استفاده از پارامترهای دیگری که توسط داده بردارهای لیداری اندازه‌گیری می‌شود، دقت شناسایی اهداف افزایش خواهد یافت و به تبع آن بیش از پیش کارایی و اثربخشی اقدامات پدافند غیر عاملی در پنهان کردن اهداف از دید دشمن کاهش خواهد یافت.

از آنجا که به دلیل رشد تکنولوژی، استفاده از فناوری لیدار، هر روز دست‌یافتنی‌تر می‌شود، توجه ویژه به استفاده همزمان از این فناوری در کنار فناوری‌های شناسایی دیگر در طراحی اقدامات پدافند غیر عاملی ضروری است.

مراجع

1. Juho Lumme, "Supervised Classification Using Aerial Photographs and LIDAR Data," Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover, Center for Remote Sensing of Land Surfaces, (**2006**).
2. Liang-Chien Chen, Li-Jer Lin and Wen-Chi Chang, "Imaging data detects changes in urban areas over time," SPIE, (**2011**).
3. Paul M.Mather, "Computer Processing of Remotely-Sensed Images," Third Edition, CHAPTER 9, p.p. 280-290, (**2004**).
4. Kraus, K. Pfeifer, N, "Derivation of digital terrain models in wooded areas," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 53(4), p.p. 193–203, (**1998**).
5. Wuerlaender, R., Eder, K., Geist, T., "High quality DEMs for glacier monitoring: Image matching versus laser scanning," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, p.p. 753–75, (**2004**).

6. Zheng Wang, “Extracting Building Information From LIDAR Data,” ISPRS Commission III Symposium on Object Recognition and Scene Classification from Multi-Spectral and Multi-Sensor Pixels, (**2000**).
7. N. Demir, D. Poli, E. Baltsavias, “Extraction of Building and Trees Using Images and LIDAR Data,” The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, p.p. 313-318, (**2009**).
8. Martin Huber, Wolfgang Schickler, Stefan Hinz, Albert Baumgartner, ‘‘Fusion of LIDAR Data and Aerial Imagery for Automatic Reconstruction of Building Surfaces,’’ Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, p.p. 82, (**2003**).
9. Qin Yan, Jie Yu, "Research on the Object-Extraction from Aerial LIDAR Dataset", Second International Conference on Computer Modeling and Simulation, (**2010**).
10. M. Salah, J.Trinder , A.Shaker, M.Hamed, A.Elsagheer, “Aerial Images and LIDAR Data Fusion for Automatic Feature Extraction Using the Self-Organizing MAP (SOM) Classifier”, IEEE, Vol. XXXVIII, p.p. 317-322, (**2009**).
11. Yang Cao, Huijie Zhao and Na Li, Hong Wei, ‘‘Land-Cover Classification by Airborne LIDAR Data Fused with Aerial Optical Images", IEEE Conference, p.p. 1 – 4, (**2011**).
12. Guoning Zhang, Jie Yu, Qin Yan, “Research on the Object-Extraction from Aerial LIDAR Dataset”, Second International Conference on Computer Modeling and Simulation, (**2010**).

A Novel Method for Improving the Object Recognition Accuracy in Aerial Images Based on LIDAR Data and Decision Fusion

Hamid Dehghani[1]

Arezoo Dastjerdi[2]

Hadi Vafadar Ali[2]

Abstract

Using aerial images to object recognition is very common. The number of features such as color, spectral and texture can be extracted from these images and can be used for object and target recognition. These features are used by the classifier methods for targets classification. Hence, in these images, separating the object that has the same features, is not possible, or is done with lower accuracy, (especially in classes' boundary). This limitation in aerial images is a base for a number of the passive defense techniques. In the past few years, the acquisition of LIDAR data has been possible. Hence, in this paper, a novel target recognition method in aerial images, based on product image from LIDAR data and decision fusion technique is presented. Implementation results show that simultaneous use of aerial images and LIDAR data in object recognition are much more accurate performance than use every single one of these images, particularly in border areas between the classes in feature spaces. Some LIDAR data features such as altitude make ineffective camouflage and concealment actions that are complemented based on aerial image features such as color, in battle space.

Key Words: *Aerial Images, LIDAR Data, Object Recognition, Classification, Decision Fusion, Passive Defense*

1- Malek Ashtar University (E-mail: hamid_deh@yahoo.com)
2- Ms in Electrical Engineering