اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی حاصل از تلفیق تصاویر اپتیک و SAR براساس آنالیز بافت

مهرنوش امتی[۱*]، محمودرضا صاحبی[۲]

۱- دانشجوی کاشناسی ارشد، گروه سنجش از دور، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۲- استادیار گروه آموزشی فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

تکنیک تلفیق تصاویر راهی مؤثر در بهره‌گیری از اطلاعات اخذشده از چند منبع سنجش‌ازدوری است. تصاویر اپتیک و رادار با روزنه مجازی(SAR) هر یک بیانگر محتوای اطلاعاتی متفاوت از عوارض بوده و به‌نوعی نقش مکملی نسبت به یکدیگر خواهند داشت. هم‌چنین علاوه بر اطلاعات بازتابندگی و باز پراکنش حاصل از تصاویر اپتیک و رادار، ویژگی‌های مکانی مانند بافت نیز می‌توانند در تفکیک کلاس‌ها خصوصاً در تصاویر SAR نقش مهمی را ایفا کنند که از علت آن می‌توان به وابستگی مقادیر پراکنش‌ها به نوع، جهت، همگنی و ارتباط مکانی عوارض اشاره کرد. از این‌رو به‌منظور استفاده کامل از داده‌های سنجش‌ازدوری چند منبعی و ترکیب ویژگی‌های مختلف استخراجی از آن‌ها، این مقاله رویکردی را به‌منظور تلفیق داده تصاویر اپتیک و SAR براساس آنالیز بافت ارائه می‌دهد. به‌گونه‌ای که چند ویژگی انتخابی بافت از هر یک تصاویر پانکروماتیک اپتیک و SAR با استفاده از توصیف‌گرهای آماری مرتبه اول و دوم در چهار جهت مختلف ۰-۴۵-۹۰-۱۳۵ درجه و با ابعاد پنجره متحرک ۳*۳ استخراج شده و نتایج طبقه‌بندی حاصل از افزودن ترکیب‌های مختلف ویژگی‌های استخراجی به هر یک از تصاویر اپتیک و رادار به‌صورت جداگانه بررسی می‌شود. درنهایت نیز تلفیق دو تصویر اپتیک و رادار در زمینه طبقه‌بندی مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی : تلفیق تصاویر، آنالیز بافت، توصیف‌گرهای آماری مرتبه اول و دوم، رادار با روزنه مجازی

نویسنده مکاتبه کننده : مهرنوش امتی
آدرس پستی : تهران، خیابان ولیعصر، تقاطع میرداماد غربی، دانشکده خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
تلفن : ۰۹۱۲۷۲۷۳۱۲۱
آدرس پست الکترونیک : momati@mail.kntu.ac.ir

۱- مقدمه

تصاویر اپتیک اخذشده همانند داده‌های چندطیفی یا پانکروماتیک با رزولوشن بالا و داده‌های راداری با روزنه مجازی نشان‌دهنده اطلاعات متفاوتی از عوارض تصویری خواهند بود[۱]. تصاویر چندطیفی به علت قدرت تفکیک طیفی بالاتر می‌توانند در شناسایی عوارض مختلف از نقطه‌نظر طیفی مورداستفاده قرار گیرند و این در حالی است که در مقایسه با تصاویر پانکروماتیک از قدرت تفکیک مکانی پایین‌تری برخوردار هستند[1]. از طرفی تصاویر پانکروماتیک نیز با رزولوشن بالاتر و تأکید بر جزئیات هندسی عوارض همانند ساختار و اندازه آن‌ها، تنها شامل یک باند طیفی هستند[1,2]. در کنار هر یک از ویژگی‌های تصاویر اپتیک، باوجود تأثیر شرایط محیطی بر این سنسورها و محدودیت اخذ داده در آن‌ها امروزه سیستم‌های سنجش‌ازدور راداری همانند TerraSAR-X و Radarsat-2 به علت امکان اخذ اطلاعات در شرایط آب و هوایی و تابشی مختلف و هم‌چنین وابستگی میزان پراکنش سیگنال‌های آن به پارامترهای تارگت همانند میزان زبری، شکل هندسی و میزان رطوبت عوارض و پارامترهای سنسور همانند نوع پلاریزاسیون می‌توانند اطلاعات بیش‌تری از عوارض فراهم آورند و این در حالی است که وجود اسپکل‌ها در این تصاویر تفسیر این تصاویر را با مشکل روبه‌رو کرده است[3]. از این‌رو رویکرد تلفیق منابع چندگانه داده می‌تواند علاوه بر افزایش توانایی تفسیر و به دست آوردن نتایج قابل استنادتر، نقص استفاده از هر یک از این داده‌ها را به‌تنهایی جبران کند[4]. این در حالی است که در مواردی ممکن است به‌علت عدم تطابق داده‌ها در تلفیق هم‌افزایی رخ نداده و نتایج ضعیف‌تری حاصل شود.

از طرفی الگوریتم‌های پیکسل مبنا در کاربردهایی هم‌چون طبقه‌بندی به علت به‌کارگیری اطلاعات تک پیکسل منجر به نتایجی با نویزهای زیاد خواهند شد[5]. ازاین‌رو به‌منظور بهبود کیفیت نتایج می‌توان اطلاعات بافت را در روند برچسب دهی به پیکسل‌های تصویر در نظر گرفت[5,6].

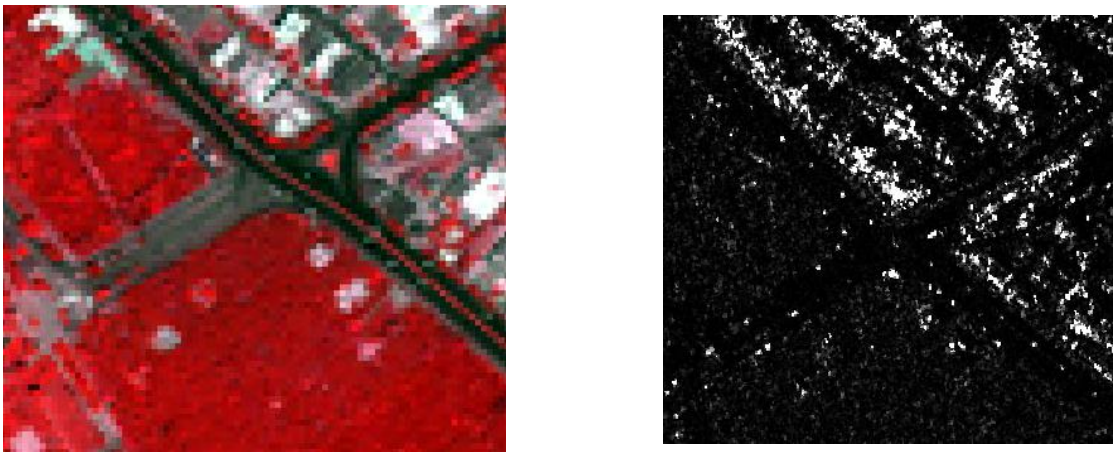
بافت به‌عنوان یک ویژگی مکانی ذاتی تصویر است که با استفاده از این ویژگی علاوه بر به‌کارگیری مقادیر باز پراکنش یا بازتابندگی و استفاده از اطلاعات تک پیکسل، می‌توان از ویژگی‌های مکانی نیز در پردازش مقادیر پیکسل‌ها و همسایگی‌های آن‌ها استفاده کرد[6].

از میان انواع مختلف روش‌های آنالیز بافت در مرحله پس‌پردازش می‌توان به توصیف‌گرهای آماری مرتبه اول و مرتبه دوم براساس ماتریس هم رخداد اشاره کرد[7]. توصیف‌گرهای آماری مرتبه اول براساس احتمال رخداد درجات خاکستری در سطح تصویر، پارامترهای مختلف را برآورد می‌کنند که از انواع آن می‌توان به پارامترهای میانگین، چولگی و... اشاره کرد[7,8]. از طرفی در توصیف‌گرهای آماری مرتبه دوم علاوه بر توزیع درجات خاکستری، موقعیت پیکسل‌ها نسبت به یکدیگر را نیز لحاظ کرده و به عبارتی از دو پارامتر فاصله و توجیه استفاده می‌کند[8].از انواع این پارامترها می‌توان کنتراست، واریانس ،انرژی، کورولیشن، ممان مرتبه دوم، آنتروپی و... را نام برد[2].

هدف اصلی این مقاله بررسی نتایج استفاده از ویژگی‌های بافت در ترکیب دو منبع داده چند طیفی و راداری در تلفیق در سطح تصمیم‌گیری به‌منظور طبقه‌بندی منطقه موردمطالعه خواهد بود. بدین منظور پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم و هم مرجع سازی میان دو تصویر، چندین ویژگی انتخابی از پارامترهای بافت براساس توصیف‌گرهای آماری مرتبه اول و دوم از هر یک از تصاویر پانکروماتیک اپتیک و رادار به‌صورت جداگانه استخراج گردیده و سپس در ۴ حالت ترکیب باندی به‌صورت تلفیق ویژگی‌های طیفی و مکانی به‌عنوان ورودی وارد طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان خواهند شد و بدین ترتیب هر یک از تصاویر اپتیک و رادار با تلفیق ویژگی‌های استخراجی به‌صورت جداگانه طبقه‌بندی می‌شوند. درنهایت نیز نتایج حاصل از طبقه‌بندی این دو منبع داده در سطح تصمیم‌گیری تلفیق و نتایج آن‌ها بررسی می‌شود.

۲- منطقه موردمطالعه و داده‌ها

شهر شیراز در جنوب ایران در محدوده 52 29 58.84 E , 29 37 39.36 N به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شده است. از طرفی داده‌های مورداستفاده نیز شامل ۳ باند چند طیفی ماهواره آیکونوس باقدرت تفکیک ۴ متر، تصویر باند پانکروماتیک آن با قدرت تفکیک ۱ متر و تصویر سنجنده راداری Terra SAR-X در مد Spot light با حد تفکیک ۱ متر و پلاریزاسیون HH آن خواهد بود. شکل(۱) تصویر پلاریزاسیون HH و ترکیب رنگی ۴-۳-۲ تصویر آیکونوس شامل ۳ کلاس اصلی راه، ساختمان و پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.

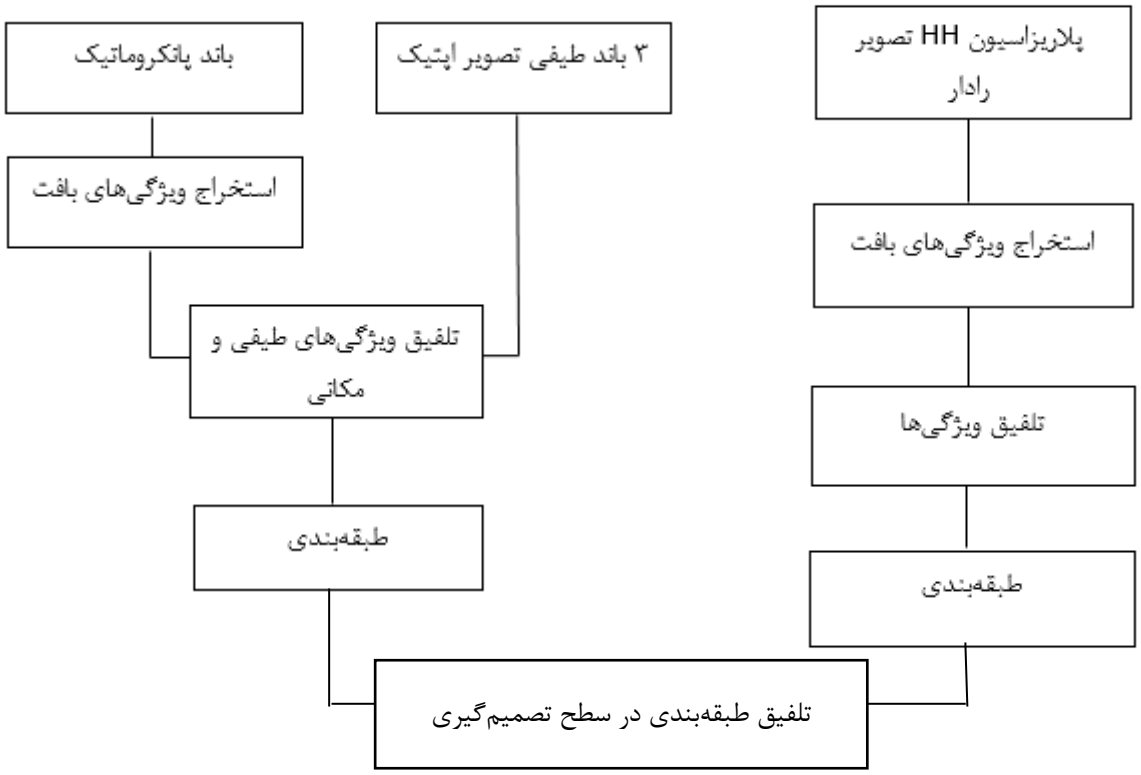


(ب) (الف)

شکل ۱: الف)تصویر پلاریزاسیون HH ب) ترکیب رنگی کاذب تصویر آیکونوس

۳- روش تحقیق

شکل(۲) ساختار کلی روش پیشنهادی را نشان می دهد:



شکل ۲: روند کلی روش پیشنهادی

۳-۱- پیش‌پردازش داده‌ها

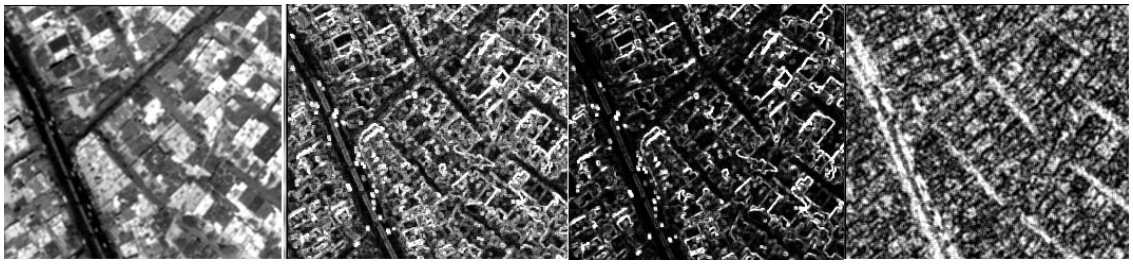
به‌منظور بهره‌گیری هم‌زمان از قابلیت مکانی باند پانکروماتیک و ویژگی‌های طیفی تصاویر چندطیفی از الگوریتم پن-شارپنینگ[1] استفاده گردیده و درنهایت تصویر اپتیک با پیکسل سایز ۱ متر ایجاد شد. در تصویر راداری نیز به‌منظور کاهش اثر اسپکل‌ها فیلتر Lee با ابعاد 5*5 انتخاب شده است.

۳-۲- آنالیز بافت

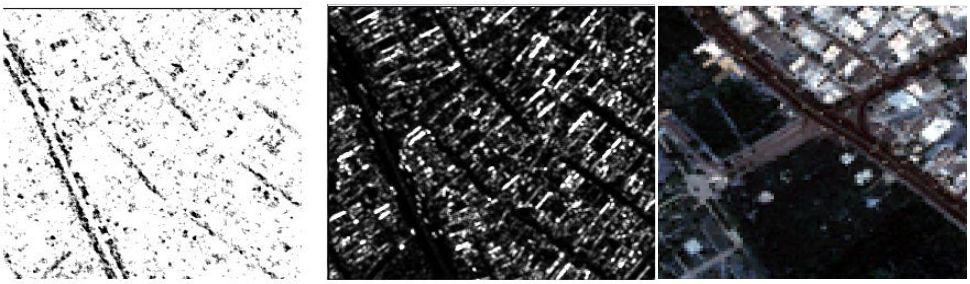
بافت ویژگی مکانی ذاتی تصویر است که به علت در نظر گرفتن وابستگی مکانی پیکسل‌های همسایه می‌تواند به‌عنوان ویژگی مکانی استخراج شده از تصاویر اپتیک و رادار به کار گرفته شود[6]. این ویژگی به‌خصوص در تصاویر رادار با روزنه مجازی به علت حساسیت پراکنش‌ها به نوع، جهت، همگنی و ارتباط مکانی عوارض تصویری می‌تواند حاوی اطلاعات مفیدی باشد[9]. امروزه روش‌های مختلفی در آنالیز بافت وجود دارد که از میان آن‌ها می‌توان به توصیف‌گر-های آماری مرتبه اول و دوم ماتریس هم رخداد اشاره کرد[7]. ویژگی‌های انتخابی در این مطالعه با میانگین‌گیری چهارجهته در توصیف‌گرهای آماری مرتبه دوم و ابعاد پنجره متحرک ۳*۳ در تمامی ویژگی‌ها محاسبه گردید. هم-چنین از میان توصیف‌گرهای آماری مرتبه اول، دو ویژگی میانگین و data-range و از میان توصیف‌گرهای آماری مرتبه دوم چهار ویژگی کنتراست، واریانس، همگنی و آنتروپی به‌عنوان ویژگی‌های بافت مورد بررسی انتخاب گردید.

۳-۳- طبقه‌بندی تصویر اپتیک

در ادامه تصویر ۶ ویژگی بافت استخراجی از تصویر پانکروماتیک اپتیک در شکل (۳) دیده می‌شود. سپس مطابق با جدول(۱) ترکیب‌های باندی مختلف حاصل از تلفیق ویژگی‌های طیفی و مکانی انتخاب و نتایج حاصل از آن‌ها با طبقه-بندی کننده ماشین بردار پشتیبان به دست می‌آید.



(الف) (ب) (پ) (ت)



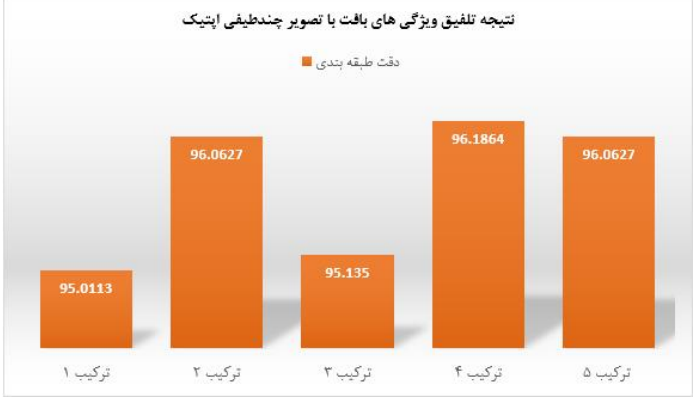
(ث) (ج) (چ)

شکل ۳: ویژگی‌های بافت استخراجی از تصویر پانکروماتیک اپتیک. الف)میانگین ب)data-range پ)واریانس ت)همگنی ث)آنتروپی ج)کنتراست (چ) ترکیب رنگیRGB تصویر

[1] Pan Sharpening

جدول ۱: ترکیب‌های باندی مورد استفاده در طبقه‌بندی و نتایج حاصل از آن‌ها

ضریب کاپا	دقت طبقه بندی	ترکیب باند
۰.۹۲۱۶	۹۵.۰۱۱۳	۳ باند طیفی
۰.۹۳۸۲	۹۶.۰۶۲۷	۳ باند طیفی- میانگین- data-range
۰.۹۲۳۶	۹۵.۱۳۵۰	۳ باند طیفی- واریانس- کنتراست- همگنی- آنتروپی
۰.۹۴۰۲	۹۶.۱۸۶۴	۳ باند طیفی- واریانس- کنتراست- همگنی- آنتروپی- میانگین- data-range
۰.۹۳۸۲	۹۶.۰۶۲۷	۳ باند طیفی- میانگین- واریانس- آنتروپی- data-range

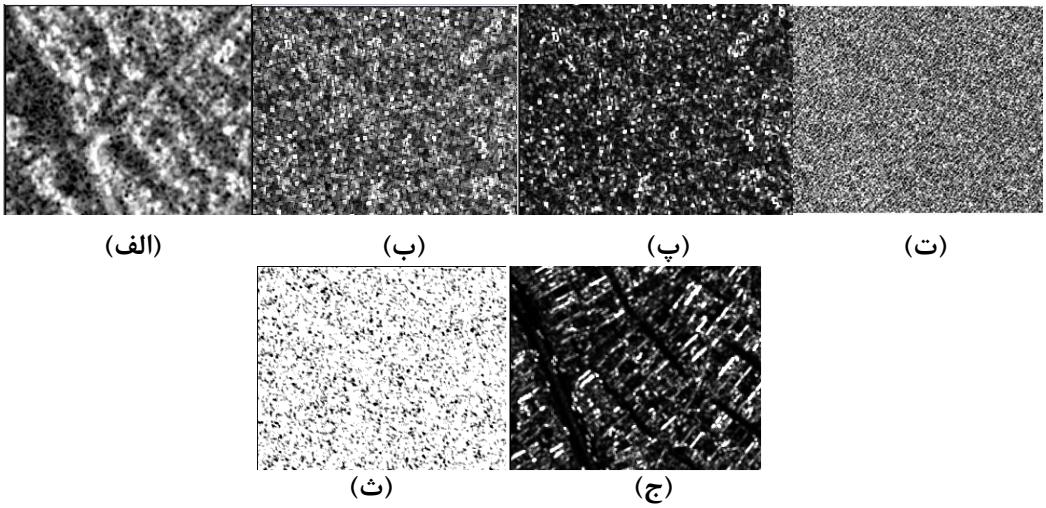


شکل ۴: نتیجه تلفیق ویژگی‌های مختلف بافت با تصویر چندطیفی اپتیک

همان‌گونه که شکل (۴) نشان می‌دهد به‌کارگیری ویژگی‌های بافت و تلفیق آن‌ها با مقادیر بازتابندگی در سطح ویژگی موجب بهبود دقت‌های طبقه‌بندی گردیده است که این نتایج بر مزیت استفاده از ویژگی‌های مکانی در کنار داده‌های طیفی اشاره دارد. هم‌چنین لازم به ذکر است که در ترکیب انواع مختلف ویژگی‌ها با داده‌های چندطیفی اپتیک نتایج متفاوتی به‌دست‌آمده است که علت آن را می‌توان اساس آماری ویژگی‌های استخراجی و وابستگی میان آن‌ها بیان کرد.

۳-۴- طبقه‌بندی تصویر SAR

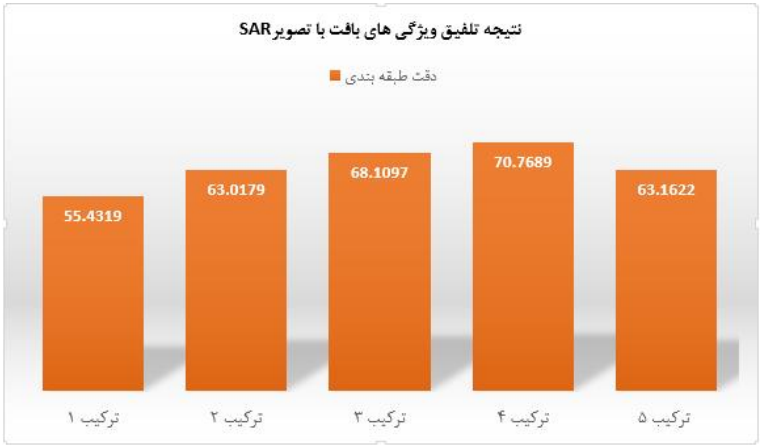
پس از طبقه‌بندی تصویر اپتیک، این بار ۶ ویژگی بافت همانند مرحله قبل از تصویر SAR استخراج شده که می‌توان آن‌ها را در شکل (۵) مشاهده کرد. در ادامه نیز در جدول (۲) ترکیب‌های باندی مختلف حاصل از تلفیق بازپراکنش رادار در پلاریزاسیون HH و ویژگی‌های بافتی انتخاب شده و نتایج حاصل از آن‌ها با طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان به دست می‌آید.



شکل ۵: ویژگی‌های بافت استخراجی از تصویر SAR. الف)میانگین ب)data-range پ)واریانس ت)همگنی ث)آنتروپی ج)کنتراست

جدول ۳: ترکیب‌های باندی مورد استفاده در طبقه‌بندی و نتایج حاصل از آن‌ها

ضریب کاپا	دقت طبقه بندی	ترکیب باند
0.2042	55.4319	پلاریزاسیون HH
0.3491	63.0179	پلاریزاسیون HH - میانگین- data-range
0.4582	68.1097	پلاریزاسیون HH - واریانس- کنتراست- همگنی- آنتروپی
0.5060	70.7689	پلاریزاسیون HH - واریانس- کنتراست- همگنی- آنتروپی- میانگین- data-range
0.3513	63.1622	پلاریزاسیون HH - میانگین- واریانس- آنتروپی- data-range



شکل ۶: نتیجه تلفیق ویژگی‌های مختلف بافت با تصویر SAR

همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود ویژگی‌های بافت در تصاویر رادار با روزنه مجازی به علت حساسیت پراکنش‌ها به نوع، جهت، همگنی و ارتباط مکانی عوارض تصویری می‌تواند تأثیر چشم‌گیری در نتایج تلفیق آن‌ها با داده تک پلاریزه داشته و دقت‌های طبقه‌بندی را به میزان قابل‌توجهی بهبود دهد. البته در ترکیب انواع مختلف ویژگی-ها با پلاریزاسیون HH نیز همانند اپتیک نتایج متفاوتی به‌دست‌آمده است که علت آن را می‌توان اساس آماری ویژگی-های استخراجی از ماتریس مرتبه اول و دوم هم رخداد و وابستگی میان آن‌ها ذکر کرد.

۳-۵- تلفیق در سطح تصمیم‌گیری تصویر اپتیک و SAR

پس از طبقه‌بندی دو تصویر اپتیک و SAR به‌صورت جداگانه، بهترین ترکیب باندی حاصل از تلفیق تصویر اپتیک و ویژگی‌های بافتی با بالاترین دقت طبقه‌بندی انتخاب شده و در ادامه در سطح تصمیم‌گیری با ترکیب باندی تصویر SAR و ویژگی‌های بافتی تلفیق می‌شوند که بدین منظور از الگوریتم تلفیق Brovey استفاده شده است که نتیجه آن در جدول(۳) آورده شده است.

جدول ۳: نتیجه حاصل از تلفیق

ضریب کاپا	دقت طبقه بندی	الگوریتم
۰.۶۲۴۴	۷۸.۲۷۲۵	Brovey

همان‌گونه که جدول بالا نشان می‌دهد تلفیق داده اپتیک و SAR موجب کاهش دقت طبقه‌بندی گردیده است که علت آن را می‌توان در عدم تطابق داده‌های تلفیق و از دست دادن اطلاعات طیفی حاصل از داده‌های اپتیک دانست.

۴- نتایج و پیشنهادها

در این مقاله تلفیق دو منبع داده چند طیفی و راداری در سطح تصمیم‌گیری به‌منظور بررسی نتایج طبقه‌بندی منطقه مطالعاتی در شیراز با استفاده از ویژگی‌های بافت انجام گرفت. به‌این‌ترتیب در ابتدا تأثیر تلفیق چندین پارامتر بافت استخراج شده از هر یک از تصاویر پانکروماتیک اپتیک و رادار با ویژگی‌های طیفی مورد بررسی قرار گرفت و در ادامه آن نتایج حاصل از تلفیق طبقه‌بندی آن‌ها در سطح تصمیم‌گیری ارزیابی گردید. نتایج حاکی از آن است که ترکیب ویژگی‌های بافت با داده‌های چندطیفی اپتیک و SAR به‌صورت جداگانه نتایج طبقه‌بندی را در مقایسه با استفاده تنها از داده‌های اپتیک و SAR به‌طور چشم‌گیری افزایش داده است که علت آن را می‌توان تأثیر به‌کارگیری اطلاعات مکانی در کنار اطلاعات طیفی دانست. هم‌چنین به علت ماهیت آماری ویژگی‌های بافت استخراجی از ماتریس مرتبه اول و دوم هم رخداد و وابستگی اجتناب‌ناپذیر آن‌ها، در ترکیب انواع مختلف ویژگی‌ها با داده‌های طیفی اپتیک و پراکنش SAR دقت‌های متفاوتی به‌دست‌آمده است که همین امر انتخاب بهینه ویژگی‌های بافت را در رسیدن به بالاترین دقت طبقه‌بندی ضرورت می‌بخشد و این در حالی است که در این مقاله چندین ویژگی بافت دلخواه انتخاب گردیده و به‌صورت تصادفی از میان ترکیب‌های مختلف آن تنها ۴ حالت مورد بررسی قرارگرفته است. از این‌رو به‌عنوان پیشنهاد می‌توان استفاده از یک الگوریتم بهینه‌سازی به‌منظور انتخاب بهینه ویژگی‌های بافتی را مطرح کرد.

هم‌چنین در بررسی نتایج تلفیق می‌توان این‌گونه بیان کرد که از میان الگوریتم‌های مختلف تلفیق داده، روشی که با حداقل از دست دادن اطلاعات بتواند هر دو منبع داده را با یکدیگر تلفیق کند به‌عنوان بهترین روش در نظر گرفته می‌شود. همان‌گونه که در نتایج مشاهده شد پس از تلفیق داده اپتیک و SAR دقت طبقه‌بندی حاصل کاهش یافت که علت آن را می‌توان عدم هم‌افزایی داده‌ها در تلفیق و تخریب اطلاعات طیفی حاصل از داده اپتیک به علت ویژگی‌های تصویر SAR همانند اسپکل‌ها اشاره کرد. البته به‌عنوان پیشنهاد با تعریف چند پارامتر آماری همانند جذر میانگین مربعات خطا و یا ضریب وابستگی، می‌توان الگوریتم مناسب تلفیق را تعیین نمود.

مراجع

[1] O. Hellwich and M. Gunzl, "Landuse classification by fusion of optical and multitemporal SAR imagery," in Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2000. Proceedings. IGARSS 2000. IEEE 2000 International, 2000, pp. 2435-2437 vol.6.

[2] L. Yunxiao, Z. Shuhe, Z. Hongkui, W. An, H. Kexun, and T. Lei, "A novel classification method based on texture analysis using high-resolution SAR and optical data," in Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA), 2012 Second International Workshop on, 2012, pp. 186-190.

[3] I. H. Woodhouse, "Polarimetric radar imaging: from basics to applications by Jong-Sen Lee and Eric Pottier," International Journal of Remote Sensing, vol. 33, pp. 333-334, 2012.

[4] J. Zhang, "Multi-source remote sensing data fusion: status and trends," International Journal of Image and Data Fusion, vol. 1, pp. 5-24,2010.

[5] Zhixin Qi, Anthony Gar-On Yeh, Xia Li, Xiaohu Zhang, "A three-component method for timely detection of land cover changes using polarimetric SAR images", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,vol.107, pp.3-21,2015

[6] F. Dell'Acqua and P. Gamba, "Discriminating urban environments using multiscale texture and multiple SAR images," International Journal of Remote Sensing, vol. 27, pp. 3797-3812, 2006.

[7] Haralick, R.M., K. Shanmugam and I.H. Dinstein, "Textural features for image classification". Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, vol.3 (6), pp. 610-621,1973.

[8] A. S. Ismail, X. Gao, and C. Deng, "SAR image classification based on texture feature fusion," in Signal and Information Processing (ChinaSIP), 2014 IEEE China Summit & International Conference on, 2014, pp. 153-156.

[9] Y. Zeng, J. Zhang, J. L. van Genderen, and Y. Zhang, "Image fusion for land cover change detection," International Journal of Image and Data Fusion, vol. 1, pp. 193-215, 2010.