نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال ششم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷

Vol.6, No.2, Summer 2018

۱ -۲۱

ارائه روشی جهت تولید شاخص مکانی به‌منظور به‌کارگیری اطلاعات مکانی در طبقه‌بندی تصاویر پانکروماتیک

حامد عاشوری[1*]، محمد جواد ولدان زوج[2] ، محمود رضا صاحبی[3]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی سنجش ازدور، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استاد گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳- دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

چکیده

طبقه‌بندی یکی از پرکاربردترین روشهای استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای است، در الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تنها از اطلاعات طیفی تصویر به‌عنوان ورودی استفاده می‌شود. در حالی که خصوصا در تصاویر با رزولوشن مکانی بالا، روابط مکانی بین پیکسلهای همسایه نقش به‌سزایی در ایجاد تمایز بین کلاسهای مختلف، در تفسیر انسانی دارد. در تحقیقات مختلف روشهایی جهت کمی‌سازی بافت تصویر و استفاده از آن در ایجاد تفکیک بین کلاسها ارائه شده است. با توجه به تنوع روشهای کمی‌سازی بافت تصویر و تنوع پارامترهای قابل تنظیم آنها، امکان تولید تعداد بسیار بالایی ویژگی مکانی جدید از تصویر وجود دارد. هر یک از این ویژگیها توانایی خاصی در ایجاد تمایز بین کلاسهای تصویر دارند، این حقیقت و تعداد بالای ویژگیها، نیاز به انتخاب ترکیب بهینه و یا تولید ویژگی‌هایی که چکیده توانمندی مجموعه تولید شده را داشته باشند، را ضروری می‌نماید. در این تحقیق با الهام از اندکس‌های تفاضلی نرمال طیفی، مفهوم شاخص مکانی جهت تولید شاخص‌هایی مبتنی بر ویژگیهای مکانی تولید شده از تک باند طیفی تصویر پانکروماتیک، جهت تفکیک کلاسهای مختلف تصویر معرفی شده است. شاخص‌های مکانی تولیدی برای هر کلاس به‌عنوان چکیده مجموعه ویژگیهای مکانی و به‌صورت ویژگیهای جدید در کنار باند تصویر در طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد. ویژگیهای دارای بیشینه و کمینه مقدار در هر کلاس پس از تولید بردار میانگین در فضای ویژگی‌ها و حذف ویژگیهای داری رنج تغییرات کوچک انتخاب شدند. پس از مقایسه با نتایج سایر کلاسها، زوج باندهای غیر تکراری انتخاب شده و ویژگیهای تفاضلی نرمال بر اساس آنها تولید شد، استفاده از ویژگیهای تولید شده در طبقه‌بندی منجر به افزایش قابل توجه دقت در تفکیک کلاسها و کاهش زمان کلی محاسبات گردید. از دیگر مزایای این روش، صریح و مستقیم بودن و عدم نیاز به روندهای تکرار است.

کلید واژه‌ها : شاخص مکانی، طبقه‌بندی نظارت شده، تصویر پانکروماتیک، کمی‌سازی بافت تصویر.

* نویسنده مکاتبه کننده: تهران، خیابان ولی‌عصر، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

تلفن: ۸۸۸۸۴۴۵-۰۲۱

Email: hamed_ashoori@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

۱- مقدمه

طبقه‌بندی پرکاربردترین روش استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای است که در پروژه‌های اجرایی و تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روند طبقه‌بندی، پیکسلهای تصویر بر اساس میزان شباهت در فضای ویژگی در گروههایی مجزا قرار داده می‌شوند، که بر اساس روش انتخابی در حالت‌های نظارت شده، گروه‌هایی از پیش تعیین شده و در حالت نظارت نشده، ناشناخته هستند. در روشهای معمول طبقه‌بندی از درجات خاکستری پیکسلهای تصویر در طیف‌های مختلف به‌عنوان داده وروی استفاده می‌شود. با استفاده از این داده‌ها امکان تفکیک عوارض موجود در تصویر محدود بوده و تنها امکان تفکیک عوارضی که از نظر طیفی تمایز مناسبی بین آنها وجود دارد برقرار است. این در حالی است که در شناسایی عوارض یک تصویر توسط مفسر، ویژگیهای مکانی عوارض مختلف به‌عنوان یک معیار قوی جهت ایجاد تمایز بین آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ویژگیها خصوصا در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا قابل تشخیص و مورد استفاده جهت تفکیک عوارض توسط انسان است. با توجه به وجود تصاویری با قدرت تفکیک‌های بالا، روشهای بهینه جهت استفاده حداکثری از توان اطلاعاتی تصویر توسعه داده می‌شود.

روشهای مختلفی جهت استفاده از این اطلاعات نهفته در تصویر وجود دارد که کمی‌سازی بافت یکی از شاخه‌های اصلی این روشها است. با استفاده از فرمول‌های مختلف معرفی شده، امکان تولید انبوهی از ویژگیهای مکانی از تصویر وجود دارد که هر یک جنبه خاصی از روابط و خصوصیات مکانی عوارض تصویر را به‌صورت کمی تبدیل می‌کنند. [۱] پس از تولید این ویژگیها، بایستی به روشی مناسب، نسبت به انتخاب بهینه یا تولید یک مجموعه چکیده از آنها اقدام نمود تا بتوان در روند استخراج اطلاعات از آنها کمک گرفت.

در تصاویر پانکروماتیک، عملا تفکیک طیفی بین عوارض در مورد آنها محدود به انتخاب تعدادی حد آستانه می‌شود. در تصاویر اخذ شده از سطح زمین، این روش نمی‌تواند منجر به تفکیک مناسبی بین عوارض شود. از روش حد آستانه گذاری در تصاویر اخذ شده از عوارض مصنوعی، دید ماشینی، پردازش تصویر پزشکی و صنعتی که در آنها عوارض دارای تمایز مناسب میزان روشنایی هستند، می‌توان بهره برد ولی در تفکیک عوارضی که از نظر میزان روشنایی به یکدیگر شباهت داشته و تنها شکل، چیدمان و بافت آنها با یکدیگر متفاوت است این روش پاسخگو نیست.

در این تحقیق، با الهام از روشهای تولید شاخص از باندهای طیفی تصویر که منجر به تعریف شاخص‌هایی متنوع جهت تفکیک عوارض خاص از تصاویر چند طیفی می‌گردند، روش تولید شاخص مکانی[1] معرفی شده است. این شاخص‌ها، از ویژگیهایی که با کمی‌سازی بافت تصویر تولید شده‌اند، ایجاد شده و به‌عنوان معیاری حاوی اطلاعات مکانی تصویر در کنار تصویر یا به تنهایی جهت طبقه‌بندی تصویر و تفکیک کلاسهای موجود در آن استفاده می‌شوند.

۲- کمی‌سازی بافت و تولید اندکس[2](شاخص)

در ادامه مروری بر روشهای کمی‌سازی بافت، تولید شاخص و روش ارائه شده جهت تولید شاخص مکانی پرداخته می‌شود.

۲-۱- کمی‌سازی بافت[3]

روشهای مختلفی جهت کمی‌سازی بافت تصویر ارائه شده است و مورد استفاده قرار می‌گیرد که از یک دید کلی این روشها را می‌توان به چهارگروه آماری، ساختاری، مبتنی بر تبدیل به حوزهٔ فرکانس و ترکیب باندها تقسیم کرد.[۲]

ویژگیهای آماری در سه گروه ویژگیهای آماری مرتبه

[1] Spatial Index
[2] Index
[3] Texture Quantization

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]
[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

اول، ویژگیهای آماری مرتبه دوم و ویژگیهای زمین آمار قابل دسته‌بندی هستند. در این تحقیق از هر سه گـروه اصلی آماری جهت تولید ویژگی‌های مکـانی مبتنـی بـر بافت تصویر استفاده شد. در این روشها، یـک کرنـل بـا ابعاد فرد بـر روی تصـویر حرکـت داده شـده و پـس از تولیـد هیسـتوگرام تصـویر در هـر یـک از بانـدها در محدوده کرنل، آماره‌های مختلفی با استفاده از آن تولید شده و به پیکسل مرکزی در لایه خروجـی تولیـد شـده نسبت داده می‌شوند.

در ویژگیهـای آمـاری مرتبـه اول، آمـاره‌هـا بـه‌صـورت مستقیم با اسـتفاده از درجـات خاکسـتری پیکسـلهای قرارگرفته در محدوده کرنل تولید می‌شوند. این آماره‌ها در جدول (۱) ارائه شده‌اند.

تولیـد ویژگیهـای آمـاری مرتبـه دوم بـا اسـتفاده از مـاتریس رخـداد تـوام ($GLCM$[1]) توسـط هارالیـک و همکاران [۴] معرفـی شـد. مـاتریس رخـداد تـوام کـه حاصل شمارش تعداد زوج درجات خاکستری موجود در فاصـله مشخصـی در پنجـره کرنـل هسـتند بـه‌عنـوان مقدمـه تولیـد ویژگیهـای مختلـف در ایـن روش مورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد. بنـابراین در ایـن روش، ابتـدا مـاتریس رخـداد تـوام در هـر موقعیـت کرنـل تولید شده و سپس با به‌کـارگیری فرمولهـای مختلـف، ویژگیهایی از آن ماتریس تولید می‌گردد. در جدول (۲) رابطـه‌هـای بـه‌کـارگیری شـده جهـت تولیـد ویژگـی در این روش ارائه شده‌اند.

در مورد درجات خاکستری پیکسلهای تصویر بـا توجـه به ماهیت مکانی هر چـه فاصـله پیکسـلها کمتـر باشـد وابستگی مقـادیر درجـه خاکسـتری آنهـا بـالاتر اسـت. زمین آمـار بـا در نظـر گـرفتن ایـن واقعیـت سـعی در پیـاده‌سـازی (کمّـی‌کـردن) رابطـهٔ بـین نمونـه‌هـا و فاصلهٔ بین آنها دارد. یکی از پارامترهایی که به‌این‌منظور مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد شـبه وریـانس اسـت، ویژگیهای مبتنی بر زمین آمار با فرمولهایی برگرفتـه از فرمول شبه وریانس به کمـی‌سـازی آمـاره‌هـای مکـانی تعریف کننده روابط پیکسـلهای همسـایه مـی پردازنـد. در [۵] چهار فرمول برای تولید ویژگی‌های زمین آمار از تصاویر چند طیفی معرفـی شـده اسـت کـه دو فرمـول به‌صورت تقاطعی و بین باندی به تولید ویژگیهای جدید می‌پردازند و در مورد تصاویر تک باند قابل بـه‌کـارگیری نیستند. بنابراین از دو فرمول نخست که در جـدول (۳) ارائه شده، در این تحقیق استفاده شده است.

۲-۲- اندکس (شاخص) طیفی

شاخص یا اندکس به‌عنوان یکـی از روشـهای اسـتخراج عـوارض از تصـاویر مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد. کـارل جـردن در سـال ۱۹۶۹ [۶] بـا محاسـبه نسـبت درجات خاکستری دو باند مادون قرمز و قرمز، شاخصی را تولید کرد که به کمک آن سطح پوشش برگ جنگـل قابل تخمـین گردیـد. تعریـف انـدکس بـه کمـک ایـن واقعیت رخ داد که برگ درختـان بیشـترین انعکـاس را در باند مادون قرمز و بیشترین جـذب را در بانـد قرمـز دارد. بعد از این تحقیق، محققین بسیاری به تولید انواع شاخص‌ها با فرمـول‌هـای مختلـف پرداختنـد [۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳]. از شـــاخص‌هـــای طیفـــی در پروژه‌های روزمره سـنجش از دوری و تحقیقـات جـاری نیـز اسـتفاده مـی‌شـود. آشـناترین مثـال شـاخص‌هـا، شاخص گیاهی تفاضـلی[2] یـا شـاخص گیـاهی تفاضـلی نرمال شده[3] است. تولید شاخص‌ها، بـرای ایجـاد تمـایز بین پیکسل‌های یک کلاس و سایر پیکسل‌های تصـویر انجام می‌شود.

در اکثر شاخص‌هـای مـورد اسـتفاده، عـدد شـاخص از تفاضل یا نسبت درجات خاکستری دو باند که در مـورد یک عارضه بیشترین انعکاس و بیشـترین جـذب را دارا هسـتند، تولیـد مـی‌شـود و موفقیـت یـک انـدکس در اســـتفاده از بانـــدهای انعکاســـی اختصاصـــی و

1 Gral Level Co-Occurance Matrix

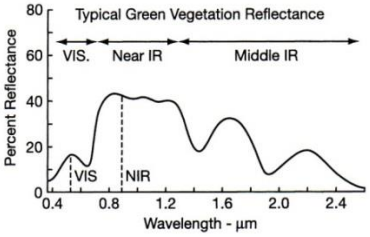
2 VI : Vegetation Index

3 NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

جذبی اختصاصی عارضه مورد نظر است. در شکل (۱) نمودار بازتاب طیفی گیاه نمایش داده شده است.
تفاضل بسیار بالای بین باندهای مادون قرمز و قرمز، در تولید شاخص گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۱: نمودار بازتاب طیفی پوشش گیاهی [۱۴]

۲-۳- شاخص مکانی

شاخص‌های مورد استفاده و معرفی شده، بر اساس باندهای طیفی و به‌منظور تولید معیاری جهت ایجاد تمایز یک کلاس از سایر کلاسهای تصویر بر اساس ویژگیهای طیفی آن تعریف شده است. در این تحقیق با الگوبرداری از این روش، شاخص‌های مکانی که با استفاده از ویژگیهای مکانی (حاصل از کمی‌سازی خصوصیات مکانی تصویر) تولید می‌شوند، معرفی شده‌اند. با این روش شاخص تولید شده در عوض تولید کردن اندکسی خاص برای تفکیک طیفی عارضه از سایر عوارض، شاخصی جهت تفکیک عوارض بر اساس خصوصیات مکانی آنها است. با توجه به اینکه تفاضل عدد دو ویژگی مکانی خصوصا در مورد ویژگی‌های مرتبه اول وابسته به درجه خاکستری پیکسلهای تصویر بوده و اثر روشنایی می‌تواند باعث افزایش یا کاهش کلی عدد و در نتیجه ایجاد تمایز در عوارض مشابه گردد، در روش معرفی شده در تولید شاخص‌های مکانی، از فرمول تفاضلی نرمال جهت تولید شاخص استفاده شد. با این شیوه پیاده‌سازی، شاخص‌های تولید شده شاخص مکانی نامگذاری شدند. برای تولید اندکس مکانی جهت هر کلاس، از باندهایی که دارای بیشینه مقدار و کیمینه مقدار در بردار میانگین تولید شده آن کلاس در بین کلیه ویژگی‌های موجود در فضای ویژگی بودند، استفاده می‌شود. بدین ترتیب شانس موفقیت شاخص تولید شده به جهت ایجاد بیشترین تمایز بین عارضه مورد نظر و سایر عوارض تصویر افزایش می‌یابد. معادله به‌کار گرفته شده، مطابق با معادله شاخص تفاضلی نرمال شده در نظر گرفته شد و به‌صورت رابطه (۱) است.

$$\text{شاخص مکانی تفاضلی نرمال کلاس} = \frac{\text{تفاضل عدد ویژگی دارای بیشینه مقدار و ویژگی دارای کمینه مقدار در بردار میانگین ویژگیهای مکانی کلاس}}{\text{مجموع عدد ویژگی دارای بیشینه مقدار و ویژگی دارای کمینه مقدار در بردار میانگین ویژگیهای مکانی کلاس}}$$

بدین‌ترتیب دو ویژگی مورد استفاده جهت تولید شاخص، ویژگیهای دارای بیشینه و کمینه مقدار در بردار میانگین ویژگی هر کلاس هستند. پس از آن از رابطه ایجاد شده برای کلیه پیکسل‌های تصویر استفاده شده و ویژگی جدیدی به نام شاخص مکانی کلاس مورد نظر تولید می‌گردد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]
[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

جدول ۱ : لیست انواع ویژگیهای آماری مرتبه اول تولید شده به همراه فرمول تولید هر یک [۳]

ردیف	فرمول محاسبه در کرنل	نام
۱	$m_1 = E\left[I^1\right] = \sum_{I=0}^{N_g-1} I \;\; P(I)$	میانگین
۲	$Mean_w = \frac{\sum_{i=1}^{N_r}\sum_{j=1}^{N_c}\frac{1}{d_{i,j}} I(i,j)}{\sum_{i=1}^{N_r}\sum_{j=1}^{N_c}\frac{1}{d_{i,j}}}$	میانگین وزندار با وزن عکس فاصله
۳	$m_2 = E\left[I^2\right] = \sum_{I=0}^{N_g-1} I^2 P(I)$	ممان مرتبه ۲
۴	$m_3 = E\left[I^3\right] = \sum_{I=0}^{N_g-1} I^3 P(I)$	ممان مرتبه ۳
۵	$m_4 = E\left[I^4\right] = \sum_{I=0}^{N_g-1} I^4 P(I)$	ممان مرتبه ۴
۶	$\mu_1 = E\left[(I - E[I])^1\right] = \sum_{I=0}^{N_g-1} (I - m_1) \;\; P(I)$	ممان مرکزی مرتبه ۱
۷	$\mu_2 = E\left[(I - E[I])^2\right] = \sum_{I=0}^{N_g-1} (I - m_1)^2 P(I)$	ممان مرکزی مرتبه ۲ (واریانس)
۸	$\mu_3 = E\left[(I - E[I])^3\right] = \sum_{I=0}^{N_g-1} (I - m_1)^3 P(I)$	عدم تقارن
۹	$\mu_4 = E\left[(I - E[I])^4\right] = \sum_{I=0}^{N_g-1} (I - m_1)^4 P(I)$	میزان اوج
۱۰	$\hat{\mu}_1 = E\left[Abs(I - E[I]) \right]$	ممان مطلق مرتبه ۱
۱۱	$\hat{\mu}_3 = E\left[Abs(I - E[I])^3\right]$	ممان مطلق مرتبه ۲
۱۲	$H = -E\left[\log_2 P(I)\right] = -\sum_{I=0}^{N_g-1} P(I)\log_2 P(I)$	انتروپی
۱۳	$Median$	میانه
۱۴	$Mode$	مد
$P(I) = \frac{number \;\; of \;\; pixels \;\; whith \;\; gray \;\; level \;\; I}{Total \;\; number \;\; of \;\; pixels}$		تعریف هیستوگرام

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

جدول ۲ : لیست انواع ویژگیهای آماری مرتبه دوم مبتنی بر ماتریس رخداد توام تولید شده به همراه فرمول تولید هر یک

ردیف	فرمول محاسبه در کرنل	نام
۱	$CON = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} (i-j)^2 P(i,j)$	کنتراست (*Contrast (Inertia)*)
۲	$Dis = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} \lvert i-j \rvert P(i,j)$	عدم شباهت (*Dissimilarity*)
۳	$ASM = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} \left(P(i,j)\right)^2$	*Angular Second Moment*
۴	$Entropy = -\sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} P(i,j) \ln\left(P(i,j)\right)$	انتروپی (*Entropy*)
۵	$IDF = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} \frac{P(i,j)}{1+(i-j)^2}$	ممان تفاضلی معکوس (*Homogeneity*)
۶	$\mu_i = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} i \times P(i,j) = \mu_j = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} j \times P(i,j)$	میانگین (*Mean*)
۷	$\sigma_i^2 = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} (i-\mu_i)^2 \times P(i,j) = \sigma_j^2 = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} (j-\mu_j)^2 \times P(i,j)$	واریانس (*Variance*)
۸	$Correlation = \sum_{i=0}^{N_{g-1}} \sum_{j=0}^{N_{g-1}} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)P(i,j)}{\sigma_i \sigma_j}$	همبستگی (*Correlation*)
	$P(i,j) = GLCM(i,j)$	تعریف P که همان ماتریس رخداد توام است.

جدول ۳ : لیست انواع ویژگیهای زمین آمار تولید شده به همراه فرمول تولید هر یک

ردیف	فرمول محاسبه در کرنل	نام
۱	$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{N_r - h_1} \sum_{j=1}^{N_c - h_2} [DN(i,j) - DN(i+h_1, j+h_2)]^2$	*Direct Variogram*
۲	$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{N_r - h_1} \sum_{j=1}^{N_c - h_2} \lvert DN(i,j) - DN(i+h_1, j+h_2) \rvert$	*Madogram*
	$S_h^2 = \frac{1}{2m_h} \sum_{i=1}^{m_h} [f(x_i) - f(x_i + h)]^2$	شبه واریانس

۳- داده و موضوع مورد استفاده و ویژگیهای تولید شده

در این بخش داده‌های استفاده شده جهت ارزیابی الگوریتم و ویژگیهای مکانی تولید شده از تصویر معرفی می‌شوند.

۳-۱- داده استفاده شده و موضوع طبقه‌بندی

برای بررسی توانایی روش معرفی شده، از داده پانکروماتیک (تک باند) استفاده شد. مسلما از آنجا که در این تصاویر امکان تفکیک طیفی بین کلاسها بسیار محدود است، اطلاعات مکانی نقش اصلی را در تفکیک بین پوشش‌های مختلف دارند و این روش

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]
[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

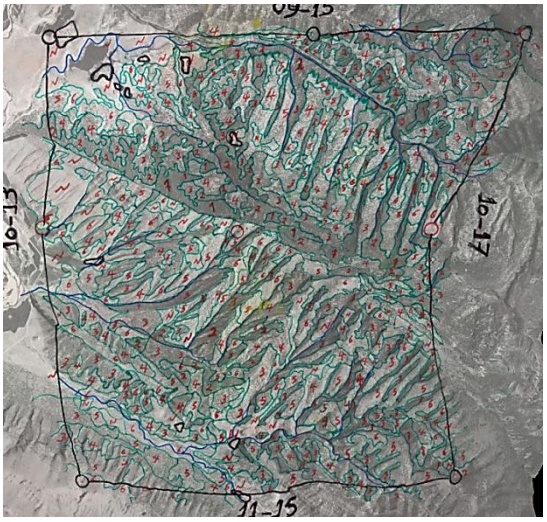
مـی‌توانـد بـه خـوبی مـورد آزمـون قـرار گیـرد. داده مـورد اسـتفاده، خروجـی تولیـد تصـویر قـائم از زوج تصویر هوایی اخذ شده در سال ۱۳۸۷ بـه مقیـاس ۱:۴۰۰۰۰ توسـط سـازمان نقشـه‌بـرداری کشـور از منطقـه گـاوبرگ اسـتان کهگیلویـه و بویراحمـد در منطقه جنگلی زاگرس است. تصـاویر ایـن پـرواز جهـت تفکیک کلاسهای تاج پوشش جنگلـی توسـط سـازمان جنگلهـا و مراتـع اسـتفاده شـده اسـت. بـرای انتخـاب محـدوده‌هـای آموزشـی و چـک از نتـایج طبقـه‌بنـدی چشـمی ایـن تصـویر کـه بـه‌صـورت نقشـه توسـط این سازمان تولید شده و در شکل (۲) ارائه شده اسـت، اسـتفاده گردیـد. نقشـه تولیـد شـده حاصـل از این طبقه‌بندی در شکل (۳) نمـایش داده شـده اسـت. بـا توجـه بـه دسـته‌بنـدی جهـانی کلاسـهای تراکم تاج پوشش جنگلی به ۶ کلاس، ۶ ناحیه نمونه از تصویر که در محدوده پوشش هر یک از ایـن کـلاس‌هـا بودنـد بریـده شـده و در کنـار هـم تصـویری را تشکیل دادند کـه بـه‌عنـوان تصـویر ورودی در آزمونهـا مورد استفاده قرار گرفـت. شـکل (۴) تصـویر موزاییـک شده از زیر تصویرهای این نـواحی را نمـایش مـی‌دهـد. از هـر یـک از شـش زیـر تصـویر، دو ناحیـه بـه‌عنـوان محدوده داده‌هـای آموزشـی و چـک انتخـاب شـد و در انجـام آزمـون هـا از آنهـا بـرای آمـوزش و ارزیـابی طبقـه‌بنـدی بهـره گرفتـه شـد. در جـدول (۴) تعـداد پیکسل‌های معرفی شده به‌عنوان داده آموزشی و چـک برای هر یک از کلاسها ارائه شده است.

جهـت تفکیـک تـراکم تـاج پوشـش جنگلـی تحقیقات مختلفی انجام شده و در دسـت انجـام اسـت، با توجه بـه اینکـه موضـوع اصـلی ایـن مقالـه، معرفـی روش تدوین شده جهت به کارگیری اطلاعات مکانی در طبقه‌بندی تصاویر پانکروماتیـک اسـت، جهـت بررسـی توانمندی این روش موضـوع طبقـه‌بنـدی تـاج پوشـش جنگلـی کـه موضـوع نسـبتا پیچیـده ای از منظـر تفکیک مکانی است انتخـاب شـده اسـت. بنـابراین بـه مروری بسیار کوتاه بر روی روشهای موجود طبقه‌بنـدی تراکم تاج پوشش جنگلی که از داده‌هـای چنـد طیفـی استفاده می‌کنند، بسنده می‌شود.

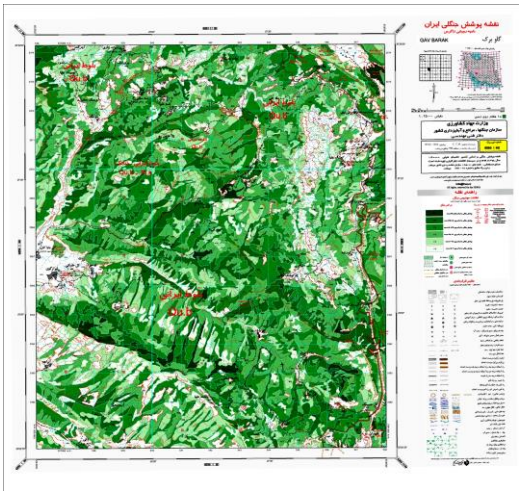
روش شبکه‌های عصبی مصنوعی توسط محققینی چون بویـد و دیگـران [۱۴]، اسـکیدمور و همکـاران [۱۵] و اتکیسـون تانتـال [۱۶] اسـتفاده شـده اسـت. روش رگرسیون چند خطی توسط لوسکیو و کینـگ [۱۷] و ایورسـون و همکـاران [۱۸] ارائـه شـده اسـت. روش تصویرگر تراکم تاج پوشش جنگلی به‌عنـوان یـک روش موفق توسط ریکیمارو [۱۹] ارائه شـده و در آن از شاخص‌های گیاهی پیشـرفته، خـاک، سـایه و حرارتـی استفاده می‌شود، از این روش در تحقیقـات بعـدی نیـز ماننـد [۲۰] اسـتفاده شـده اسـت. همچنـین روشـهای عمومی استخراج اطلاعات از تصاویر سنجش از دور کـه توسـط محققـین بـه‌کـار گرفتـه شـده اسـت هماننـد : روش طبقـه‌بنـدی نظـارت شـده بیشـترین شـباهت چودمانی جوشی [۲۱]، روش طبقه‌بندی شی‌گرا دورن و همکاران [۲۲]، روش طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری سوزا [۲۳] و روش طبقه‌بندی اسـپکترال آنمیکسـینگ توسـط کـراس [۲۴]. در تحقیقـات اخیـر داده‌هـای لیزراسکنر هوایی در تلفیـق بـا داده‌هـای چنـد طیفـی به‌کار گرفته شده‌اند [۲۵] و [۲۶]، همچنین در [۲۷] از تصاویر هوایی چند طیفی کـه از ارتفـاع کـم بـا تصـویر برداری به کمک پرواز پهباد دریافت شده جهـت تولیـد مدل ارتفـاعی رقـومی و بازسـازی ابرنقطـه سـه بعـدی پوشش گیاهی استفاده شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]



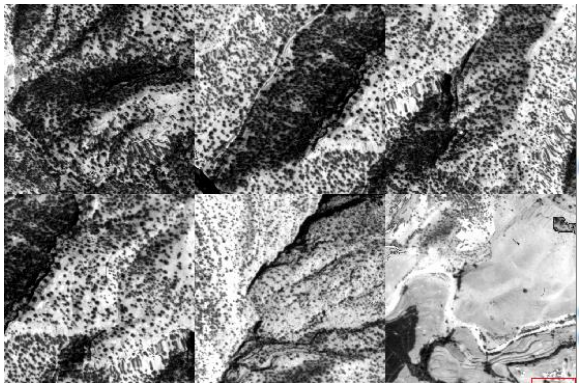
شکل ۲: تصویر هوایی که در آن دسته بندی کلاسهای تاج پوشش انجام شده



شکل ۳: نقشه تولید شده حاصل از دسته‌بندی تراکم تاج پوشش توسط مفسر

۳-۲- ویژگیهای تولید شده

با استفاده از فرمولهای معرفی شده ویژگیهای آماری مرتبه اول، ۱۴ ویژگی قابل تولید است که در جدول (۱) لیست آنها ارائه شده است. با توجه به اینکه ابعاد کرنل به‌عنوان یکی از خصوصیات قابل تنظیم در تولید این ویژگی محسوب می‌شود، و با توجه به اینکه با تغییر ابعاد کرنل امکان کمی‌کردن جنبه‌های مختلف مکانی تصویر وجود دارد، در تولید ویژگیها از ابعاد فرد ۳×۳ تا ۵۵×۵۵ به‌عنوان اندازه کرنل استفاده شد.



شکل ۴: زیر تصویرهای موزاییک شده، به ترتیب ردیف بالا از چپ به راست کلاسهای **F1** تا **F3** و ردیف پایین از چپ به راست **F4** تا **F6** تشکیل شده است.

جدول ۴: کلاسهای انتخاب شده در تصویر به همراه تعداد داده‌های آموزشی و چک هر یک

ردیف	نام کلاس	تعداد پیکسل چک	تعداد پسکسل داده آموزشی
۱	*F1*	۱۴۹۴	۱۲۴۷
۲	*F2*	۱۷۰۸	۱۶۷۸
۳	*F3*	۱۹۳۲	۱۷۰۵
۴	*F4*	۲۱۸۵	۱۸۹۹
۵	*F5*	۱۴۵۷	۱۴۶۱
۶	*F6*	۲۱۰۹	۱۶۳۱

در تولید ویژگیهای مبتنی بر ماتریس رخداد توام و زمین آمار از روابط معرفی شده در جدول‌های (۲ و ۳) استفاده شد، همچنین با توجه به اینکه در تولید این ویژگیها، امکان انتخاب فاصله زوج پیکسل وجود دارد، به جهت در نظر گرفتن جهت‌های اصلی، از چهار بردار فاصله (۱و۱)، (۰و۱)، (۱و۰) و (۱و۱-) استفاده شد. در جدول تعداد ویژگی قابل تولید با استفاده از هر یک از روشها محاسبه شده است. در جدول (۵) تعداد ویژگیهای تولید شده در هر یک از روشهای محاسبه شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

جدول ۵ : تعداد کل ویژگیهای قابل تولید در هر یک از روشهای سه گانه به کارگرفته شده با استفاده از پارامترهای انتخاب شده

تعداد کل ویژگیهای قابل تولید		تعداد رزولوشن‌های رادیومتریک		تعداد جهت	تعداد کرنل		تعداد فرمول		تعداد باند	روش تولید ویژگی
۳۷۸	=	۱		۱	۲۷	×	۱۴	×	۱	آماری مرتبه ۱
۵۴۰۰	=	۵		۴	۲۷	×	۱۰	×	۱	آماری مرتبه ۲
۲۱۶	=	۱		۴	۲۷	×	۲	×	۱	زمین آمار

سپس با در نظر گرفتن حالت‌های مختلف پارامترهای ابعاد کرنل و فاصله، ویژگیهای جدید از تصویر در کلیه حالت‌ها تولید شدند.

۴- الگوریتم پیاده‌سازی شده و نتایج

در این بخش به روشه اجرایی به کارگرفته شده پرداخته می‌شود و در ادامه نتایج به دست آمده از اجرای الگوریتم ارائه می‌شود.

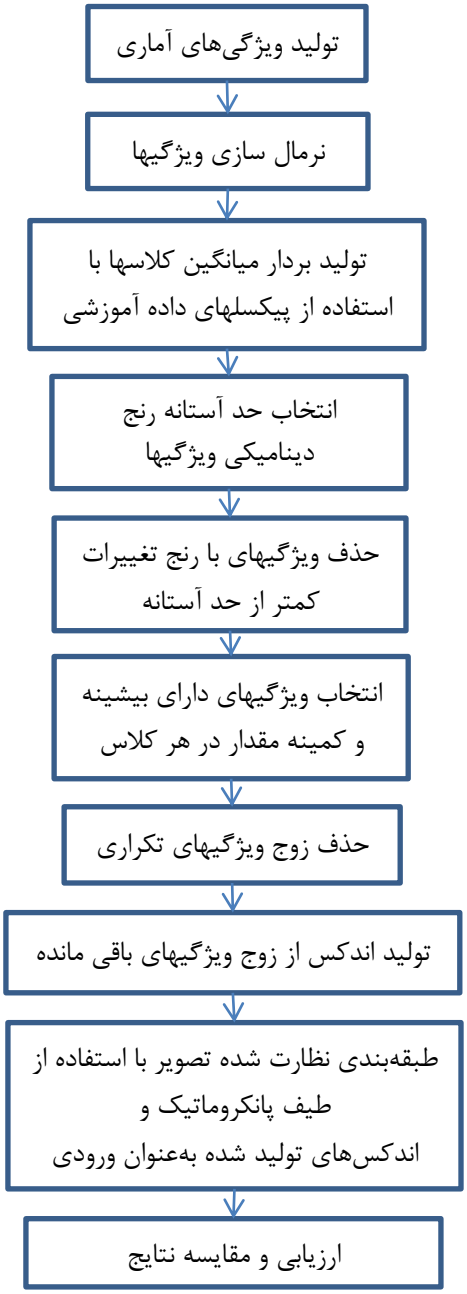
۴-۱- روش اجرایی

در شکل (۵) الگوریتم اجرایی ارائه شده است و در ادامه به توضیح مراحل آن پرداخته می‌شود. ابتدا ویژگیهای آماری مرتبه اول، مرتبه دوم مبتنی بر ماتریس رخداد توام و زمین آمار به ترتیبی که در بخش قبل توضیح داده شد، تولید شدند. با توجه به اختلاف زیاد رنج دینامیکی ویژگیهای تولید شده، به‌منظور همسان‌سازی رنج، هر یک از ویژگیها در بازه [۲۵۵-۰] نرمال شدند. سپس بردار میانگین هر یک از کلاسهای آموزشی در فضای ویژگی ایجاد شده از ویژگیهای نرمال شده، تولید گردید. با توجه به شباهت درجات خاکستری برخی ویژگیها در کلاسهای مختلف و همچنین شباهت بیشینه و کمینه مقدار کلاسهای متفاوت، اندکس‌های تولیدی مشابه یکدیگر خواهند شد و توانایی خوبی در تفکیک پدیده‌ها نخواهد داشت. استفاده از ویژگیهای مشابه در طبقه‌بندی نیزتوان اطلاعاتی جدیدی به‌مجموعه ویژگیها اضافه نمی‌کند و حتی به دلیل ایجاد افزونگی داده باعث تخریب دقت می‌شود. به‌منظور حذف ویژگیهای مشابه به روشی ساده و با محاسبه رنج تغییرات میانگین هر ویژگی در بین کلاسها، ویژگی‌های دارای رنج تغییرات کمتر از یک حد آستانه در بین کلاسها حذف می‌شوند. بدین منظور ابتدا برای هر یک از ویژگیها عدد میانگین برای پیکسلهای هر کلاس محاسبه شده و در نهایت بردار ویژگی میانگین هر کلاس تولید شد. برای مقایسه تاثیر انتخاب حد آستانه، عدد حد آستانه به جهت حفظ سه چهارم برابر با ۱۹۲، نصف برابر ۱۲۸، یک چهارم مساوی ۶۴ و تمامی رنج دینامیکی معادل ۱درنظر گرفته شد. بدین ترتیب با انتخاب هر یک از حد آستانه‌های بزرگتر از ۱، ویژگیهایی که تغییرات آنها در اعداد میانگین پیکسلهای عضو هر کلاس کمتر از حد آستانه بود، از مجموعه ویژگیها حذف گردید. نتیجه انتخاب حد آستانه ۱، حفظ کلیه ویژگیهای موجود می‌باشد. در جدول (۶) تعداد ویژگیهای تولید شده درهر روش و تعداد ویژگی باقی مانده با انتخاب حد آستانه‌های مختلف ارائه شده است.

پس از حذف ویژگیهای دارای رنج تغییرات کمتر از حدآستانه، برای هر کلاس، ویژگیهای دارای کمینه و بیشینه مقدار عددی انتخاب شدند، فهرست زوج ویژگیهای انتخاب شده برای هر کلاس در هر یک از دسته ویژگیهای تولید شده در جدول (۷) ارائه شده است. بدین ترتیب با توجه به تعریف ۶ کلاس، ۶ زوج ویژگی انتخاب شده و با تقسیم تفاضل اعداد آنها بر مجموع اعداد آنها برای کلیه پیکسل‌های تصویر، ویژگی جدیدی به نام اندکس نرمال کلاس شماره i ام تولید شد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]



شکل ۵: الگوریتم پیاده‌سازی شده

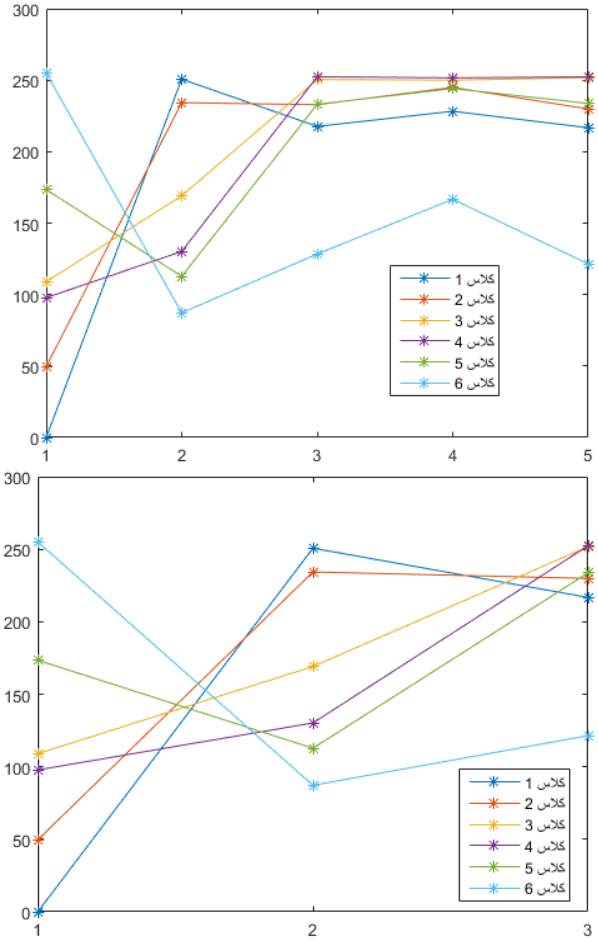
در همین مرحله هر یک از اندکس‌های تولید شده به همراه باندهای طیفی تصویر وارد روند طبقه‌بندی شده و دقت نتایج حاصل محاسبه شد. همچنین طبقه‌بندی با استفاده از کلیه اندکس‌های تولید شده از مجموعه ویژگیهای هر روش به تنهایی و در کنار باند پانکروماتیک انجام شد.

در مرحله بعدی، با توجه به اینکه باندهای دارای کمینه و بیشنیه مقدار برای برخی از کلاسهای داده‌های آموزشی همسان بوده و نمی‌بایست به‌صورت همزمان در طبقه‌بندی از آنها استفاده شود، اندکس‌های مکانی همسان از مجموعه اندکس‌های مکانی تولید شده حذف شدند و مجموعه اندکس‌های مکانی باقی مانده

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]
[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

در کنـار بانـدهای طیفـی تصـویر مـورد طبقـه‌بنـدی قرار گرفتند. در جدول (۸) اندکس‌های مکـانی یکتـای باقی مانده در هر یک از حالتها ارائه شده‌اند. همان‌طـور که در جدول قابل مشاهده است، در برخی از حالت‌هـا، تعدادی از اندکس‌های مکانی تولید شده دارای باندهای کمینـه و بیشـینه یکسـان بودنـد کـه یکـی از آنهـا از مجموعه اندکس‌های مکانی تولیدی در حالت مجموعـه یکتا، حذف شده‌اند.

در مرحلـه بعـدی بـا توجـه بـه اینکـه امکـان تولیـد اندکسـهایی کـه توانـایی تمـایز کمتـری در برخـی کلاسهای تصویر ایجاد می‌کنند وجود دارد، بار دیگـر از روش سـاده بـه کارگرفتـه شـده در گـام نخسـت استفاده شد. بدین ترتیب که بـرای کلیـه پیکسـل‌هـای داده‌های آموزشی، مقدار عددی اندکس محاسبه شده و پس از آن میانگین عددی هر یک از اندکس‌های مکانی تولیدی برای هر کلاس محاسـبه شـد. در ایـن مرحلـه انـدکس‌هـایی کـه رنـج تغییراتـی کمتـر از ۱۲۸ در بین کلاس‌های مختلف داشتند، حذف شدند و به‌همـراه تنها باند طیفی موجـود وارد رونـد طبقـه‌بنـدی شـدند. در شکل (۶) به‌عنوان نمونـه، نمودارهـای انـدکس‌هـای مکـانی تولیـد شـده و انـدکس‌هـای مکـانی یکتـای بـاقی مانـده حاصـل از بـه‌کـارگیری ویژگیهـای روش ماتریس رخـداد تـوام بـا حدآسـتانه حـذف اولیـه ۶۴ و حد آستانه حذف انـدکس ۱۲۸ نمـایش داده شـده‌انـد. مجموعه اندکس‌های باقی مانده کـه شـامل ۳ انـدکس بودنـد، منجـر بـه بهتـرین دقـت میـانگین و کلـی در بین حالت‌های مختلف مورد آزمون شدند.



شکل ۶ : الف)نمودار میانگین ۵ اندکس یکتای تولید شده برای هر مجموعه داده آموزشی و ب) نمودار میانگین ۳ اندکس دارای رنج تغییرات بیشتر از حد آستانه ۱۲۸ واحدی در بین کلاسهای ششگانه داده آموزشی

جدول ۶ : تعدادکل ویژگیهای تولید شده و باقی مانده بعد از حذف اولیه در هر یک از روشها با انتخاب حدآستانه‌های مختلف

روش تولید ویژگی	تعداد کل ویژگی	تعداد ویژگی باقی مانده با انتخاب رنج حذف ویژگی‌های مشابه			
		۱۹۲	۱۲۸	۶۴	۱
آماری مرتبه نخست	۳۷۸	۱۸۶	۲۹۷	۳۳۲	۳۷۸
ماتریس رخداد توام	۵۴۰۰	۱۵۷۲	۳۴۵۵	۴۳۶۱	۵۴۰۰
زمین آمار	۲۱۶	۸۵	۱۶۹	۲۰۴	۲۱۶

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]
[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

جدول ۷ : ویژگیهای استفاده شده در تولید اندکس هر کلاس

حد آستانه	کلاس	آماری مرتبه نخست				ماتریس رخداد توام				زمین آمار			
		ویژگی نخست اندکس		ویژگی دوم اندکس		ویژگی نخست اندکس		ویژگی دوم اندکس		ویژگی نخست اندکس		ویژگی دوم اندکس	
		فرمول	اندازه کرنل	فرمول	اندازه کرنل	فرمول	اندازه کرنل	فرمول	اندازه کرنل	فرمول	اندازه کرنل	فرمول	اندازه کرنل
۱	۱	Kurtosis	5	Skewness	55	Correlation(1,1)	23	Entropy(1,1)	3	Variogram(1,-1)	3	Madogram(1,1)	55
	۲	Kurtosis	3	Entropy	3	Correlation(1,1)	17	Entropy(1,-1)	3	Variogram(0,1)	3	Madogram(1,1)	55
	۳	Kurtosis	3	Entropy	3	Correlation(0,1)	13	Entropy(1,1)	3	Variogram(0,1)	3	Madogram(1,1)	55
	۴	Kurtosis	3	Entropy	45	Correlation(0,1)	17	Entropy(1,1)	3	Variogram(1,1)	3	Madogram(0,1)	53
	۵	Kurtosis	3	Mode	55	Correlation(1,1)	19	Entropy(1,-1)	3	Variogram(1,-1)	3	Madogram(1,1)	55
	۶	Kurtosis	5	Mean	55	Correlation(1,1)	23	Meanj(0,1)	55	Variogram(1,-1)	47	Madogram(1,0)	7
۶۴	۱	Kurtosis	9	Skewness	55	Meanj(1,0)	51	Entropy(1,0)	5	Variogram(1,-1)	7	Madogram(1,1)	55
	۲	Kurtosis	9	Entropy	3	ASM(1,-1)	11	Entropy(1,0)	5	Variogram(0,1)	9	Madogram(1,1)	55
	۳	Kurtosis	9	Entropy	3	ASM(1,1)	55	Entropy(1,0)	5	Variogram(0,1)	7	Madogram(1,1)	55
	۴	Kurtosis	9	Entropy	45	ASM(1,1)	39	Entropy(1,0)	5	Variogram(1,1)	7	Madogram(0,1)	53
	۵	Kurtosis	9	Mode	55	ASM(1,-1)	11	Entropy(1,0)	5	Variogram(1,-1)	7	Madogram(1,1)	55
	۶	Kurtosis	9	Mean	55	Contrast(1,-1)	55	Meanj(0,1)	55	Variogram(1,-1)	47	Madogram(1,0)	7
۱۲۸	۱	Moment4	43	Entropy	7	Meanj(1,0)	51	Homogeneity(1,-1)	27	Variogram(1,-1)	13	Madogram(1,1)	55
	۲	Kurtosis	27	Entropy	7	ASM(1,1)	27	Entropy(1,-1)	13	Variogram(0,1)	17	Madogram(1,1)	55
	۳	Kurtosis	21	Entropy	55	ASM(1,1)	55	Entropy(1,1)	15	Variogram(1,-1)	13	Madogram(1,1)	55
	۴	Moment4	3	Entropy	45	ASM(1,1)	39	Entropy(1,-1)	13	Variogram(1,1)	21	Madogram(0,1)	53
	۵	Kurtosis	19	Mode	55	ASM(1,-1)	25	Meanj(1,-1)	55	Variogram(1,-1)	13	Madogram(1,1)	55
	۶	Kurtosis	19	Mean	55	Contrast(1,-1)	55	Meanj(0,1)	55	Variogram(1,-1)	47	Madogram(1,0)	13
۱۹۲	۱	Moment4	43	AMoment1	55	Meanj(1,0)	51	Entropy(1,1)	47	Variogram(1,-1)	39	Madogram(1,1)	55
	۲	Moment4	53	AMoment1	55	Variancej(1,1)	49	Entropy(1,-1)	33	Variogram(0,1)	35	Madogram(1,1)	55
	۳	Kurtosis	43	AMoment1	55	Homogeneity(1,-1)	55	Entropy(1,-1)	33	Variogram(0,1)	35	Madogram(1,1)	55
	۴	Moment4	23	Mode	55	Homogeneity(0,1)	53	Entropy(0,1)	53	Variogram(1,1)	35	Madogram(0,1)	53
	۵	Kurtosis	43	Mode	55	Contrast(1,-1)	37	Meanj(1,-1)	55	Variogram(1,-1)	39	Madogram(1,1)	55
	۶	Kurtosis	43	Mean	55	Contrast(1,-1)	55	Meanj(0,1)	55	Variogram(1,-1)	47	Madogram(1,1)	41

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1] [Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

جدول ۸: اندکس‌های باقی مانده پس از حذف اندکس‌های شبیه

حد آستانه	ردیف	اندکس‌های یکتای باقی مانده		
		آماری مرتبه نخست	ماتریس رخداد توام	زمین آمار
۱	۱	۱	۱	۱
	۲	۲	۲	۲
	۳	۴	۳	۴
	۴	۵	۴	۶
	۵	۶	۵	-
	۶	-	۶	-
۶۴	۱	۱	۱	۱
	۲	۲	۲	۲
	۳	۴	۳	۳
	۴	۵	۴	۴
	۵	۶	۶	۶
	۶	-	-	-
۱۲۸	۱	۱	۱	۱
	۲	۲	۲	۲
	۳	۳	۳	۴
	۴	۴	۴	۶
	۵	۵	۵	-
	۶	۶	۶	-
۱۹۲	۱	۱	۱	۱
	۲	۲	۲	۲
	۳	۳	۳	۴
	۴	۴	۴	۶
	۵	۵	۵	-
	۶	۶	۶	-

۴-۲- بررسی نتایج

با توجه به اینکه هدف از تولید ویژگیهای جدید که براساس روش تولید ویژگی مکانی ایجاد شده‌اند، افزایش دقت طبقه‌بندی تصویر است، طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از این ویژگی‌ها انجام شد. آزمون‌ها در چند حالت اجرا شد و دقت‌های حاصل از طبقه‌بندی جهت مقایسه محاسبه شد. در مرحله نخست طبقه‌بندی تصویر با استفاده از هر یک از شاخص‌های مکانی تولید شده در کنار باند طیفی انجام شد. در حالت بعدی مجموعه شاخص‌های مکانی تولید شده، مجموعه شاخص‌های یکتای تولیدی به همراه باند طیفی و پس از آن مجموعه شاخص‌های یکتا تولیدی بدون باند طیفی طبقه‌بندی شدند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]
[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

در جدول (۵) دقت‌های تولید کننده[1] کلاسهای ۶ گانه، دقت کلی[2]، دقت میانگین[3] و ضریب کاپای[4] به‌دست آمده از هر یک از حالت‌های طبقه‌بندی برای هر یک از سه روش تولید ویژگی ارائه شده است. با توجه به اینکه در روشهای آماری مرتبه نخست و زمین آمار بیشترین تعداد نتایج برتر دقت میانگین از حالت تولید اندکس با انتخاب حد آستانه اولیه ۱۹۲ به‌دست آمده و در روش ماتریس رخداد توام اکثریت نتایج برتر حاصل از اندکس‌های تولید شده با انتخاب حد آستانه اولیه برابر ۶۴ بود، در جدول (۹) نتایج ارائه شده حاصل از انتخاب حد آستانه های ذکر شده به‌صورت منتاظر برای این سه روش ارائه شده است. با توجه به اینکه تنها حالت قابل به‌کارگیری در مورد تصویر تک باند، استفاده از حدآستانه گذاری است، نتایج به دست آمده از این روش نیز جهت مقایسه ارائه شده است.

با توجه به اینکه در مرحله نخست الگوریتم، با استفاده از حد آستانه رنج تغییرات تعدادی از ویژگیها حذف شد و پس از آن ویژگیهای بیشینه و کمینه هر کلاس، برای تولید اندکس مربوط به آن انتخاب شدند، این سوال مطرح می‌شود که آیا استفاده از ویژگیهای انتخاب شده برای تولید ویژگی به‌عنوان ورودی طبقه‌بندی منجر به به‌دست آمدن نتایج دقیق‌تری از از اندکس‌ها تولید شده نمی‌شود؟ یا به عبارت دیگر، آیا تولید کردن اندکس‌ها، کمکی به افزایش توان تفکیک کلاسهای تعریف شده می‌نماید یا خیر؟

برای مقایسه، آزمون‌هایی به‌صورت طبقه‌بندی تصویر با استفاده از این ویژگیها انجام شد. نتایج این آزمون جهت مقایسه در جدول (۱۰) ارائه شده است.

همچنین از تبدیل تحلیل مولفه های اصلی (*PCA*) به‌عنوان روشی جهت به دست آوردن ویژگیهای چکیده از فضای ویژگی با ابعاد بالا [۲۸] استفاده شد، در این مقایسه، پس از تبدیل فضای ویژگی‌های مکانی تولید شده در هر روش به فضای مولفه‌های اصلی، مولفه‌های اول تا ششم و مولفه های اول تا دوازدهم در آزمون‌های جداگانه به همراه باند طیفی تصویر وارد طبقه‌بندی شدند. انتخاب اعداد ۶ و ۱۲ به‌دلیل ایجاد تناظر بین تعداد کمینه و بیشینه ویژگیهای انتخاب شده در تولید اندکس ها انجام شد. نتایج این طبقه‌بندی‌ها نیز در جدول (۱۰) ارائه شده است. برای استفاده از این روش می‌بایست کلیه ویژگیهای مکانی برای تمامی پیکسل‌های تصویر تولید شود که با توجه به تعداد بالای ویژگیهای مکانی و مدت زمان بالای محاسبه برای تعدادی از آنها، هزینه زمانی و پردازشی بالایی را در پی خواهد داشت.

مقایسه نتایج به‌دست آمده از طبقه‌بندی اندکس‌های یکتای تولید شده به تنهایی و در کنار باند طیفی و همچنین اندکس‌های یکتا پس از حذف اندکس‌های دارای رنج کم تغییرات در کلاسهای مختلف در کنار باند طیفی، با طبقه‌بندی به کمک باندهای بیشینه و کمینه هر کلاس و همچنین شش باند و دوازده باند نخست فضای مولفه‌های اصلی، نشان دهنده توانمندی بالاتر روش پیشنهادی در افزایش دقت طبقه‌بندی است. این نتایج که بر اساس دقت کلی طبقه‌بندی مرتب شده‌اند در جدول (۱۰) ارائه شده‌اند.

نتایج به‌دست آمده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی، با تفاوتی در رنج ۲ تا ۹ درصدی ضعیف تر از نتایج به‌دست آمده از روش ارائه شده هستند. این کاهش دقت در کنار مدت زمان بسیار بالاتر مورد نیاز جهت اعمال این روش، استفاده از روش پیشنهادی را، از دیدگاهی دیگر نیز تایید می‌کند.

1 Producer Accuracy
2 Overall Accuracy
3 Mean Accuracy
4 Kappa Coefficient

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]
[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

جدول ۹ : دقت‌های حاصل از طبقه‌بندی هر یک از اندکس‌های مکانی تولید شده در کنار باندهای طیفی، اندکس‌های یکتا در کنار باندهای طیفی و باندهای طیفی به تنهایی به‌عنوان مبنای مقایسه

ورودی طبقه‌بندی			دقت تولید کننده کلاس‌ها						دقت کلی	دقت میانگین	ضریب کاپا
			۱	۲	۳	۴	۵	۶			
باند طیفی			48.8	54.74	54.5	0	31.43	99.75	46.14	48.2	0.3567
ویژگیهای آماری مرتبه نخست(۱۹۲)	باند طیفی + اندکس تولید شده برای کلاس	۱	47.93	95.14	98.34	98.81	98.49	100	90.96	89.78	0.8908
		۲	69.95	99.71	100	94.6	98.08	100	94.23	93.72	0.9305
		۳	47.12	42.51	75.62	53.78	76.05	99.69	65.34	65.79	0.5835
		۴	32.4	74.94	60.92	53.18	45.98	100	61.54	61.24	0.5375
		۵	18.01	40.75	65.79	48.74	72.48	100	57.54	57.63	0.4869
		۶	35.07	54.16	65.63	14.42	78.86	100	55.85	58.02	0.4688
	اندکس‌های یکتا		60.04	98.13	97.05	58.03	100	99.94	84.59	85.53	0.8153
	اندکس‌های یکتا + باند طیفی		62.92	98.3	97.2	57.21	100	99.94	84.89	85.93	0.8188
ویژگیهای مبتنی بر ماتریس رخداد توام(۶۴)	باند طیفی + اندکس تولید شده برای کلاس	۱	87.08	93.44	97.98	85.72	76.25	90.5	88.88	88.5	0.866
		۲	17.8	72.07	50.21	37.85	40.7	100	53.02	53.11	0.4322
		۳	77.18	79.45	64.49	33.91	70.01	100	68.68	70.84	0.6239
		۴	27.84	72.25	51.55	15.01	53.53	100	51.74	53.37	0.4185
		۵	17.8	72.07	50.21	37.85	40.7	100	53.02	53.11	0.4322
		۶	84.07	84.54	6.99	24.67	100	100	62.09	66.71	0.5424
	اندکس‌های یکتا		70.68	93.09	98.4	97.16	100	100	93.76	93.22	0.9247
	اندکس‌های یکتا + باند طیفی		70.95	93.79	98.55	97.3	100	100	93.98	93.43	0.9273
ویژگیهای زمین آمار(۱۹۲)	باند طیفی + اندکس تولید شده برای کلاس	۱	43.91	56.79	93.84	92.08	78.31	41.08	69.78	67.67	0.6349
		۲	35.14	78.16	70.7	40.46	77.28	28.69	54.81	55.07	0.4601
		۳	35.14	78.16	70.7	40.46	77.28	28.69	54.81	55.07	0.4601
		۴	50	58.84	35.87	18.49	69.18	100	52.73	55.4	0.4333
		۵	43.91	56.79	93.84	92.08	78.31	41.08	69.78	67.67	0.6349
		۶	75.7	29.63	88.66	86.36	86.14	90.62	76.58	76.18	0.7171
	اندکس‌های یکتا		74.03	87.47	99.59	80.55	23.54	98.41	79.1	77.26	0.7469
	اندکس‌های یکتا + باند طیفی		73.49	90.63	89.91	61.05	83.46	100	82.29	83.09	0.7868

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

جدول ۱۰ : مقایسه دقت‌های حاصل از استفاده از ویژگیهای ابتدایی(۶ ویژگی نخست و ۱۲ ویژگی نخست) تحلیل مولفه‌های اصلی، ویژگیهای حداکثر و حداقل انتخاب شده جهت تولید اندکس و اندکس‌های تولید شده، در هر گروه نتایج براساس دقت کلی طبقه‌بندی مرتب شده‌اند

ورودی طبقه‌بندی		دقت تولید کننده کلاس‌ها						دقت کلی	دقت میانگین	ضریب کاپا
		۱	۲	۳	۴	۵	۶			
آماری مرتبه نسخت	Pan+NDIU	66.1	86.42	96.8	73.87	99.5	99.94	86.7	87.1	0.84
	NDIU	65.3	86.71	96.2	74.65	98.4	99.94	86.6	86.87	0.84
	Pan+DIUTR	62	85.83	92.9	72.31	97.9	100	84.8	85.14	0.82
	Pan+PC(1-6)	64.4	91.92	95.8	56.29	100	100	83.6	84.73	0.8
	Pan+MaxMins	96.1	93.97	100	23.89	100	100	82.5	85.65	0.79
	MaxMins	97.3	94.03	100	22.2	100	100	82.3	85.58	0.79
	Pan+PC(1-12)	42.9	96.08	100	33.64	100	100	77.2	78.77	0.73
ماتریس رخداد توام	NDIU	37.2	95.61	96.4	98.81	100	100	89.3	88	0.87
	Pan+NDIU	42.4	96.31	95	93.41	100	100	88.8	87.86	0.86
	Pan+DIUTR	42.4	96.31	95	93.41	100	100	88.8	87.86	0.86
	Pan+PC(1-6)	49.7	98.13	99.4	76.8	99.6	100	87.4	87.28	0.85
	Pan+PC(1-12)	42.1	94.5	95.7	83.89	99.5	100	86.5	85.94	0.84
	MaxMins	11.1	97.37	100	94.92	100	100	85.7	83.9	0.83
	Pan+MaxMins	9.1	97.07	100	95.65	100	100	85.6	83.64	0.83
زمین آمار	Pan+NDIU	64.6	80.33	62	80	86.3	100	78.5	78.87	0.74
	Pan+PC(1-6)	39.6	68.15	85.9	64.16	76.7	100	72.7	72.41	0.67
	Pan+MaxMins	33.7	82.9	60	73.59	83.4	100	72.4	72.27	0.67
	NDIU_All	62	71.49	73.2	86.27	26	96.26	71.1	69.21	0.65
	Pan+DIUTR	64.5	64.52	56.4	58.63	76.9	98.96	68.9	69.99	0.63
	Pan+PC(1-12)	7.03	97.95	85.2	34.92	82	100	67.4	67.85	0.61
	MaxMins	28.1	67.45	64.2	73.87	54.6	100	65.8	64.7	0.59

در جدول (۱۱)، بهترین نتایج به‌دست آمده در مورد دقت‌های کلی، میانگین و بهترین دقت‌های تولید کننده هر یک از کلاسها ارائه شده است. همان‌طور که در جدول قابل مشاهده است بهترین دقت‌های کلی و میانگین حاصل از ترکیب‌های همسانی است و شاخص‌های مکانی حاصل از ویژگیهای آماری مرتبه دوم مبتنی بر ماتریس رخداد توام، در این مجموعه حضور پیروزمندانه‌ای دارند. بنابراین با توجه به تنوع ویژگیهای تولید شده و در نظر گرفتن روابط مکانی مبتنی بر جهت، نتایج به‌دست آمده دور از ذهن نیست. ترکیب باند طیفی در کنار شاخص‌های مکانی باقی مانده از حذف شاخص‌های دارای رنج تغییرات کم، بهترین نتیجه را تولید کرده است. ترکیب مشابه در نتایج برتر دیگر هم حضور دارد و با این مقایسه می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از این ترکیب می‌تواند تا حد بالایی اطمینان از دستیابی به بهترین نتیجه را تامین کند. شاخص‌های مکانی تولید شده از ویژگیهای زمین آمار در بین ترکیبات برتر حضور ندارند و با این مقایسه می‌توان نتیجه گرفت که دو روش دیگر یعنی آماری مرتبه نخست و آماری مبتنی بر ماتریس رخداد توام، توانمندی بهتری در تفکیک کلاسها ایجاد می‌نمایند و در انتخاب روش‌های

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]
[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

تولیـد ویژگـی مکـانی جهـت بـه‌کـارگیری در تولیـد ویژگیهـای مکـانی، مـی‌تـوان از تولیـد ایـن ویژگیهـا صرفنظر کرد.

بـا توجـه بـه اینکـه اسـتفاده از ترکیـب‌هـای مختلـف، منجر به دسـتیابی بـه نتـایج متفـاوتی در هـر یـک از شاخص های ارزیابی شده است، کاربران در به‌کـارگیری روش، بر اساس هدف نهایی از انجام طبقه‌بندی بایستی دست به انتخاب ترکیب مناسب زده و با انجام آزمون بر روی تعـداد محـدودی از پیکسـلهای تصـویر، ترکیـب مناسب و پارامترهای مناسب تفکیک را به‌دست آورند.

جدول ۱۱ : بهترین دقت‌های میانگین، کلی و تولید کننده به‌دست آمده از طبقه‌بندی اندکس های تولید شده، بهترین ۵ دقت کلی و میانگین به دست آمده که حاصل از ویژگیهای یکسانی است و بهترین ۳ نتیجه به دست آمده برای هر کلاس

روش	حد آستانه اولیه	ویژگیهای ورودی طبقه‌بندی	دقت تولید کننده کلاس‌ها						دقت کلی	دقت میانگین	ضریب کاپا
			۱	۲	۳	۴	۵	۶			
GLCM	64	Pan+DIUTR	91.37	93.21	98.5	100	100	100	97.37	97.18	0.9682
First	192	Pan+NDI_C2	69.95	99.71	100	94.6	98.08	100	94.23	93.72	0.9305
GLCM	64	Pan+NDIU	70.95	93.79	98.55	97.3	100	100	93.98	93.43	0.9273
GLCM	64	NDIU_All	70.68	93.09	98.4	97.16	100	100	93.76	93.22	0.9247
GLCM	192	Pan+NDI_C1	83.33	93.91	100	95.65	81.81	100	93.15	92.45	0.9172
GLCM	128	Pan+NDI_C5	92.5	95.37	74.28	36.98	52.64	100	73.53	75.3	0.6821
GLCM	64	Pan+NDIUTR	91.37	93.21	98.5	100	100	100	97.37	97.18	0.9682
GLCM	64	Pan+NDI_C1	87.08	93.44	97.98	85.72	76.25	90.5	88.88	88.5	0.866
First	192	Pan+NDIUTR	70.75	99.77	95.39	60.59	100	100	86.63	87.75	0.8398
First	192	Pan+NDI_C2	69.95	99.71	100	94.6	98.08	100	94.23	93.72	0.9305
First	192	Pan+NDIU	62.92	98.3	97.2	57.21	100	99.94	84.89	85.93	0.8188
First	192	Pan+NDI_C2	69.95	99.71	100	94.6	98.08	100	94.23	93.72	0.9305
GLCM	192	Pan+NDI_C1	83.33	93.91	100	95.65	81.81	100	93.15	92.45	0.9172
GLCM	192	Pan+NDIU	31.19	92.62	100	100	100	100	88.91	87.3	0.866
GLCM	192	Pan+NDIU	31.19	92.62	100	100	100	100	88.91	87.3	0.866
GLCM	192	Pan+NDIUTR	31.19	92.62	100	100	100	100	88.91	87.3	0.866
GLCM	192	NDIU	23.49	91.8	100	100	100	100	87.67	85.88	0.851
GLCM	192	Pan+NDIU	31.19	92.62	100	100	100	100	88.91	87.3	0.866
GLCM	192	Pan+NDIUTR	31.19	92.62	100	100	100	100	88.91	87.3	0.866
GLCM	192	NDIU	23.49	91.8	100	100	100	100	87.67	85.88	0.851
GLCM	192	Pan+NDIU	31.19	92.62	100	100	100	100	88.91	87.3	0.866
GLCM	192	Pan+NDIUTR	31.19	92.62	100	100	100	100	88.91	87.3	0.866
GLCM	192	NDIU	23.49	91.8	100	100	100	100	87.67	85.88	0.851

NDIU : مجموعه شاخص های تفاضلی نرمال یکتا

NDIUTR : مجموعه شاخص های تفاضلی نرمال یکتا بعد از حذف شاخصهای دارای رنج دینامیکی کم در میانگین کلاسها

NDI_Ci : شاخص تفاضلی نرمال تولید شده جهت کلاس i ام

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

۵- جمع‌بندی

مقایسه نتایج به‌دست آمده از طبقه‌بندی طیفی و طبقه‌بندی طیفی در کنار اندکس‌های تولید شده، نشان دهنده افزایش توان اطلاعاتی مجموعه داده‌های ورودی با اضافه کردن اندکس‌های مکانی تولید شده است.

همچنین همانطور که انتظار می‌رفت، ترکیب نهایی اندکس‌های یکتای تولید شده، منجر به دستیابی به بالاترین دقت کلی و دقت میانگین طبقه‌بندی گردید. و این ترکیب در بین بهترین نتایج حاصل در مورد شاخص های دیگر نیز حضور دارد.

استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و انتخاب ویژگیهای ابتدایی فضای تبدیل شده (ویژگیهای نخست فضای PC) که به‌عنوان چکیده ویژگیها در این روش محسوب می‌شوند منجر به دستیابی به دقت‌های بالایی شد ولی روش معرفی شده، منجر به دقت‌های بالاتری (افزایش بین ۲ تا ۹ درصد) گردید. این افزایش دقت در کنار کاهش قابل توجه زمان محاسبات با توجه به کاهش تعداد ویژگیهای بافتی مورد نیاز جهت تولید از تصویر و افزایش بسیار بالای صرفه زمان و هزینه محاسباتی روش ارائه شده، نسبت به روش تحلیل مولفه‌های اصلی، برتری روش ارائه شده را تایید می‌نماید.

باندهای بیشینه و کمینه انتخاب شده جهت تولید اندکس نیز به‌صورت مستقیم در کنار باند طیفی وارد طبقه‌بندی شدند ولی منجر به نتیجه‌های طبقه‌بندی ضعیف تری (۴ تا ۶ درصد) نسبت به روش معرفی شده گردیدند. با این مقایسه می‌توان نتیجه گرفت که تولید اندکس از باندهای منتخب باعث افزایش توان تفکیک بین کلاسهای مورد نظر در تصویر نسبت به استفاده مستقیم از این باندها می‌گردد.

اندکس تولید شده برای هر یک از کلاسها، به جز درمورد یک کلاس (کلاس ۲) منجر به دستیابی به بالاترین دقت کاربر در مورد آن کلاس نگردید. البته در جدول نتایج به دلیل تعدد حالت‌های مورد مقایسه تنها ۳ نتیجه برتر هر یک از مقایسه‌ها ارائه شده است و نتایج بعدی دقت‌هایی نزدیک به بهترین دقت‌ها دارند. در هر صورت می‌توان نتیجه گیری کرد که شاخص تولید شده برای هر کلاس الزاما منجر به دستیابی به بالاترین دقت کاربر برای آن کلاس نخواهد شد. این رخداد به‌دلیل تعدد کلاسهای انتخاب شده و تداخل پیکسل‌های کلاس‌های دیگر در کلاس مورد نظر است، به عبارتی دیگر، اندکس تولید شده توان تفکیک کلی بین کلاسهای موجود را بالا برده و با توجه به تاثیر هم‌زمان در تفکیک‌پذیری سایر کلاسها به‌صورت خاص منجر به افزایش ویژه دقت کلاس مورد نظر نمی‌گردد. بنابراین، هدف تولید ویژگیهای جدید با استفاده از تعریف اندکس‌های مکانی تامین شده و می توان از این روش جهت افزایش دقت طبقه‌بندی تصاویر استفاده کرد.

استفاده از روش ارائه شده، با توجه به کاهش تعداد ویژگی مکانی مورد نیاز جهت تولید و کاهش تعداد باند ورودی طبقه‌بندی، در عین افزایش دقت طبقه‌بندی، منجر به کاهش زمان مورد نیاز جهت تولید ویژگی‌ها و کاهش تعداد باند ورودی طبقه‌بندی می‌گردد. چرا که در این روش، پس از یافتن فرمول های مناسب جهت تولید اندکس، حداکثر تعداد ویژگی مکانی مورد نیاز جهت تولید از تصویر اولیه معادل ۲ برابر تعداد کلاسهای تعریف شده در تصویر است. این تعداد در صورت شباهت باندهای بیشینه و کمینه در مرحله اول یا کوچکتر بودن رنج تغییرات شاخص‌های مکانی تولید شده در بین کلاسها، کاهش خواهد یافت. همچنین از دیدگاهی دیگر، با توجه به اینکه در این روش نیاز به انجام طبقه‌بندی تصویر با استفاده از هر یک از ویژگیهای مکانی پس از تولید آنها جهت یافتن بهترین ویژگیها، وجود ندارد، به میزان قابل توجهی زمان محاسباتی کاهش پیدا می‌کند.

در تدوین این الگوریتم، از روشی مستقیم و بدون نیاز

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

به استفاده از روشهای تکرار و بهینه‌سازی مبتنی بر آزمون و خطا استفاده شده است که این یک مزیت در به‌کارگیری الگوریتم از نظر سادگی فهم و اجرا و کاهش زمان محاسباتی و همچنین یکتا بودن انتخاب‌ها در تکرارهای اجرای الگوریتم است. تنها موردی که در این مقاله برای بررسی با چند پارامتر مورد آزمون قرار گرفت، حد آستانه حذف ویژگی‌های در گام دوم، یعنی مرحله پس از تولید آنها است. به‌عنوان یکی از کارهای آتی یافتن راه جهت تعیین یک عدد یکتا به‌عنوان حدآستانه پیش از آغاز الگوریتم پیشنهاد شده است. بدین‌ترتیب می‌توان تنها مورد غیر صریح این روش را نیز به صریح تبدیل کرد.

صریح و مستقیم بودن روش ارائه شده، ابهام تعداد ویژگی مناسب جهت انتخاب و ورود در طبقه‌بندی را رفع نموده و به‌صورت خودکار تعداد اندکسهای مکانی یکتا را تولید می‌نماید. به‌عبارت دیگر تعداد اندکس‌های تولید شده کوچکتر مساوی تعداد کلاسهای انتخاب شده است و کاربر نیازی به تعیین تعداد اندکس قابل تولید ندارد.

نتایج به دست آمده از مجموعه اندکس‌های تولید شده، نسبت به بهترین نتایج به‌دست آمده حاصل از طبقه‌بندی هر یک از ویژگیهای تولید شده در کنار باند پانکروماتیک، دارای افزایش ۳-۴ درصدی است. بنابراین این روش علاوه بر این‌که کاربر را از جستجو جهت یافتن بهترین ویژگی و انجام تعداد زیادی طبقه‌بندی (به تعداد ویژگیهای تولید شده) و صرف هزینه محاسباتی و زمان پردازش بی‌نیاز می‌کند، منجر به دستیابی به دقت مناسب‌تری در تفکیک کلاسهای انتخاب شده می‌گردد.

۶- کارهای آینده

یافتن راهکاری جهت تعیین حدآستانه حذف اولیه بهینه پیش از آغاز اجرای الگوریتم؛ ارائه این راهکار می‌تواند روش معرفی شده را کاملا مستقیم و صریح نموده و نیاز به مقایسه چند حد آستانه را رفع نماید. با این کار، می‌توان ادعای کاملی در مورد صریح و مستقیم بودن روش داشت.

به‌کارگیری روش معرفی شده در تصاویر چند طیفی؛ می‌توان از این روش در طبقه‌بندی تصاویر چند طیفی نیز بهره برد و به معرفی مفهوم ویژگی‌های طیفی-مکانی پرداخت که زمینه تحقیقی مناسبی جهت اجرا و ارزیابی است و در تحقیقات آتی مورد پیاده‌سازی قرار می‌گیرد.

ترکیب شاخص‌های تولید شده از روشهای مختلف و تولید یک مجموعه شاخص بهینه جهت طبقه‌بندی؛ در این مقاله به‌معرفی مفهوم جدید اندکس مکانی پرداخته شد. در گام بعدی می‌توان اندکس‌های تولید شده از روشهای مختلف تولید ویژگی را به‌عنوان مجموعه‌ای از ویژگی‌ها وارد روشهای انتخاب و یا چکیده‌سازی ویژگی به روشی مشابه با راه حل به‌کارگرفته شده در الگوریتم ارائه شده، و یا راه‌حل‌های موجود دیگر نمود و از توان کلیه روشهای تولید ویژگی بهره‌برد.

سپاسگزاری

لازم است تا از دفتر مهندسی و ارزیابی سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور جهت در اختیار قراردادن نقشه طبقه‌بندی تراکم تاج پوشش که به‌روش تفسیر چشمی تولید شده بود تقدیر گردد. این نقشه همان‌طور که در متن اشاره شده به‌عنوان منبع انتخاب داده‌های آموزشی و چک به‌کار گرفته شده است.

مراجع

[1] Hamed Ashoori, “Generating Image-based Features for Improving Classification Accuracy “,

[2] Kenneth R, Castleman, “Digital Image Processing“, Prentice-Hall, 1996

[3] Sergios Theodoridis, "Pattern

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

Recognition", Academic Press,1999

[4] R.M. Haralick, K. Shanmugam and I. Dinstein, "Textural features for image classification", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 3, no. 6, pp 610-621, 1973.

[5] M. Chica-Olmo and F. Abarca-HernaÂ ndez, "Computing geostatistical image texture for remotely sensed data classification", Computers & Geosciences 26 (2000) 373-383

[6] Carl F Jordan, "Derivation of leaf area index from quality of light on te forest floor", Ecology, Vol 50, No 4, 1969

[7] Tucker, Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, Remote Sensing of Enviroment, Vol 8, 1979

[8] Huete, A. R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment 25

[9] Jiang, J., S. Chen, S. Cao, H. Wu, L. Zhang, and H. Zhang. 2005. Leaf area index retrieval based on canopy reflectance and vegetation index in eastern China. Journal of Geographical Sciences 15:247–254

[10] Michel M, Verstrate and Bernard Pinty, "desining optimal spectral indexes for remote sensing application", IEE Transaction on geoscience and remote sensing, vol 34, No 5, 1996

[11] Pietro Ceccato, Nadine Gobron, Stephane Flasse, Bernard Pinty, Stefano Tarantola, "Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 1 Theoretical approach", Remote Sensing of Enviroment 82, 2002

[12] Andrés Viña,Anatoly A. Gitelson, Anthony L. Nguy-Robertson, Yi Peng, "Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops", Remote Sensing of Enviroment 115, 2011

[13] Sharon L. Cundill *, Harald M. A. van der Werff and Mark van der Meijde , "Adjusting Spectral Indices for Spectral Response Function Differences of Very High Spatial Resolution Sensors Simulated from Field Spectra", Sensors, 2015, 15

[14] Boyd, D.S., Foody, G.M., Ripple, W.J., 2002. “Evaluation of approaches for forest cover estimation in the Pacific Northwest, USA, using remote sensing”. Appl. Geography 22, pp 375–392

[15] Skidmore, A.K., Turner, B.J., Brinkhof, W., Knowle, E., 1997. “Performance of a neural network: mapping forests using remotely sensed data”. Photogrammetric Eng. Remote Sensing 63, pp. 501–514.

[16] Atkinson, P.M., Tatnall, A.R.L., 1997. “Introduction neural networks in remote sensing”. Int. J. Remote Sensing 18, pp. 699–709

[17] Levesque, J., King, D.J., 2003. “Spatial analysis of radiometric fractions from high-resolution multispectral imagery for modelling individual tree crown and forest canopy structure and health”. Remote Sensing Environ. 84, pp. 589–602.

[18] Iverson, L.R., Cook, E.A., Graham, R.L., 1989. “A technique for extrapolating and validating forest cover across large regions: calibrating AVHRR data with TM data”. Int. J. Remote Sensing 10, pp. 1805–1812

[19] Rikimaru, A., 1996. “Landsat TM data processing guide for forest canopy density mapping and monitoring model”. International Tropical Timber Organization (ITTO) workshop on utilization of remote sensing in site assessment and planning for rehabilitation of logged-over forest, Bangkok, Thailand, pp. 1–8.

[20] Krishnendu Banerjee,Surajit Panda, Jatisankar Bandyopadhyay, 2014, "Manish Kumar Jain Forest Canopy Density Mapping Using Advance Geospatial Technique", IJISET-International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 1 Issue 7

[21] Chudamani Joshi, Jan De Leeuw, Andrew

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

K. Skidmore, Iris C. van Duren, Henk van Oosten , 2005, “Remotely sensed estimation of forest canopy density: A comparison of the performance of four methods”, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation

[22] Dorren, L.K., Maier, A.B., Seijmonsbergen, A.C., 2003. ”Improved Landsat-based forest mapping in steep mountainous terrain using object-based classification”. Forest Ecol. Manage. 183, 31–46.

[23] Souza Jr., C., Firestone, C.L., Silva, L.M., Roberts, D., 2003. “Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT-4 through spectral mixture models”. Remote Sensing Environ. 87, 494–506.

[24] Cross, A.M., Settle, J.J., Drake, N.A., Paivinen, R.T.M., 1991. “Subpixel measurements of tropical forest cover using AVHRR data”. Int. J. Remote Sensing pp. 12, 1119–1129.

[25] Inka Pippuria, Aki Suvantob, Matti Maltamoa, Kari T. Korhonenc, Juho Pitkänenc, Petteri Packalena, 2016, "Classification of forest land attributes using multi-source remotely sensed data", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 44, February 2016, Pages 11–22

[26] Onisimo Mutanga, Elhadi Adam, Moses Azong Cho, 2012, "High density biomass estimation for wetland vegetation using WorldView-2 imagery and random forest regression algorithm", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 18 p 399–406

[27] Jonathan P. Dandois, Erle C. Ellis, 2013, "High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision", Remote Sensing of Environment 136 p 259–276

[28] Ravi P. Gupta, Reet K. Tiwari, Varinder Saini, Neeraj Srivastava,"A Simplified Approach for Interpreting Principal Component Images", Advances in Remote Sensing, 2013, 2

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.6, No.2, Summer 2018

Introducing a method for producing a Spatial indces to use spatial data in panchromatic image classification

Hamed Ashoori[1*], Mohammad Javad Valadan Zoej[*2], MahmoodReza Sahebi[3]

1- PhD Student, Remote sensing Eng. Dep., Faculty of Geomatics, KN Toosi University of Technology
2- Professor , Remote sensing Eng. Dep., Faculty of Geomatics, KN Toosi University of Technology
3- Asociated professor, Remote sensing Eng. Dep., Faculty of Geomatics, KN Toosi University of Technology

Abstract

Classification is the most common method for information extraction from remotely sensed images. Conventional classification methods are mostly based on spectral information. While particularly in high spatial resolution images, spatial relationships between neighboring pixels used to discriminate between different land-cover classes in human interpretation. In different research methods for quantification of image texture and use it to create separation between classes is provided. Considering the variety of formulation and adjustable parameters of texture quantization methods, huge number of texture features could be generated. Each feature has specific ability to discriminate special classes. In this paper a new method based on spectral index formulation proposed to generate Spatial Indices from textural features. Best pairs of textural features selected and Spatial Indices using them will be generated. Generated Spatial Indices are good abstract of textural feature space to use in classification procedure. This method could led to better classification results in a direct and none international solution.

Key words: Spatial Index, Supervised classification, Panchromatic Image, Image texture quantization

Correspondence Address : No. 1346, Vali-Asr Street, Mirdamad Crossing, Remote Sensing Dept, Geomatics Eng. Faculty K.N.Toosi University of Tech. , Tehran – Iran Postal Code: 1996715433,
Tel : +98 2188888445
Email: hamed_ashoori@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-07]

[DOI: 10.29252/jgit.6.2.1]