نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال پنجم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶

Vol.5, No.3, Autumn 2017

۱ -۱۱

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی نقشه برداری

این مقاله در اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی به‌عنوان مقاله برگزیده انتخاب شده است که پس از تکمیل، داوری مجدد و اخذ پذیرش در این شماره از نشریه به چاپ می‌رسد.

ارائه روشی جدید جهت بهبود نتایج طبقه‌بندی حاصل از مدهای پلاریمتری فشرده

امیر آقابالائی[۱*]، حمید عبادی[۲]، یاسر مقصودی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته مهندسی سنجش از دور-دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک،-دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

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

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

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۱۳

چکیده

اخیرا مد جدیدی در سیستم‌های تصویربرداری پلاریمتری دوتایی (*DP*) رادار با روزنه مجازی (*SAR*) ارائه شده است که پلاریمتری فشرده (*CP*) نامیده می‌شود. این مد چندین مزیت مهم را نسبت به مد تمام پلاریمتری (*FP*) دارا می‌باشد که ازجمله آن‌ها می‌توان به افزایش در پهنای نوار و نیز کاهش در پیچیدگی، هزینه و نرخ داده‌های یک سیستم تصویربرداری *SAR* اشاره کرد. علی‌رغم این مزایا، این مد اطلاعات کمتری از اهداف را نسبت به مد *FP* اخذ می‌کند. بنابراین دقت نتایج طبقه‌بندی با استفاده از این مد، به‌مراتب کمتر از دقت نتایج حاصل از به‌کارگیری مد *FP* خواهد بود. این تحقیق، روشی را جهت بهبود نتایج حاصل از طبقه‌بندی با استفاده از داده‌های *CP* پیشنهاد می‌دهد. برای این منظور، دو روش درنظر گرفته شده است. در روش اول، مدهای *CP* شبیه‌سازی شده از مد *FP* ماهواره رادارست-۲، و در روش دوم، مدهای *FP* بازسازی شده از این مدهای *CP* (که شبه پلاریمتری چهارتایی (*PQ*) نامیده می‌شوند) در سطح ویژگی با یکدیگر ترکیب می‌شوند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب مدهای *CP* در سطح ویژگی دقت کلی طبقه‌بندی را به ۷۹٫۷۶٪، و ترکیب مدهای *PQ* دقت کلی طبقه‌بندی را به ۸۵٫۰۱٪ بهبود داده و گاهی بهتر از دقت کلی طبقه‌بندی حاصل از به‌کارگیری مد *FP* خواهد کرد.

کلید واژه‌ها : پلاریمتری فشرده، تلفیق در سطح ویژگی، طبقه‌بندی.

* نویسنده مکاتبه کننده: تهران – خیابان ولیعصر(عج) – تقاطع میرداماد – دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری

تلفن : ۰۲۱۸۸۸۷۷۰۷۱

Email: a.aghabalaei@mail.kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

۱- مقدمه

در مد تمام پلاریمتری (*FP*)[1] سیستم‌های تصویربرداری رادار با روزنه مجازی (*SAR*)[2] دو پالس با پلاریزاسیون‌های افقی و عمودی ارسال، و در مقابل دو پالس با پلاریزاسیون‌های افقی و عمودی به‌صورت هم‌زمان و کوهرنس[3] دریافت می‌شود. بنابراین برای هر پیکسل از تصویر یک ماتریس پراکنش[4]، که شامل چهار مقدار پس‌پراکنش[5] می‌شود، تشکیل خواهد شد. این نوع نحوه ارسال و دریافت پلاریزاسیون اجازه می‌دهد تا اطلاعات بیشتری از اهداف اخذ شود. حقیقتا مد *FP* پتانسیل بالای خود را در اخذ داده و نیز عملکرد بهتر خود را در کاربردهای مختلف نسبت به دیگر سیستم‌های تصویربرداری *SAR* اثبات کرده است. ولی متاسفانه دارای فرکانس تکرار پالس (*PRF*)[6] بیشتری می‌باشد [*1*]. ازاین‌رو طراحی سیستم‌های تصویربرداری *SAR* در این مد، هزینه‌بر و آنالیز داده‌های اخذ شده، پیچیده‌تر و زمان‌بر خواهد بود. همچنین پهنای نوار آن‌ها نصف شده و درنتیجه منطقه کمتری را می‌توانند پوشش دهند [*2*].

در سیستم‌های تصویربرداری پلاریمتری دوتایی (*DP*)[7]، یک پلاریزاسیون (افقی یا عمودی) ارسال و در مقابل دو پلاریزاسیون (افقی و عمودی) دریافت می‌شود. این مدها تنها نیمی از اطلاعات ماتریس پراکنش را جمع‌آوری می‌کنند. بنابراین پردازش داده و نیز محتوای اطلاعاتی تصاویر پلاریمتریک این سیستم‌های تصویربرداری *SAR*، کاهش پیدا می‌کند.

اخیرا رشد قابل توجهی در سیستم‌های تصویربرداری *DP* شده است که پلاریمتری فشرده (*CP*)[8] نامیده می‌شود. این مد قابلیت دارد تا پیچیدگی، هزینه و نرخ داده‌های یک سیستم تصویربرداری *SAR* را کاهش دهد، درحالی‌که تلاش می‌کند تا بسیاری از قابلیت‌های یک سیستم *SAR* در مد *FP* را حفظ کند [*3*]. همانند دیگر سیستم‌های *DP*، در سیستم‌های تصویربرداری *CP* نیز یک پلاریزاسیون ارسال، و در مقابل دو پلاریزاسیون دریافت می‌شود. با این تفاوت که پلاریزاسیون‌های ارسالی یا دریافتی می‌توانند دایره‌ای نیز باشند. مزیت اصلی این سیستم‌ها آن است که نه‌تنها اطلاعات بیشتری از اهداف را نسبت به مدهای استاندارد *DP* جمع‌آوری می‌کنند، بلکه پهنای نوار وسیع‌تری را نسبت به مد *FP* پوشش می‌دهند [*4*]. در حال حاضر سه مد برای سیستم‌های تصویربرداری *CP* وجود دارد: مد *pi/4* (ارسال خطی-دریافت خطی)، مد ارسال دایره‌ای-دریافت خطی (*CTLR*)[9] و مد ارسال دایره‌ای-دریافت دایره‌ای (*DCP*)[10]. این نکته باید توجه شود که در مدهای ارسال دایره‌ای، پلاریزاسیون ارسالی می‌تواند دایره‌ای راست‌گرد یا دایره‌ای چپ‌گرد باشد.

علی‌رغم مزایای اشاره شده در فوق، مدهای *CP* هنوز اطلاعات پلاریمتریک کمتری از اهداف را نسبت به مد *FP* اخذ می‌کنند. ازاین‌رو، داده‌های *CP* عملکرد ضعیف‌تری در فرآیند طبقه‌بندی نسبت به داده‌های *FP* خواهند داشت. در این تحقیق، روشی جهت بهبود نتایج حاصل از طبقه‌بندی به‌وسیله مدهای *CP* ارائه شده است. برای این منظور مدهای *CP* در سطح ویژگی با یکدیگر ترکیب شده، ویژگی‌های بهینه انتخاب و سپس طبقه‌بندی انجام می‌شود. در نهایت، نتیجه روش پیشنهادی با نتیجه به‌دست آمده از مد *FP* مقایسه و ارزیابی می‌شود. در این‌جا ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که اگرچه روش اتخاذ شده در

[1] *Full Polarimetry*
[2] *Synthetic Aperture RADAR*
[3] *Coherence*
[4] *Scattering Matrix*
[5] *Backscatter*
[6] *Pulse Repetition Frequency*
[7] *Dual Polarimetry*
[8] *Compact Polarimetry*
[9] *Circular Transmit-Linear Receive*
[10] *Dual Circular Polarimetric*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

ایـــن تحقیـــق در مقـــالاتی همچـــون [5، 6 و 7] نیز اتخـاذ شـده اسـت، ولـی نـوآوری ایـن پـژوهش در به‌کارگیری این روش با استفاده از مـدهای پلاریمتـری فشرده می‌باشد.

2- روش پیشنهادی این تحقیق

در این پژوهش، جهت بهبـود دقـت‌هـای طبقـه‌بنـدی، مدهای CP در سطح ویژگی‌های پلاریمتریک اسـتخراج شده، با یکـدیگر تلفیـق مـی‌شـوند. بـرای ایـن منظـور، دو روش درنظر گرفته شده است. در روش اول، مـدهای CP کـه از مـد FP مـاهواره رادارسـت-2 شـبیه‌سـازی شـده‌انـد، و در روش دوم مـدهای شـبه پلاریمتـری چهارتـایی (PQ)[1] کـه بـا اسـتفاده از روش تکـراری سـویریس [8] بازسـازی شـده‌انـد، بـا یکـدیگر تلفیق می‌شوند. هر دو روش شـامل سـه مرحلـه اصـلی می‌شود: اسـتخراج ویژگـی‌هـای پلاریمتریـک، انتخـاب ویژگی‌های بهینه و طبقه‌بندی.

2-1- استخراج ویژگی‌های پلاریمتریک

در روش اول، از هـر یـک از مـاتریس‌هـای کوواریـانس 2×2 مـدهای CP تعـداد 40 ویژگـی پلاریمتریـک استخراج می‌شود. این ویژگی‌ها به‌طورکلی شامل زوایای استوکس[2]، اجزای اسـتوکس[3]، توصـیف‌گرهـای مـوج[4]، ویژگـی‌هـای اصـلی و تجزیـه‌هـای هـدف[5] مـی‌شـوند. این ویژگی‌ها را می‌توان در جدول (1) مشاهده کرد.

در روش دوم، از هـر یـک از مـاتریس‌هـای کوواریـانس 3×3 مدهای PQ تعداد 50 ویژگی پلاریمتریـک کـه شـامل ویژگـی‌هـای اصـلی، تجزیـه‌هـای هـدف و توصـیف‌گرهـای SAR مـی‌شـود، اسـتخراج مـی‌شـود. این ویژگی‌ها در جدول (2) نشان داده شده است.

جدول 1: ویژگی‌های پلاریمتریک استخراج شده از ماتریس‌های کوواریانس 2×2 مدهای CP.

تعداد	نماد	توضیح	ویژگی
1	τ	زاویه بیضویت	زوایای استوکس [9]
1	φ	زاویه توجیه	
4	g	بردار استوکس	اجزای استوکس [9]
2	p	احتمالات مقادیر ویژه	توصیف‌گرهای موج [9]
2	λ	مقادیر ویژه	
1	$CONT$	کنتراست	
1	LPR	نسبت پلاریزاسیون خطی	
1	CPR	نسبت پلاریزاسیون دایره‌ای	
1	$DoLP$	درجه پلاریزاسیون خطی	
1	$DoCP$	درجه پلاریزاسیون دایره‌ای	
1	H	بی‌نظمی	
1	A	ناهمسنگردی	
1	m	درجه پلاریزاسیون	
1	δ	فاز نسبی	
1	α	زاویه پلاریزاسیون	
1	$Span$	مجموع عناصر قطر اصلی ماتریس کوواریانس	
3	$[C]$	ماتریس کوواریانس CP	ویژگی‌های اصلی [8]
3	$[m\text{-}\delta]$	تجزیه ام-دلتا	تجزیه های هدف [10-13]
3	$[m\text{-}\chi]$	تجزیه ام-خی	
3	$[m\text{-}\psi]$	تجزیه ام-سای	
3	$[m\text{-}\alpha]$	تجزیه ام-آلفا	
4	α_S, m_S, m_V, ϕ	تجزیه کلود	
40			**مجموع**

[1] *Pseudo Quad Polarimetry*
[2] *Stokes Angle*
[3] *Stokes Components*
[4] *Wave Description*
[5] *Target Decompositions*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

جدول 2: ویژگی‌های پلاریمتری استخراج شده از ماتریس‌های کوواریانس 3×3 مدهای **PQ** و **FP**.

تعداد	نماد	توضیح	ویژگی
4	[C]	ماتریس کوواریانس PQ	ویژگی‌های اصلی [9]
4	[T]	ماتریس کوهرنسی PQ	
11	Alpha, Beta, Delta, Gamma, Lambda, H, A, HA, H(1-A), (1-H)A, (1-H)(1-A)	تجزیه اچ/ای/آلفا	تجزیه‌های هدف [9]
3	[Free]	تجزیه سه جزئی فریمن	
3	[Van]	تجزیه سه جزئی ون‌زیل	
3	[Yama]	تجزیه سه جزئی یاماگوچی	
3	[An]	تجزیه سه جزئی آن و یانگ	
3	p	احتمالات مقادیر ویژه	توصیف‌گرهای SAR [9]
3	λ	مقادیر ویژه	
1	RVI	شاخص پوشش گیاهی راداری	
1	PH	پدستال ارتفاع	
1	PA	عدم تقارن پلاریزاسیون	
2	SERD, DERD	اختلاف نسبی مقادیر ویژه	
3	SE, SE_I, SE_P	شنون بی‌نظمی	
1	DP	غیرپلاریزاسیون	
2	Ro13, CCC	ضریب همبستگی	
1	PF	کسر پلاریزاسیون	
1	Span	مجموع عناصر قطر اصلی ماتریس کوواریانس	
50			**مجموع**

2-2- انتخاب ویژگی‌های بهینه

در این تحقیق، انتخاب ویژگی‌های پلاریمتریک بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک [14] انجام شده است. مزیت اصلی الگوریتم ژنتیک آن است که به اطلاعات زیادی درباره تابع بهینه‌سازی نیاز ندارد و قابل اجرا حتی در فضای جستجوی بزرگ می‌باشد. جهت استفاده از الگوریتم ژنتیک، جمعیت اولیه برابر با 50 کروموزوم و به‌صورت تصادفی تولید می‌شود. در هر نسل، 2 کروموزوم برتر به نسل بعد انتقال پیدا می‌کنند. همچنین از روش تورنامنت[1] برای انتخاب والدین، تقاطع تک نقطه‌ای با نرخ 80 ٪ و جهش یکنواخت استفاده می‌شود. درصورتی‌که تفاوت بین بهترین نتیجه 10 نسل متوالی از 0/000001 کمتر باشد، الگوریتم متوقف خواهد شد. در ضمن دقت کلی طبقه‌بندی به‌عنوان تابع هدف درنظر گرفته شده است.

3-2- طبقه‌بندی

در این پژوهش، روش غیرپارامتریک نظارت شده ماشین بردار پشتیبان (SVM)[2] [15] جهت طبقه‌بندی ویژگی‌های پلاریمتریک استخراج شده، به‌کار برده شده است. مزیت اصلی SVM، قابلیت آن در

[1] Tournament

[2] Support Vector Machine

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

حل مسائل غیرخطی و به‌ویـژه طبقـه‌بنـدی بـه‌وسـیله بردارهای ویژگی است. همچنین بسته کتابخانه‌ای *SVM* [*16*] جهـت محاسـبات طبقـه‌بنـدی کننـده *SVM* و تـابع پایـه شـعاعی (*RBF*)[1] بـه‌عنـوان تـابع کرنـل انتخاب شدند.

3- منطقه مطالعاتی و داده‌ها

جنگل تحقیقاتی پتـاواوا[2]، واقـع در یکـی از ایالـت‌هـای شرقی کانادا، بـرای ایـن پـژوهش انتخـاب شـده اسـت. این جنگل که نزدیک رودخانه کالک[3] بوده و تقریبـا در *200* کیلـومتری شـمال غربـی شـهر اتـاوا[4] قـرار دارد، اساسا شامل درختان نرم‌چوب و سخت‌چـوب مـی‌شـود. شکل (*1*- الف) پلـی‌گـون‌هـای داده مرجـع گونـه‌هـای مختلف جنگلی را بر تصویر رزولوشن بالا نشان می‌دهد. همچنـین جـدول (*3*) مجموعـه کـلاس‌هـای نهـایی انتخاب شده در این تحقیـق، کـه شـامل شـش کـلاس بلـوط قرمـز (سـخت‌چـوب)، کـاج سـفید (نـرم‌چـوب)، صنوبر سـیاه (نـرم‌چـوب)، منطقـه شـهری، رودخانـه و پوشـش‌هـای گیـاهی مـی‌شـوند، را همـراه بـا تعـداد نمونـه‌هـای آموزشـی و تسـت مربوطـه‌شـان نمایش می‌دهـد. داده مـورد اسـتفاده در ایـن پـژوهش، در تاریخ *4* آگوست *2009* توسط ماهواره رادارسـت-*2* در مد *FP* و در باند *C* اخذ شـده اسـت. شـکل (*1*- ب) این داده را در یک تصویر رنگی کاذب برمبنـای پـائولی، که در آن $S_{HH} - S_{VV}$، $2S_{HV}$ و $S_{HH} + S_{VV}$ به ترتیـب رنگ‌های قرمز، سبز و آبی هستند، نشان می‌دهد.

4- بحث و بررسی نتایج تحقیق

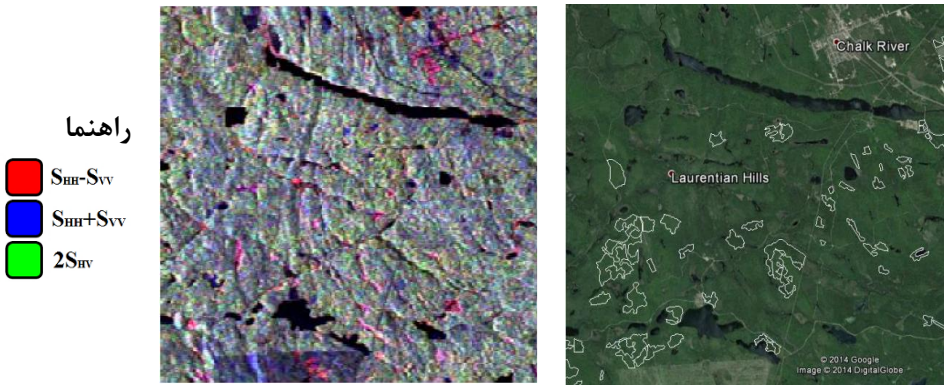
در هـر یـک از دو روش توضـیح داده شـده در قسـمت روش پیشـنهادی، ابتـدا یـک‌سـری ویژگـی‌هـای پلاریمتریـک از هـر یـک از مـدها استخراج می‌شود. سپس این ویژگی‌ها باهم ترکیب شده و یـک مجموعـه ویژگـی جدیـد را تشـکیل مـی‌دهنـد. حال بـه‌منظـور کسـب دقـت‌هـای طبقـه‌بنـدی بـالاتر، الگوریتم ژنتیک بـر روی ایـن مجموعـه ویژگـی جدیـد اجـرا شـده و ویژگـی‌هـای بهینـه انتخـاب مـی‌شـوند. نهایتا روش *SVM* جهت طبقه‌بندی ویژگی‌های انتخـاب شده به‌کار می‌رود (ایـن روش *GA_SVM* نامیـده شـده است). ویژگی‌های پلاریمتریـک برگزیـده شـده توسـط الگوریتم ژنتیک، دقت‌های طبقه‌بنـدی حاصـل از روش *SVM* برای هر مد و مدهای تلفیق شـده، و نیـز تصـویر طبقه‌بندی شـده حاصـل از روش *GA_SVM* بـرای هـر دو روش اول و دوم در جـدول‌هـای (*4* و *5*) ارائه شده‌اند.

جدول *3*: مجموعه کلاس‌های نهایی انتخاب شده در این تحقیق

کلاس	تعداد پیسکل‌های آموزشی	تعداد پیسکل‌های تست
بلوط قرمز	*980*	*772*
کاج سفید	*305*	*375*
صنوبر سیاه	*900*	*782*
منطقه شهری	*570*	*494*
رودخانه	*1047*	*810*
پوشش‌های گیاهی	*978*	*631*

[1] *Radial Basis Function*
[2] *Petawawa*
[3] *Chalk*
[4] *Ottawa*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]



(ب) (الف)

شکل 1: (الف) پلی‌گون‌های داده مرجع گونه‌های مختلف جنگلی را بر تصویر رزولوشن بالای گرفته شده از سایت نقشه گوگل، و (ب) داده رادارست-2 در مد *FP* به‌صورت نمایش رنگی کاذب برمبنای پائولی.

جدول 4: ویژگی‌های پلاریمتریک برگزیده شده از مدهای *CP* توسط الگوریتم ژنتیک.

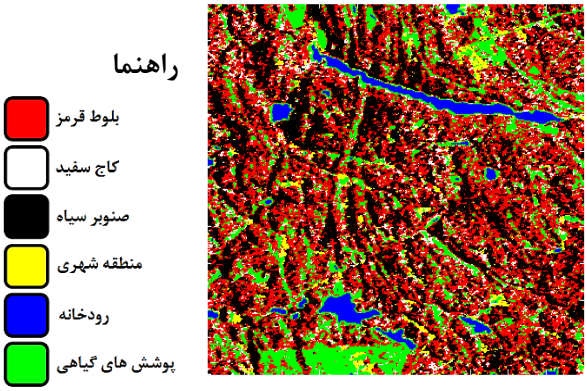
مد	زوایای استوکس	اجزای استوکس	توصیف‌گرهای موج	ویژگی‌های اصلی	تجزیه‌های هدف
CTLR_L	τ		*CPR, CONT*	C_{22}	$[m-\delta]_{Pv}$, α_S
CTLR_R			*CPR,δ*		$[m-\delta]_{Pd}$, $[m-\chi]_{Pv}$, Φ
DCP_L		g_0, g_2	λ_1, *H, DoCP*		
DCP_R			*H*	C_{22}	$[m-\psi]_{Pd}$, $[m-\alpha]_{Ps}$
Pi /4		g_1, g_2	*LPR, A,* λ_1	C_{12}	$[m-\psi]_{Pv}$, $[m-\psi]_{Ps}$ $[m-\chi]_{Pv}$, Φ

جدول 5: دقت‌های طبقه‌بندی حاصل از روش *SVM* با استفاده از مدهای *CP*، و نیز روش *GA_SVM* (برحسب درصد).

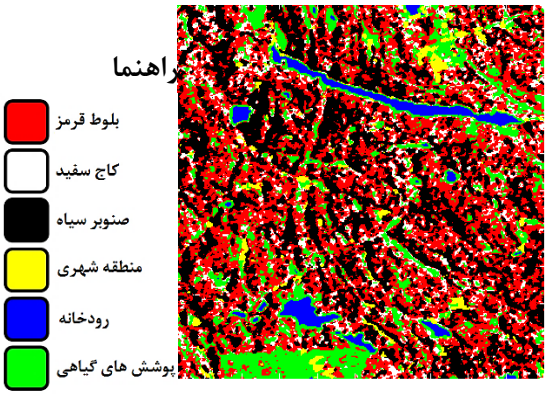
مد/روش	بلوط قرمز	کاج سفید	صنوبر سیاه	منطقه شهری	رودخانه	پوشش‌های گیاهی	دقت کلی
CTLR_L	56,34	15,46	67,77	42,91	100	93,34	68,16
CTLR_R	56,86	28,26	62,91	54,85	100	86,68	68,96
DCP_L	52,46	14,66	53,45	79,95	100	90,49	68,68
DCP_R	45,20	7,47	60,23	66,59	100	94,77	66,89
pi/4	66,06	12,53	68,67	84,81	100	93,97	75,46
CP_GA_SVM	69,43	37,33	70,97	92,10	100	92,86	79,76

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]



شکل 2: تصویر طبقه‌بندی شده حاصل از روش *GA_SVM* با استفاده از مدهای *CP*.



شکل 3: تصویر طبقه‌بندی شده حاصل از روش *GA_SVM* با استفاده از مدهای *PQ*.

همان‌طورکه از جداول (5 و 7) مشاهده می‌شود، تلفیق مدهای *CP* نتایج بهتری را در فرآیند طبقه‌بندی برای اکثر کلاس‌ها و نیز به‌صورت کلی فراهم می‌کند (مقادیر سایه زده شده را ببینید). همچنین با توجه به جدول (7) می توان مشاهده کرد که دقت‌های به‌دست آمده از روش پیشنهادی، گاهی از دقت‌های طبقه‌بندی به‌دست آمده توسط مد *FP* نیز بهتر خواهد بود. این موضوع را می‌توان با مقایسه نتایج به‌دست آمده در مقاله [6] نیز مشاهده کرد. شکل (4) این مقایسه را برای کلاس‌های مختلف و به صورت کمی نشان می‌دهد.

جدول 6: ویژگی‌های پلاریمتریک برگزیده شده از مدهای *PQ* توسط الگوریتم ژنتیک.

مد	ویژگی‌های اصلی	تجزیه‌های هدف	توصیف‌گرهای *SAR*
PQ_CTLR_L	T_{12}, T_{22}	*Beta, Delta, Gamma, H, (1-H)A, (1-H) (1-A),* $[Free]_{OB}$	p_1, p_3, *DERD*
PQ_CTLR_R	C_{22}	*Alpha, Beta, HA, (1-H)A,* $[Free]_{DB}$, $[Yama]_{OB}$	λ_2, *SE*
PQ_DCP_L		*Alpha, H, H (1-A),* $[Free]_{DB}$, $[Van]_{OB}$, $[Yama]_{OB}$, $[An]_{OB}$	p_3, *SPAN, Ro13*
PQ_DCP_R	C_{13}, C_{22}	*Beta, HA,* $[Yama]_V$, $[An]_V$	*SERD, PF, PA, RVI,* SE_I, *Ro13*
PQ_pi/4	C_{33}, T_{12}, T_{22}	*Alpha, Delta, A, (1-H)(1-A),* $[An]_{OB}$, $[An]_V$	λ_1, λ_3, *CCC, Ro13*

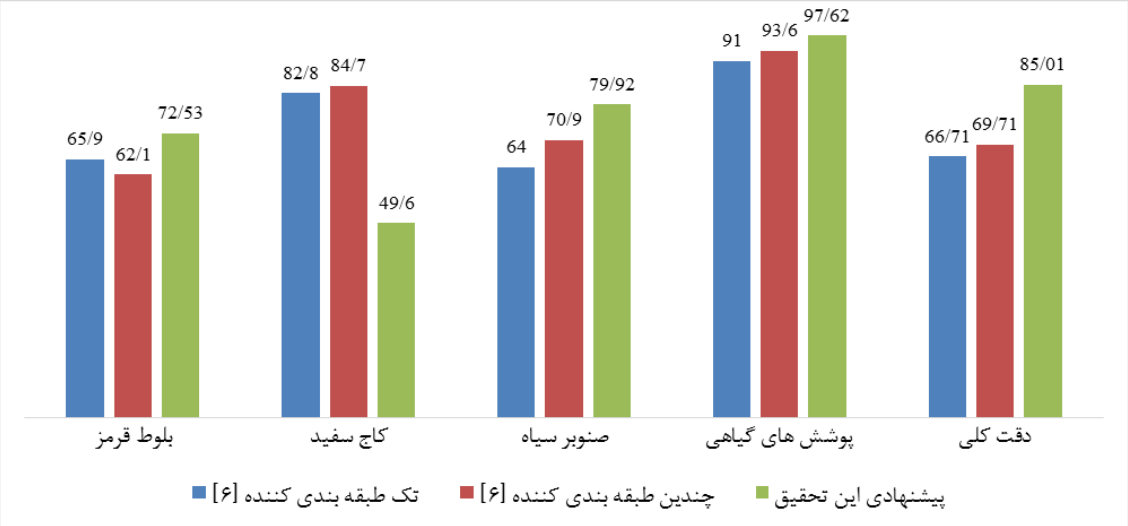
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

جدول 7: دقت‌های طبقه‌بندی حاصل از روش *SVM* با استفاده از مدهای *PQ* و *FP*، و نیز روش *GA_SVM* (برحسب درصد).

مد/روش	بلوط قرمز	کاج سفید	صنوبر سیاه	منطقه شهری	رودخانه	پوشش‌های گیاهی	دقت کلی
PQ_CTLR_L	60,49	31,46	73,78	55,06	100	97,30	73,96
PQ_CTLR_R	73,05	51,46	72,50	73,07	100	86,68	78,72
PQ_DCP_L	57,25	42,13	74,55	44,33	100	96,51	73
PQ_DCP_R	70,07	45,86	73,01	49,39	100	82,09	73,91
PQ_pi/4	76,55	42,40	75,95	89,87	100	93,02	82,42
FP	78,10	45,60	75,19	96,76	100	94,77	84,05
PQ_GA_SVM	72,53	49,60	79,92	98,78	100	97,62	85,01

همان‌گونه که در نمودار شکل (4) مشاهده می‌شود، دقت‌های طبقه‌بندی به‌دست آمده از روش پیشنهادی برای اکثر کلاس‌ها و نیز به‌صورت کلی، به مراتب بیشتر از دقت‌های به‌دست آمده با استفاده از روش‌های به‌کار گرفته شده در مقاله [6] می‌باشد. در ضمن همان‌طور که مشاهده می‌شود، دقت به‌دست آمده برای کلاس "کاج سفید" با استفاده از روش پیشنهادی این تحقیق، پایین‌تر از دقت به‌دست آمده برای همین کلاس به‌وسیله روش‌های اتخاذ شده در مقاله مذکور است. شاید بتوان این موضوع را ناشی از انتخاب بسیار کم تعداد داده‌های آموزشی برای این کلاس در این تحقیق (305 نمونه آموزشی) نسبت به کار انجام شده در منبع [6] (1257 نمونه آموزشی) دانست. چراکه این موضوع سبب می‌شود تا در طبقه‌بندی به روش *SVM*، داده‌ها به‌خوبی آموزش ندیده و درنتیجه دقت طبقه‌بندی کاهش یابد.



شکل 4: مقایسه دقت‌های طبقه‌بندی حاصل از روش پیشنهای این تحقیق با روش‌های به‌کارگرفته شده در مقاله [6] (برحسب درصد)

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]
[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

5- نتیجه‌گیری

در ایـن تحقیـق، روشـی جهـت بهبـود در دقـت‌هـای طبقه‌بندی حاصل از مدهای *CP* پیشنهاد شد و نتـایج، کارایی و عملکرد موثر روش پیشـنهادی را اثبـات کـرد. اگرچـــه داده‌هـــای *CP* همیشـــه دارای اطلاعـــات پلاریمتریک کمتری نسـبت بـه داده‌هـای *FP* هسـتند، ولـی بـه‌دلیـل دارا بـودن چنـدین مزیـت مهـم نسـبت به دیگر سیستم‌های چندپلاریزاسیون *SAR*، هنگامی‌که منابع سیستم‌هـای پلاریمتریـک محـدود هسـتند و یـا در دســترس نیســتند، مــی‌تواننــد یــک اســتراتژی موثر باشند. همچنین بـا تلفیـق ایـن داده‌هـا در سـطح ویژگـی‌هـای پلاریمتریـک مـی‌تـوان بـه نتـایج بهتـری دست یافت. این نوع تلفیـق امکـان‌پـذیر اسـت چراکـه در حال حاضر حداقل سه ماهواره که قابلیـت اخـذ داده در مــد *CP* را دارنــد، در مــدار قــرار داشــته و یــا در آینــده‌ای نزدیــک بــه فضــا پرتــاب خواهنــد شــد. این ماهواره‌ها شـامل مـاهواره تصـویربرداری راداری-*1* هنـــــدی (*RISAT-1*)[1]، مـــــاهواره پیشـــــرفته مشـاهده‌گـر زمـین-*2* ژاپنـی (*ALOS-2*)[2] و مـاهواره ماموریـت صـورت فلکـی رادارسـت کانـادایی (*RCM*)[3] می‌شوند.

[1] *Radar Imaging Satellite*
[2] *Advanced Land Observing Satellite*
[3] *RADARSAT Constellation Mission*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

مراجع

[1] R. Rafiee, A. Salman Mahiny, N. Khorasani, A. Darvishsefat, and A. Danekar, "Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM)", Cities, 26, 19-26, 2009.

[2] www.amar.org.ir, Statistical Centre of Iran.

[3] H. H. Zhang, Y. N. Zeng, and L. Bian, "Simulating multi-objective spatial optimization allocation of land use based on the integration of multi-agent system and genetic algorithm" International Journal of Environmental Research, 4(4), 765-776, 2010.

[4] H. Zhang, X. Jin, L. Wang, Y. Zhou, and B. Shu, "Multi-agent based modeling of spatiotemporal dynamical urban growth in developing countries: simulating future scenarios of Lianyungang city, China", Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 29.1, 63-78, 2015.

[5] G. Tian, Y. Ouyang, Q. Quan, and J. Wu, "Simulating spatiotemporal dynamics of urbanization with multi-agent systems—A case study of the Phoenix metropolitan region, USA", Ecological Modelling, 222.5, 1129-1138, 2011.

[6] A. Veldkamp, E.F. Lambin, "Predicting land-use change", Agriculture, ecosystems & environment, 85.1, 1-6, 2001.

[7] Y. Feng, Y. Liu, X. Tong, M. Liu, and S. Deng, "Modeling dynamic urban growth using cellular automata and particle swarm optimization rules", Landscape and Urban Planning, 102.3, 188-196, 2011.

[8] R. Tan, Y. Liu, K. Zhou, L. Jiao, and W. Tang, "A game-theory based agent-cellular model for use in urban growth simulation: A case study of the rapidly urbanizing Wuhan area of central China", Computers, Environment and Urban Systems, 49, 15-29, 2015.

[9] Macal, Charles M., and Michael J. North, 2009, "Agent-based modeling and simulation." In Winter simulation conference, pp. 86-98. Winter Simulation Conference.

[10] Weiss, Gerhard, 1999, "Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence." MIT press.

[11] A. Jjumba, and S. Dragićević, "High resolution urban land-use change modeling: agent iCity approach", Applied Spatial Analysis and Policy, 5.4, 291-315, 2012.

[12] J. Jokar Arsanjani, M. Helbich, E. de Noronha Vaz, "Spatiotemporal simulation of urban growth patterns using agent-based modeling: the case of Tehran", Cities, 32, 33-42, 2013.

[13] V. Kocabas, S. Dragicevic, "Bayesian networks and agent-based modeling approach for urban land-use and population density change: a BNAS model" Journal of Geographical Systems, 15.4, 403-426, 2013.

[14] Y. Feng, Y. Liu, X. Tong, M. Liu, and S. Deng, "Modeling dynamic urban growth using cellular automata and particle swarm optimization rules" Landscape and Urban Planning, 102(3), pp.188-196, 2011.

[15] Ma, S., He, J., Liu, F. and Yu, Y., 2011. "Land-use spatial optimization based on PSO algorithm" Geo-spatial Information Science, 14(1), pp.54-61.

[16] X. Li, X. Liu, "Defining agents' behaviors to simulate complex residential development using multicriteria evaluation", Journal of Environmental Management, 85.4, 1063-1075, 2007.

[17] F. Hosseinali, A. A. Alesheikh, F. Nourian, "Agent-based modeling of urban land-use development, case study: Simulating future scenarios of Qazvin city", Cities, 31, 105-113, 2013.

[18] J. Kennedy, and RC. Eberhart, "A discrete binary version of the particle swarm algorithm", Systems, Man, and Cybernetics, 1997. Computational Cybernetics and

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

Simulation, 1997 IEEE International Conference on, 5, 4104 – 4108, 1997.

[19] *J. van Vliet, R. White, S. Dragicevic, "Modeling urban growth using a variable grid cellular automaton", Computers, Environment and Urban Systems, 33, 35–43, 2009.*

[20] *G. Tian, Y. Ouyangc, Q. Quana, J. Wub, "Simulating spatiotemporal dynamics of urbanization with multi-agent systems—A case study of the Phoenix metropolitan region, USA", Ecological Modelling, 222.5, 1129-1138, 2011.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.5, No.3, Autumn 2017

A New Method to Improve the Results of Classification Obtained from Compact Polarimetry Data

Amir Aghabalaei *[1], Hamid Ebadi[2], Yasser Maghsoudi[3]

1- MSc Graduated Student from Remote Sensing Department of Geomatics, Faculty of Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
2- Associate Professor in Remote Sensing Department of Geomatics, Faculty of Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
3- Assistant Professor in Remote Sensing Department of Geomatics, Faculty of Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

Abstract

Recently, a new mode is proposed in Dual Polarimetry (DP) imaging systems that is called Compact Polarimetry (CP) which has several important advantages in comparison with Full Polarimetry (FP) such as reduction ability in complexity, cost, mass, and data rate of a Synthetic Aperture RADAR (SAR) system. Despite these advantages, the CP mode, compared to the FP mode, still achieves less information to be extracted from targets. Therefore, accuracies of classification obtained from CP data are lower than those obtained from FP data. In this paper, a new method is proposed to improve the results of classification obtaind by using CP data. For this propose, two ways are considered. First, the CP modes simulated by RADARSAT-2 FP mode, and second, Pseudo Quad Polarimetry (PQ) modes reconstructed by exploited CP modes are combine in the extracted polarimetric feature level. Results of this study show that this combination can be increase the classification accuracies.

Key words: *Compact Polarimetry, Combination in Feature Level, Classification.*

Correspondence Address *: No. 1346, Vali-Asr Street, Mirdamad, Crossing, Photogrammetry & Remote Sensing Department, Faculty of Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran*
Tel *: +98 912 5170838*
Email*: a.aghabalaei@mail.knut.ac.ir*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-08]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]