نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال پنجم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶

Vol.5, No.3, Autumn 2017

۱۱-۱

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[1*]، حمید عبادی[2]، یاسر مقصودی[3]

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 2026-11-10]

[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 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

این تحقیق در مقالاتی همچون [5، 6 و 7] نیز اتخاذ شده است، ولی نوآوری این پژوهش در به‌کارگیری این روش با استفاده از مدهای پلاریمتری فشرده می‌باشد.

2- روش پیشنهادی این تحقیق

در این پژوهش، جهت بهبود دقت‌های طبقه‌بندی، مدهای *CP* در سطح ویژگی‌های پلاریمتریک استخراج شده، با یکدیگر تلفیق می‌شوند. برای این منظور، دو روش درنظر گرفته شده است. در روش اول، مدهای *CP* که از مد *FP* ماهواره رادارست-*2* شبیه‌سازی شده‌اند، و در روش دوم مدهای شبه پلاریمتری چهارتایی (*PQ*)[1] که با استفاده از روش تکراری سویریس [8] بازسازی شده‌اند، با یکدیگر تلفیق می‌شوند. هر دو روش شامل سه مرحله اصلی می‌شود: استخراج ویژگی‌های پلاریمتریک، انتخاب ویژگی‌های بهینه و طبقه‌بندی.

2-1- استخراج ویژگی‌های پلاریمتریک

در روش اول، از هر یک از ماتریس‌های کوواریانس 2×2 مدهای *CP* تعداد *40* ویژگی پلاریمتریک استخراج می‌شود. این ویژگی‌ها به‌طورکلی شامل زوایای استوکس[2]، اجزای استوکس[3]، توصیف‌گرهای موج[4]، ویژگی‌های اصلی و تجزیه‌های هدف[5] می‌شوند. این ویژگی‌ها را می‌توان در جدول (*1*) مشاهده کرد.

در روش دوم، از هر یک از ماتریس‌های کوواریانس 3×3 مدهای *PQ* تعداد *50* ویژگی پلاریمتریک که شامل ویژگی‌های اصلی، تجزیه‌های هدف و توصیف‌گرهای *SAR* می‌شود، استخراج می‌شود. 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-δ]*	تجزیه ام-دلتا	**تجزیه های هدف** [*10-13*]
3	*[m-χ]*	تجزیه ام-خی	
3	*[m-ψ]*	تجزیه ام-سای	
3	*[m-α]*	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 2026-11-10]
[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.

2-3- 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 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]

حل مسائل غیرخطی و به‌ویژه طبقه‌بندی به‌وسیله بردارهای ویژگی است. همچنین بسته کتابخانه‌ای *SVM* [*16*] جهت محاسبات طبقه‌بندی کننده *SVM* و تابع پایه شعاعی (*RBF*)[1] به‌عنوان تابع کرنل انتخاب شدند.

3- منطقه مطالعاتی و داده‌ها

جنگل تحقیقاتی پتاواوا[2]، واقع در یکی از ایالت‌های شرقی کانادا، برای این پژوهش انتخاب شده است. این جنگل که نزدیک رودخانه کالک[3] بوده و تقریبا در *200* کیلومتری شمال غربی شهر اتاوا[4] قرار دارد، اساسا شامل درختان نرم‌چوب و سخت‌چوب می‌شود. شکل (*1*- الف) پلی‌گون‌های داده مرجع گونه‌های مختلف جنگلی را بر تصویر رزولوشن بالا نشان می‌دهد. همچنین جدول (*3*) مجموعه کلاس‌های نهایی انتخاب شده در این تحقیق، که شامل شش کلاس بلوط قرمز (سخت‌چوب)، کاج سفید (نرم‌چوب)، صنوبر سیاه (نرم‌چوب)، منطقه شهری، رودخانه و پوشش‌های گیاهی می‌شوند، را همراه با تعداد نمونه‌های آموزشی و تست مربوطه‌شان نمایش می‌دهد. داده مورد استفاده در این پژوهش، در تاریخ *4* آگوست *2009* توسط ماهواره رادارست-*2* در مد *FP* و در باند *C* اخذ شده است. شکل (*1*- ب) این داده را در یک تصویر رنگی کاذب برمبنای پائولی، که در آن $S_{HH} - S_{VV}$، $2S_{HV}$ و $S_{HH} + S_{VV}$ به ترتیب رنگ‌های قرمز، سبز و آبی هستند، نشان می‌دهد.

4- بحث و بررسی نتایج تحقیق

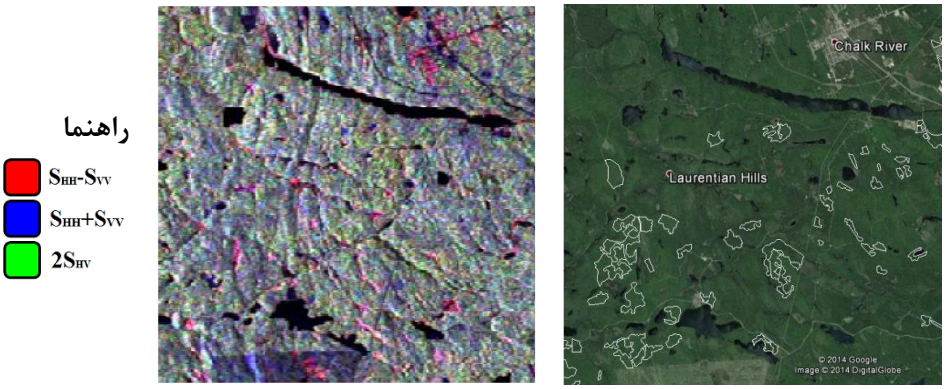
در هر یک از دو روش توضیح داده شده در قسمت روش پیشنهادی، ابتدا یک‌سری ویژگی‌های پلاریمتریک از هر یک از مدها استخراج می‌شود. سپس این ویژگی‌ها باهم ترکیب شده و یک مجموعه ویژگی جدید را تشکیل می‌دهند. حال به‌منظور کسب دقت‌های طبقه‌بندی بالاتر، الگوریتم ژنتیک بر روی این مجموعه ویژگی جدید اجرا شده و ویژگی‌های بهینه انتخاب می‌شوند. نهایتا روش *SVM* جهت طبقه‌بندی ویژگی‌های انتخاب شده به‌کار می‌رود (این روش *GA_SVM* نامیده شده است). ویژگی‌های پلاریمتریک برگزیده شده توسط الگوریتم ژنتیک، دقت‌های طبقه‌بندی حاصل از روش *SVM* برای هر مد و مدهای تلفیق شده، و نیز تصویر طبقه‌بندی شده حاصل از روش *GA_SVM* برای هر دو روش اول و دوم در جدول‌های (*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 2026-11-10]
[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.

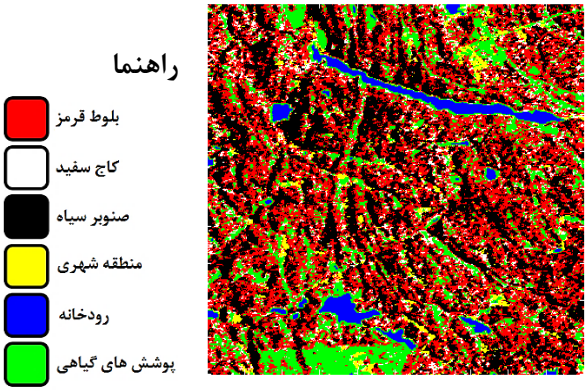
مد	زوایای استوکس	اجزای استوکس	توصیف‌گرهای موج	ویژگی‌های اصلی	تجزیه‌های هدف
CTLR_L	τ		*CPR, CONT*	C_{22}	$[m-\delta]_{Pv}$, α_S
CTLR_R			*CPR,δ*		$[m-\delta]_{Pd}$,$[m-\chi]_{Pv}$,Φ
DCP_L		g_0, g_2	λ_1, *H, DoCP*		
DCP_R			*H*	C_{22}	$[m-\psi]_{Pd}$,$[m-\alpha]_{Ps}$
Pi /4		g_1, g_2	*LPR, A,* λ_1	C_{12}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

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

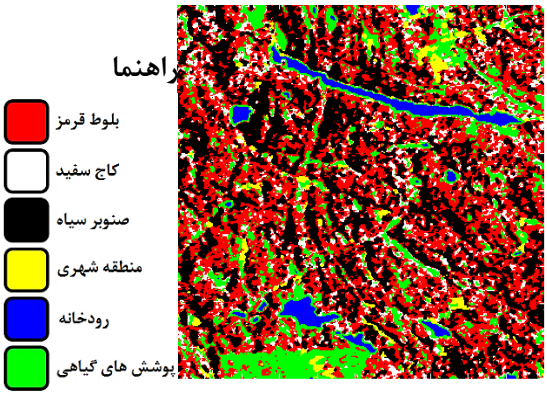
مد/روش	بلوط قرمز	کاج سفید	صنوبر سیاه	منطقه شهری	رودخانه	پوشش‌های گیاهی	دقت کلی
CTLR_L	*56,34*	*15,46*	*67,77*	*42,91*	*100*	*93,34*	*68,16*
CTLR_R	*56,86*	*28,26*	*62,91*	*54,85*	*100*	*86,68*	*68,96*
DCP_L	*52,46*	*14,66*	*53,45*	*79,95*	*100*	*90,49*	*68,68*
DCP_R	*45,20*	*7,47*	*60,23*	*66,59*	*100*	*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 2026-11-10]

[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*

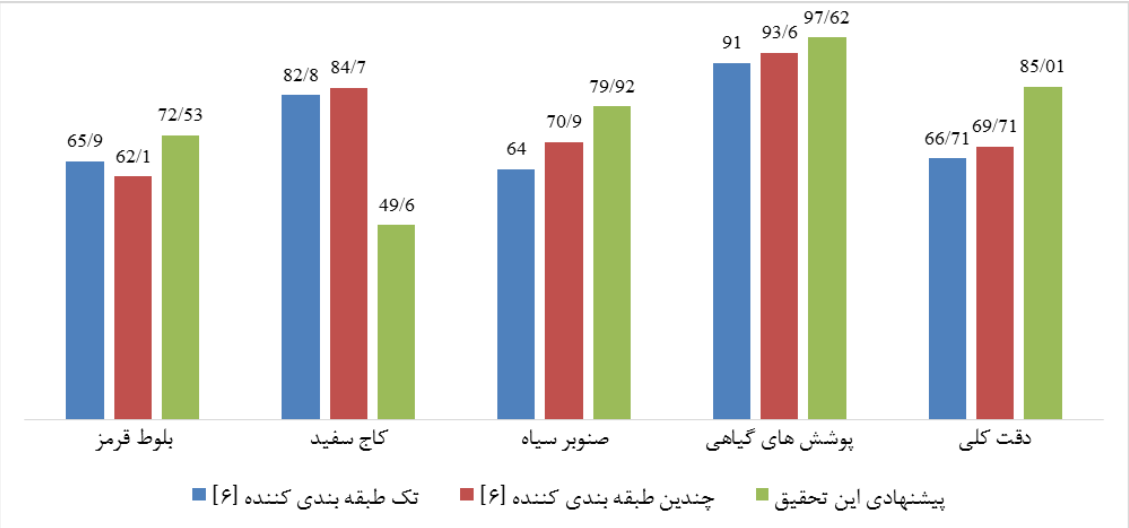
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-10]

[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 2026-11-10]

[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 2026-11-10]

[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 2026-11-10]

[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 2026-11-10]

[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 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jgit.5.3.1]