



طبقه بندی تصاویر راداری بر اساس الگوریتم کلونی مورچگان و طبقه بندی کننده فازی

مصطفی رحمانی^{۱*}، محمود رضا صاحبی^۲

۱- دانشجویی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استادیار، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده:

داده‌های پلاریمتریک SAR به دلیل دارا بودن اطلاعات غنی از محیط، در چند دهه اخیر به یکی از پر استفاده‌ترین داده‌های سنجش از دوری تبدیل شده‌اند که می‌توان از این داده‌ها با استفاده از روش‌های طبقه بندی جهت استخراج اطلاعات برای تهیه نقشه پوششی مناطق مختلف از جمله منابع طبیعی استفاده کرد. اخذ داده پلاریمتریک در این تحقیق، ابتدا استخراج ویژگی در سه گروه، ابتدا ویژگی-های داده اصلی که روش‌های مختلف مورد استفاده برای تئوری تجزیه هدف و تفکیک کننده‌های SAR است، در مرحله دوم مروی بر انتخاب ویژگی‌های پلاریمتری که هدف از انتخاب ویژگی فراهم کردن حداقل تعداد ویژگی‌های مناسب برای رسیدن به عملکرد مشابه یا حتی بهتر در مقایسه با به کارگیری تمام ویژگی‌ها می‌باشد و در نهایت طبقه بندی داده‌های پلاریمتری ارائه می‌شود. در واقع طبقه بندی یک تصویر یک روش اجرائی برای شناسایی کلاس‌های طیفی مختلف و ارتباط بین انواع پوشش زمینی خاص است. در این مقاله الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه (ACO) برای انتخاب ویژگی ارائه شده است، که دو هدف را مینیمم می‌کند: ۱- تعداد ویژگی ها ۲- خطای طبقه بندی. الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان (ACO) به عنوان ابزار جستجو است و طبقه بندی سیستم استنتاج عصبی- فازی (ANFIS) که ساختار آن شامل قابلیت‌های استنتاج سیستم فازی و انطباق پذیری شبکه عصبی می‌باشد، در مرحله ارزیابی استفاده شده است. در این مقاله چگونگی طبقه بندی پوشش زمین بر روی تصویر رادار است ۲ منطقه سانفرانسیسکو با استفاده از الگوریتم پیشنهادی در بهبود طبقه بندی بیان می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که روش ارائه شده توسط ANFIS، به دقت بالای ۹۲ درصد می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: داده‌های پلاریمتری، طبقه بندی، بهینه سازی کلونی مورچگان، سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی



۱- مقدمه

داده‌های پلاریمتریک SAR به دلیل دارا بودن اطلاعات غنی از محیط، در چند دهه اخیر به یکی از پرکاربردترین داده‌های سنجنش از دور تبدیل شده‌اند که می‌توان از این داده‌ها با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی جهت استخراج اطلاعات برای تهیه نقشه پوششی مناطق مختلف از جمله منابع طبیعی استفاده کرد. درگاهی و همکاران [۱]، طبقه‌بندی تصاویر پلاریمتریک SAR را با استفاده از میدان‌های تصادفی مارکوف انجام دادند، که در این تحقیق برای بهبود روش‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا و همچنین بهبود نتایج طبقه‌بندی نقشه پوششی علاوه بر توزیع ویشارت از اطلاعات موجود در همسایگی پیکسل‌ها نیز با روش‌های میدان تصادفی مارکوف استفاده شد که نتایج حاصل از این تحقیق بهبود نتایج طبقه‌بندی را در کلاس‌های مختلف نشان می‌دهند. Qi و همکاران [۲] در آنالیزی شیء‌گرا ۶۶ ویژگی از تصاویر پلاریمتری رادارست ۲ را برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری زمین به کار گرفتند. نتایج آن‌ها افزایش دقت طبقه‌بندی را به ویژه در مناطق ساخته شده نسبت به طبقه‌بندی کننده بر مبنای توزیع ویشارت [۳] و روش‌های رایج طبقه‌بندی مانند نزدیک‌ترین همسایه نشان داد.

مقصودی و همکاران در سال ۲۰۱۲ [۴]، از روش‌های NFS و CBFS برای انتخاب ویژگی از ۵۸ پارامتر اولیه تصاویر رادارست ۲ در طبقه‌بندی جنگل استفاده کردند. آن‌ها استفاده از یک طرح طبقه‌بندی کننده تک و چندگانه را برای بهره‌برداری از یک تعریف غیر پارامتریک از اندازه‌گیری تفکیک‌پذیری در انتخاب ویژگی پیشنهاد کرده‌اند. نتایج تجربی نشان داد که با استفاده از روش انتخاب ویژگی غیر پارامتریک دقت طبقه‌بندی نسبت به طبقه‌بندی ویشارت بهبود یافته است. باند مورد استفاده C می‌باشد. با توجه به جنگلی بودن منطقه مورد مطالعه استفاده از باند L به دلیل نفوذپذیری بیشتر می‌توانست نتایج بهتری حاصل کند.

صالحی و همکاران [۵] به منظور انتخاب ویژگی بهینه و همزمان افزایش دقت طبقه‌بندی از دو روش چندهدفه MOGA-SVM و MOGA ANFIS استفاده کرده است که دقت متوسط طبقه‌بندی با استفاده از روش‌های چندهدفه به بالای ۹۵ درصد رسید. الگوریتم چندهدفه ویژگی‌های مناسبی را برای طبقه‌بندی انتخاب می‌کند، به نحوی که با تعداد ویژگی‌های کمتر می‌توان به دقت بالاتری در مقایسه با سایر روش‌ها رسید. بنابراین می‌توان ویژگی‌های موجود در فضای ویژگی را به تعدادی بهینه کاهش داد، به نحوی که در ضمن کاهش هزینه محاسباتی اطلاعات مفید و مهم پراکنش‌های فضای تصویر را حفظ کرد.

Huang و همکاران [۶] یک مدل ترکیبی براساس ACO که ترکیب الگوریتم کلونی مورچه با ماشین بردار پشتیبان (SVM) برای حفظ دقت طبقه‌بندی با زیر مجموعه از کوچک و مناسب از ویژگی‌ها مورد بررسی قرار گرفته که نتایج نشان داد که دقت طبقه‌بندی کلی و اطلاعات در مورد ویژگی مهم توسط طبقه‌بندی ارائه شد.

یک روش انتخاب ویژگی جدید بر اساس الگوریتم فراابتکاری مورچگان و آنالیز ویژگی ردیابی گرا (TOFA) ارائه کرد. الگوریتم پیشنهادی با بهره‌گیری، هم از اهمیت منحصر به فرد از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده توسط TOFA و عملکرد زیر مجموعه‌های تعیین شده توسط دقت طبقه‌بندی برای جستجو از فضای ویژگی می‌پردازد. Alghamdi و همکاران یک روش انتخاب ویژگی جدید با ترکیب دو مدل از ACO بر اساس الگوریتم مورچگان (ACO) ارائه کرد [۷]. الگوریتم پیشنهادی قابلیت جستجوی قوی در فضای مسئله را دارد و به طور موثر می‌توانید حداقل زیر مجموعه از ویژگی‌ها را پیدا کند [۸].



۲- تئوری هدف

ویژگی های پلاریمتریک به سه دسته تقسیم می شوند: ویژگی های به طور مستقیم از داده های اصلی به دست آمده، ویژگی های که با استفاده از روش های تجزیه شناخته شده استخراج می شوند و تفکیک کننده های SAR.

ویژگی های داده های اصلی یعنی ماتریس پراکندگی (جونز)، ماتریس کوواریانس و ماتریس همبستگی می باشد.

رادار پلاریمتریک ماتریس پراکندگی مختلط با چهار پلاریزاسیون اندازه گیری می کند. بدین ترتیب ماتریس مختلط نرمالیزه جونز که به ماتریس پراکندگی نیز معروف است با رابطه زیر تعریف می شود:

$$[S] = \begin{pmatrix} S_{hh} & S_{hv} \\ S_{vh} & S_{vv} \end{pmatrix} \quad (1)$$

این ماتریس ابزار اصلی در تئوری تجزیه هدف در رادارهای پلاریمتری می باشد. در این ماتریس S_{hh} و S_{vv} مؤلفه های قطبش همدوس^۱ و S_{hv} و S_{vh} مؤلفه های قطبش غیرهمدوس ماتریس پراکندگی است. در سیستم رادارهای منواستاتیک شرط، برقرار بوده و مؤلفه های غیرهمدوس برابرند ($S_{vh} = S_{hv}$). ماتریس پراکندگی یک ماتریس با ۴ عنصر می باشد که اطلاعات جامعی را در مورد عارضه هدف در اختیار کاربران قرار می دهد که با آنالیز آن می توان ویژگی های مختلفی را استخراج نمود ویژگی های حاصل از دو ماتریس کوواریانس ([C]) و همبستگی ([T]) که بر اساس آنالیز آماری مرتبه دوم ماتریس پراکندگی حاصل می شود نیز به عنوان ویژگی های اصلی استفاده می شود.

بردار هدف \underline{K}_L به صورت رابطه زیر با فرض رادار منواستاتیک از ماتریس پراکندگی استخراج و از روی آن ماتریس کوواریانس حساب می شود:

$$\underline{K}_L = \begin{bmatrix} S_{hh} \\ \sqrt{2}S_{hv} \\ S_{vv} \end{bmatrix} \quad (2)$$

که برای توصیف خواص پراکندگی در مقیاس توان، مناسب است و بردار معادله (۲-۱۲) را در خودش ضرب کرده تا ماتریس کوواریانس $\langle [C] \rangle$ حاصل شود. این ماتریس، ابزار مناسبی برای توصیف خواص پراکندگی هدف می باشد:

$$\langle [C] \rangle = \underline{K}_L \cdot \underline{K}_L^{*T} \quad (3)$$

مهم ترین مشاهده اندازه گیری شده توسط سیستم های راداری مانند ماتریس همبستگی (۳ × ۳) یا معادل آن ماتریس مولر (۴ × ۴) است [۲]. مشابه فرم ماتریس کوواریانس برای حالت برگشت پذیری داریم:

$$K_t = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_{hh} + S_{vv} & S_{hh} - S_{vv} & \sqrt{2}S_{hv} \end{bmatrix} \quad (4)$$

یکی دیگر از مجموعه ای از الگوریتم ها در نوعی از نظریه تجزیه هدف (TD) است. ایده اصلی این روش این است که به تجزیه داده ها را به اجزای مستقل که نشان دهنده مکانیزم های مختلف پراکندگی فیزیکی است [۴]. هدف اصلی از روش های تجزیه هدف (TD)، تجزیه یا بیان ماتریس متوسط به مجموعه ای از ماتریس های مستقل نشانگر عناصر مستقل و جهت ارتباط مکانیسم فیزیکی با هر عنصر است. این تجزیه تفسیر فرآیند پراکندگی تسهیل می کند [۹]. براساس نوع ماتریس است که برای تجزیه استفاده می شود،

¹coherency



تفکیکی کننده‌های SAR به عنوان شاخص برای تشخیص میان انواع سطح و یا پوشش زمین استفاده می‌شود. این‌ها شامل: توان کل، حد اکثر یا حداقل توان دریافتی، پلاریزاسیون کسری، حداقل و حداکثر درجه پلاریزاسیون، حد اکثر یا حداقل شدت کل پراکندگی، ارتفاع پایه، ضریب وابستگی مختلط (همبستگی) و نسبت غیر پلاریزاسیون می‌باشد.

۳- استخراج ویژگی

استخراج ویژگی یکی از پردازش‌های مهم است و انتخاب یکی از فن آوری های کلیدی برای تحقق بخشیدن به طبقه بندی تصویر است [۱۰]. مسئله انتخاب ویژگی یک حالت خاص از استخراج ویژگی است در واقع مسئله استخراج ویژگی یک حالت کلی تر از انتخاب ویژگی است. انتخاب ویژگی یک کار مهم برای تجزیه و تحلیل داده ها و پردازش اطلاعات بازیابی، سیستم های طبقه بندی الگو، و کاربردهای داده کاوی است [۸]. ویژگی‌های پلاریمتری مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱). ویژگی‌های پلاریمتری مورد استفاده در این تحقیق

تعداد	نماد	توصیف	ویژگی
۳	[S]	scattering matrix elements	ویژگی‌های اصلی
۸	[T]	coherency matrix elements	
۶	[C]	covariance matrix elements	
۳	[Krog]	Krogager	ویژگی‌های تجزیه
۹	[Huy]	Huynen	
۹	[Bar]	Barnes	
۹	[Clou]	Cloude	
۹	[Holm]	Holm	
۳	[Vanzyl]	Van Zyl	
۱۹		H, A, alpha, beta, lambda, gamma, delta, asym, H_shannon, A_luen, A12, HA, (-H)A, H(1-A), (1-H)(1-A), ped, SERD, DERD, RVI	
۳	[Free]	Freeman-Durden	
۴	[Yama]	Yamaguchi	
۴	[Touzi]	Touzi	
۱	SPAN	SPAN	تفکیک کننده‌های SAR
۲	[pow]	received power extrema	
۱	fract	fractional polarization	
۲	[dop]	degree of polarization extrema	
۲	[scat]	scattered intensity extrema	
۲	[pol]	polarized intensity extrema	
۱	[unpol]	unpolarized intensity extrema	
۴	CCC, Ro12, Ro13, Ro23	correlation coefficients	
۱	V	coefficient of variation	

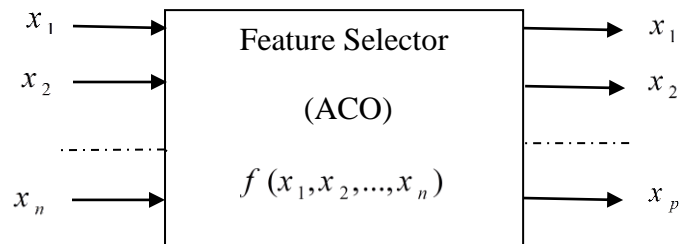


۴- بهینه‌سازی کلونی مورچگان

هدف اصلی از انتخاب ویژگی، کاهش بعد بردار ویژگی در طبقه‌بندی است به طوری که نرخ طبقه‌بندی قابل قبولی نیز حاصل شود [۱۱]. الگوریتم جمعیت مورچه در سال ۱۹۹۱ توسط مارکو دوریگو (Dorigo) و همکارانش به عنوان یک راه جند عاملی برای مسائل بهینه‌سازی طراحی و معرفی شد [۱۲]. بهینه‌سازی کلونی مورچه، یک الگوریتم فوق ابتکاری که از رفتار یافتن غذا از مورچه‌ها واقعی الهام گرفته شده است. هنگامی که یک منبع غذایی پیدا می‌شود، مورچه‌ها مقداری فرمون برای علامت گذاری مسیر برجای می‌گذارند. مقدار فرمون به جا مانده بستگی به فاصله، کمیت و کیفیت منبع غذایی دارد. آنها در یالهای گراف، فرمون بر جایی می‌گذارند. این فرمون به جا مانده در مسیر به تدریج با تبخیر کاهش می‌یابد. هر مورچه دارای حافظه داخلی است، که برای ذخیره اقدامات قبلی خود استفاده می‌شود، و آنها ممکن است برخی از ویژگی‌های مانند جستجو محلی، به منظور بهبود کیفیت مسیرهای محاسبه شده را داشته باشند و مسیر خود را با توجه به احتمالاتی که بستگی به فرمونی که قبلا توسط مورچه‌های دیگر گذاشته، انتخاب می‌کنند [۸].

۴-۱- بهینه‌سازی کلونی مورچگان برای انتخاب ویژگی

با توجه به مجموعه اصلی از اندازه n ، مسئله انتخاب ویژگی، پیدا کردن یک زیر مجموعه از حداقل ویژگی‌های برجسته از اندازه p ($n > p$)، به طوری که دقت طبقه بندی حداکثر رسیده باشد. از قابلیت بهینه‌سازی ACO می‌توان برای انتخاب ویژگی‌های استفاده کرد. سپس جستجو از زیر مجموعه ویژگی‌های بر اساس شکل (۱) انجام می‌شود.



شکل (۱). نمایش انتخاب ویژگی بر اساس الگوریتم کلونی مورچگان باینری

• تابع فرمون

$$\Delta \tau_{ij}^k(t, t+1) = Q / d_{ij} \quad (5)$$

در رابطه (۵) مقدار فرمون مورچه k ام بر روی یال d_{ij} محاسبه می‌شود.

$$\Delta \tau_{ij}(t, t+1) = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k(t, t+1) \quad (6)$$

در رابطه (۶) نیز کل فرمون بر روی آن یال با گذر m مورچه محاسبه می‌شود.

• تابع ابتکاری

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (7)$$

رابطه (۷) نسبت عکس فاصله هر یال است طبعاً برای هر مقدار ثابت فرمون، هر چقدر طول یال کوتاهتر باشد، چگالی آن بیشتر است.



• تابع احتمال

$$\frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{l \in c_i^k} \tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}} \quad (8)$$

رابطه (۸) تابع احتمال انتخاب شهر بعدی را تعیین می‌کند و برای همه شهرهایی که مورچه k امکان گزینش از شهر i را دارد، محاسبه می‌شود. و بر اساس بیشترین مقدار برای این تابع از i به شهر منتخب بر اساس مقدار این تابع، حرکت ادامه می‌یابد.

• تابع به‌روزرسانی

پس از انتخاب شهر بعدی، و قبل از آغاز مرحله بعدی برای شناخت شهر بعدی ممکن بر مسیر، تابع فرمون به‌روز می‌شود. مقدار از فرمون به مرور زمان برای جلوگیری از همگرایی سریع در الگوریتم تبخیر می‌شود.

رابطه (۹) مقدار فرمون را در زمان $t+1$ محاسبه می‌کند.

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij} \quad (9)$$

پارامترهای الگوریتم کلونی مورچه در این مقاله در جدول (۲) مشخص است.

جدول (۲). مقادیر پارامترهای الگوریتم کلونی مورچه

Iteration	ant	ρ	α	β
۲۰	۱۵	۰/۰۵	۰/۶	۰/۹

۵- سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی

منطق فازی یا Fuzzy Logic برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط دکتر لطفی‌زاده، استاد علوم کامپیوتر دانشگاه برکلی کالیفرنیا مطرح شد [۱۳]. منطق فازی به عنوان ابزاری مفید و کارآمد برای توصیف، اندازه‌گیری و کنترل مفاهیم غیر قطعی به شمار می‌رود. این منطق شامل مجموعه‌های فازی است که یک راه برای بیان عدم قطعیت و استدلال تقریبی است و یک روش نظام مند محاسباتی برای بحث در مورد اطلاعات زبان شناختی فراهم می‌آورد. در بسیاری از رشته‌های علم و تکنولوژی به طور فزاینده‌ای برای هدف پیش‌بینی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم‌های فازی، سیستم‌هایی پایدار، قابل تنظیم و همچنین به طور مرسوم قابل اعتبارسنجی اند [۱۴].

ANFIS توسط دکتر راگر جانگ در سال ۱۹۹۳ معرفی شد [۱۵]. ANFIS یک سیستم استنتاج فازی از نوع سوگنو است که بر اساس یک سری از داده‌های آموزشی موجود از فرآیند مربوطه قواعد آن بدست آمده و مقادیر بهینه پارامترهای آن تعیین می‌شود. این مدل مبتنی بر سیستم فازی سوگنو مرتبه صفر و یک است که کاربرد آن در تقریب توابع و مدل‌سازی و کنترل است و بازده قابل توجهی را نتیجه می‌دهد.

مطابق (۱۰) یکی از این سیستم‌ها، قوانین اگر-آنگاه تاکاگی سوگنو است که ورودی‌ها و خروجی‌ها مقادیر واقعی هستند و خروجی‌های هر قانون، ترکیبی خطی از متغیرهای ورودی به علاوه یک مقدار ثابت است و خروجی، میانگین وزن‌دار هر خروجی قانون است [۱۶].

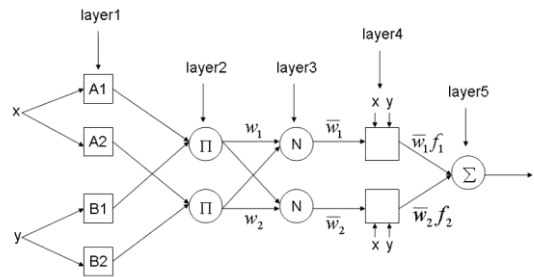


$$\text{Rule } \rightarrow i: \text{if } x \text{ is } A_i \text{ and } y \text{ is } B_i \text{ then } f_i = p_i x + q_i y + r_i \quad (10)$$

و اگر برای غیر فازی ساز از غیر فازی ساز میانگین مراکز استفاده کنیم خروجی به صورت رابطه (۱۱) خواهد بود:

$$f = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 \quad \text{st} \quad \bar{w}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2}, \quad \bar{w}_2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2} \quad (11)$$

ساختار معادل ANFIS به صورت شکل (۲) خواهد بود:

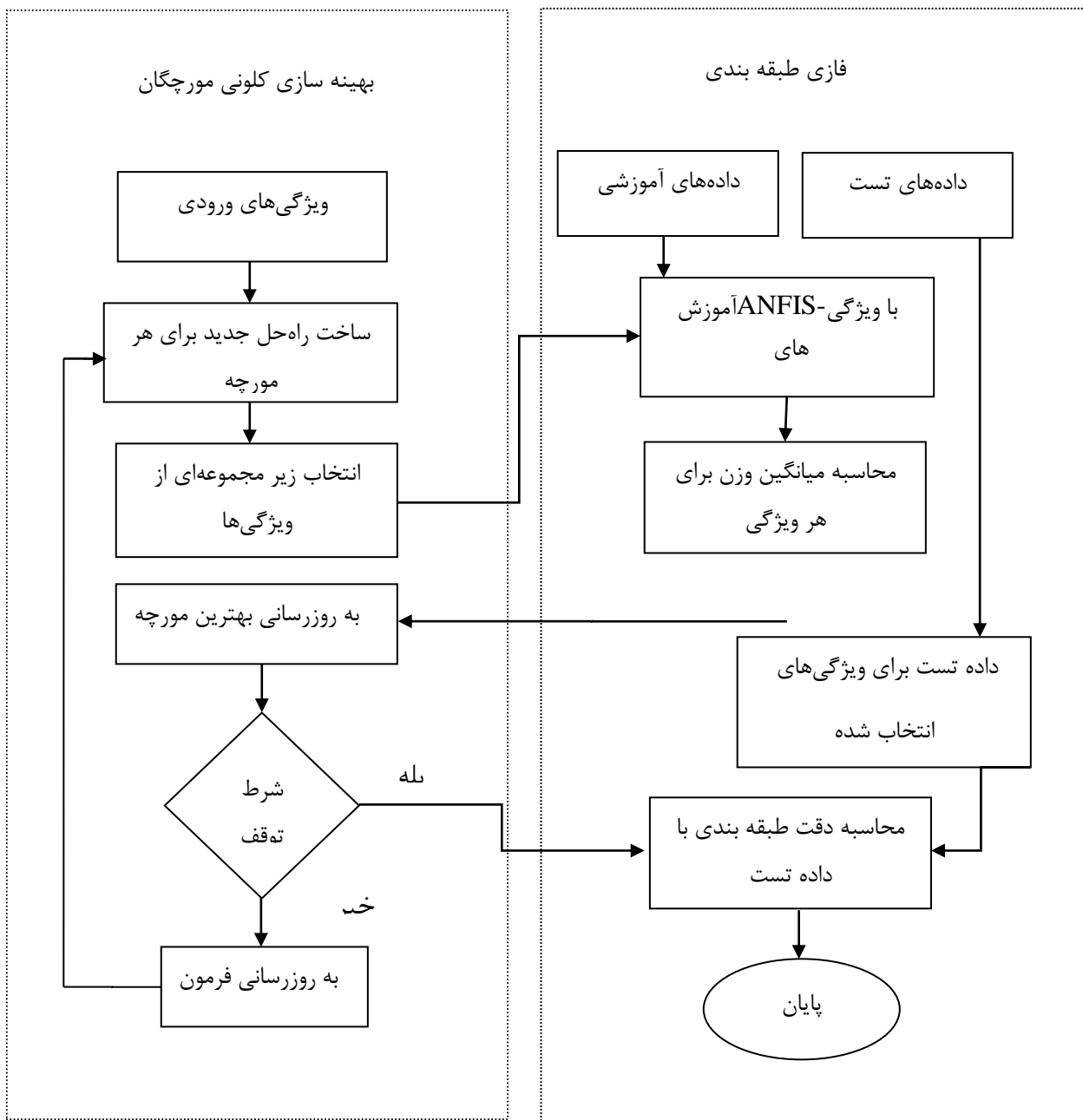


شکل (۲). ساختار معادل ANFIS برای دو ورودی و یک خروجی

شکل (۲) ساختار یک شبکه ANFIS را در پنج لایه نمایش می‌دهد، که در آن لایه اول عمل فازی‌سازی را انجام می‌دهد، لایه دوم عمل T-norm فازی را برای بخش مقدم قواعد فازی انجام می‌دهد، لایه سوم به منظور نرمال سازی به کار می‌رود، لایه چهارم بخش تالی قواعد فازی را ایجاد می‌نماید و در نهایت لایه پنجم خروجی نهایی سیستم را محاسبه می‌کند. آموزش این سیستمها به این مفهوم است که با استفاده از داده‌های آموزشی پارامترهای غیرخطی مربوط به توابع عضویت فازی در لایه اول و پارامترهای خطی لایه چهارم طوری تعیین شوند که به ازای ورودی دلخواه، خروجی مطلوب حاصل شود [۱۷].

۶- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

برای به کارگیری یک طبقه بندی کننده موثر و کارآمد، باید از الگوهایی حداقل و بهینه، به عنوان ورودی‌های استفاده نمود. چرا که ممکن است تمام ویژگی‌های استخراج شده در تفکیک نمونه‌ها مفید نباشند و یا حتی در بعضی موارد ممکن است نتایج را بدتر کنند. برای حل این مشکل در این مقاله از الگوریتم تکاملی باینری جهت پیدا کردن ویژگی‌های غالب و بهینه کمک گرفته شده است. فلوجارت الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان و ANFIS در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳). فلوجارت الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان و ANFIS

در این بررسی، به منظور ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، تصویر پلاریمتری شهر سانفرانسیسکو مربوط به سنجنده رادارست ۲ در باند C مورد استفاده قرار گرفته است. این داده در مد FQ9 با قدرت تفکیک مکانی در جهت رنج ۱/۱ متر در برد نزدیک تا ۱۰/۵ متر در برد دور جمع آوری شده است. ابعاد تصویر 1400×800 پیکسل است که ترکیب رنگی پائولی آن در شکل (۴) نشان داده شده است.



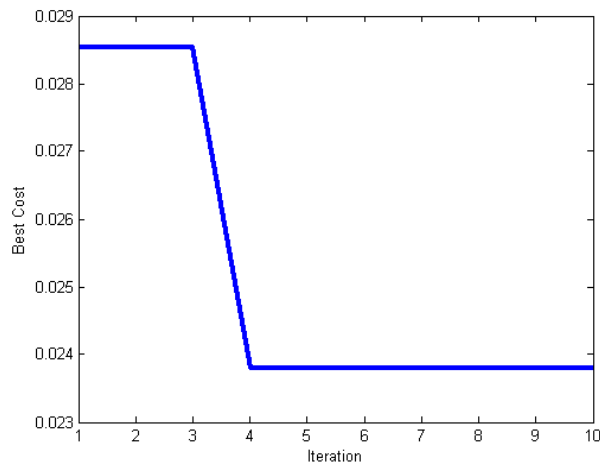
شکل (۴). تصویر RGB Pauli منطقه شهری سانفرانسیسکو

منطقه مورد مطالعه شامل ۳ کلاس اصلی آب، ساختمان، پوشش گیاهی می باشد. تعداد نمونه آموزشی و تست در هر کلاس که با استفاده از تصویر پائولی منطقه انتخاب شده اند.

مراحل ساخت ANFIS، به صورت زیر است: استخراج ویژگی، تعیین پارامترهای ورودی، آموزش آن با استفاده الگوهای ورودی و بدست آوردن خروجی با توجه به پارامترهای تالی و ارزیابی نتایج با داده های تست.

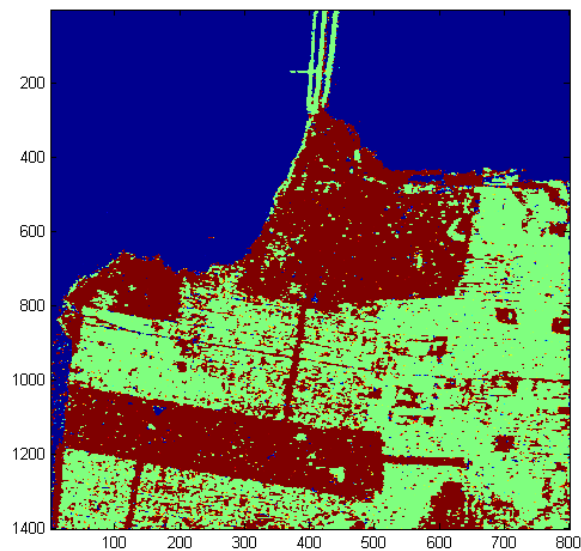
دسته بندی توسط ANFIS وابسته به مواردی مانند طراحی پارامترهای آن می باشد. دو مرحله برای طراحی پارامترهای ANFIS وجود دارد. مرحله اول، طراحی پارامترهای مقدم و مرحله بعدی، آموزش پارامترهای تالی می باشد. روش های مختلفی نیز برای طراحی پارامترهای مقدم پیشنهاد شده است، مانند: fuzzy c-means clustering، partition grid، subtractive clustering، که در اینجا برای طراحی پارامترهای مقدم از روش fuzzy c-means clustering استفاده می-کنیم و زمانی که پارامترهای مقدم بدست آمدند، پارامترهای تالی بر اساس داده های ورودی-خروجی، بدست می آیند. سپس با استفاده از اطلاعات دسته بندی شده می توان به بهترین نحو و با کمترین تعداد قوانین رفتار داده ها را مدل کرد. سیستم با تابع عضویت ورودی و خروجی به ترتیب گوسین و خطی، در این روش جهت آموزش ANFIS، از الگوریتم آموزش ترکیبی، استفاده می کنیم. روش آموزش هیبرید که ترکیبی از پیش انتشار خطا و حداقل مربعات است، یکی از مهمترین روشهای آموزش سیستمهای استنتاج فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی میباشد.

در شکل (۵) نمودار ویژگی های انتخابی براساس کمترین هزینه برای ۱۰ تکرار را نشان می دهد. در نهایت ویژگی-های که کمترین تابع هزینه که مقدار آن ۰/۰۲۳۸ می باشد انتخاب شده است.



شکل (۵). نمودار ویژگی های انتخابی براساس کمترین هزینه برای ۱۰ تکرار

در نهایت در شکل (۶) تصویر طبقه بندی شده توسط طبقه بندی کننده ANFIS براساس ویژگی های بهینه بدست می آید.



شکل (۶). نتیجه طبقه بندی نهایی حاصل از روش ANFIS

نتایج ماتریس خطا برای بهترین راه حل به صورت جدول (۳) می باشد. دقت متوسط طبقه بندی با روش ANFIS بالای ۹۲ درصد است.

جدول (۳). دقت کلی، ضریب کاپا و دقت برای کلاس

کلاس	آب	ساختمان	پوشش گیاهی	دقت تولید کننده (%)
آب	۵۸۳	۴۲	۱	۹۱/۵۳
ساختمان	۱۶	۶۰۶	۴	۸۷/۲۰
پوشش گیاهی	۳۸	۴۷	۵۸۱	۹۹/۱۵
دقت کاربر (%)	۹۳/۱۳	۹۶/۸	۸۷/۲۴	
ضریب کاپا : ۰/۸۹			دقت کلی : ۹۲/۳	



۷- نتیجه گیری

انتخاب ویژگی یک مسئله مهم در ساختار سیستم‌های طبقه‌بندی است که به طور قابل توجهی می‌تواند عملکرد طبقه بندی را تحت تاثیر قرار دهد. در این مقاله، ما یک روش انتخاب ویژگی بر اساس الگوریتم مورچگان (ACO) و طبقه‌بندی سیستم استنتاج عصبی- فازی (ANFIS) که ساختار آن شامل قابلیت‌های استنتاج سیستم فازی و انطباق- پذیری شبکه عصبی می‌باشد، ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی قابلیت جستجوی قوی در فضای مسئله را دارد و به طور موثر می‌توانید حداقل زیر مجموعه از ویژگی‌ها را پیدا کند. تعداد ویژگی‌های ورودی در یک طبقه‌بندی باید محدود باشد تا توان پیش بینی خوب، بدون یک مدل محاسباتی فشرده بیش از حد، اطمینان حاصل شود. نتایج نشان می‌دهد که روش ارائه شده توسط ANFIS، به دقت بالای ۹۲ درصد می‌رسد.

مراجع

- [۱] اکبر درگاهی، یاسر مقصودی، محمدجواد ولدان زوج "تصحیح هندسی ویژگی‌های پلاریمتری تصاویر RADARSAT-2 با استفاده از مدل RPC بهبود یافته"، بیستمین همایش ملی ژئوماتیک- اردیبهشت ۱۳۹۲
- [2] Z. Qi, Yeh, A. G. Li, X. and Lin, Z. "A novel algorithm for land use and land cover classification using RADARSAT-2 polarimetric SAR data", Remote Sensing of Environment, vol. 118, pp. 21-39, 2012.
- [3] J. S. Lee, M. R. Grunes, E. Pottier, L. Ferro-Famil, "Unsupervised Terrain Classification Preserving Polarimetric Scattering Characteristics", IEEE TRANSACTIONS ON geoscience and remote Sensing, Vol. 42, NO. 4, p.p 722-731, April 2004.
- [4] Y. Maghsoudi, M. Collins, D.G. Leckie " Polarimetric classification of Boreal forest using nonparametric feature selection and multiple classifiers", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol 19, pp 139-150, 2012.
- [5] M. Salehi, M. R. Sahebi, Y. Maghsoudi "Improving the Accuracy of Urban Land Cover classification using radarsat-2 PolSAR Data", IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing, vol. 7, NO. 4, April 2014.
- [6] Ch. L. Huang, " ACO-based hybrid classification system with feature subset selection and model parameters optimization", Neurocomputing 73 ,pp438-448, 2009.
- [7] H. S. Alghamdi, " Hybrid ACO and TOFA Feature Selection Approach for Text Classification", WCCI 2012 IEEE World Congress on Computational Intelligence, pp 10-15, 2012.
- [8] Sh.Kashef, H. Nezamabadi-pour " An advanced ACO algorithm for feature subset selection", Neurocomputing 147, p.p 271-279, 2015.
- [9] Y. Maghsoudi, "Analysis of Radarsat-2 Full Polarimetric Data for Forest Mapping" A Thesis submitted to the faculty of graduate studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of PhD, 2011.
- [10] Y. Wang G, b, T. Zhuo c, Yu Zhang C, M. Liao G, "Hierarchical Polarimetric Sar Image Classification Based On Feature Selection And Genetic Algorithm " ICSP2014 Proceedings, pp 764-768, 2014.



- [11] M.L.Raymer, W.F.Punch, E.Gooddman, L.A.Kuhn and A.K.Jain, "Dimentionality reduction using geneti algorithm", IEEE Transaction on Evolutionary Computation", vol. 4, no. 2, pp. 164- 171, 2000
- [12]. M.Dorigo, T.Stuzle, "Ant colony optimization" MTI Press, 2004.
- [13] M.Zadeh,V.Maniezzo, "Department of Electrical Eengineering and Electronics Research Laboratory",Informtion And Control,pp 338-353, 1965.
- [14] Gail, M., Brion, T.R. and Neelakantan, S.L."A neural-network-based classification scheme for sorting sources and ages of fecal contamination in water" ,Water Research,36(15): 3765-3774, 2002.
- [15] J.Shing , R. Jang, " ANFIS : Adap tive-Ne twork-Based Fuzzy Inference Systeme", IEEE Transactions On Systems ON SYSTEMS,pp 665-685, 1993.
- [16] Wang,Li-Xin, "A Course in Fuzzy Systems and Control, Prentice-Hall PTR", Englewood Cliffs, NJ, 1997.
- [17] Jang, J. S. R. and Sun, C. T,"Neuro-Fuzzy Modeling and Control," Proceedings IEEE, 83 (3), pp 378–406, 1997.