

## طبقه‌بندی طیفی - مکانی تصاویر ابرطیفی با تخمین توزیع احتمال پسین مبتنی بر کرنل، میدان‌های تصادفی مارکوف و یادگیری فعال پیوندهای شکننده اصلاح شده

مصطفی برهانی<sup>۱</sup>، محمدحسن قاسمیان یزدی<sup>۲</sup>

<sup>۱,۲</sup> دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران  
 m.borhani@modares.ac.ir, ghassemi@modares.ac.ir

### چکیده

این مقاله یک رویکرد نظارت شده برای بهبود دقت طبقه‌بندی طیفی - مکانی تصویر ابرطیفی با ساختار طبقاتی و یادگیری فعال ارائه می‌دهد. الگوریتم پیشنهادی شامل دو مرحله اصلی می‌باشد. در ابتدا، از رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای (MLR) برای استنتاج توزیع‌های احتمال پسین کلاس استفاده می‌کنیم. این امر با استفاده از رگرسیون لجستیک لاگرانژی تقویتی (LORSAL) انجام گرفته است. در واقع، در این مقاله، روش LORSAL با استفاده از کرنل‌ها به حوزه ویژگی توسعه یافته است. سپس، اطلاعات حاصل از مرحله قبل برای طبقه‌بندی طیفی - مکانی تصویر ابرطیفی استفاده می‌شود. به منظور کاهش هزینه دستیابی به مجموعه‌های آموزشی بزرگ، از یادگیری فعال مبتنی بر احتمالات پیشین MLR استفاده می‌کنیم. دیگر نوآوری این مقاله، معرفی رویکرد نمونه‌گیری فعال جدیدی است که پیوندهای شکننده اصلاح شده (MBT) نامیده شده و نمونه‌گیری‌ای بدون بایاس ارائه می‌کند. همچنین، به منظور دستیابی به حداکثر طبقه‌بندی طیفی - مکانی، پس از یکنواخت سازی توسط میدان‌های تصادفی مارکوف از الگوریتم بهینه‌سازی گستره آلفای عدد صحیح مبتنی بر  $\min - \text{cut}$  استفاده می‌کنیم. عملکرد رویکرد پیشنهادی، با استفاده از مجموعه داده‌های طیفی واقعی در آزمایش‌های مختلف با نتایج سایر روش‌های تحلیل تصویر ابرطیفی، مقایسه شده است.

### کلمات کلیدی

طبقه‌بندی طیفی - مکانی تصویر ابرطیفی، کرنل، رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای، طبقه‌بندی با تعداد نمونه آموزشی محدود، graph cut، بهینه‌سازی عدد صحیح، اطلاعات متقابل، یادگیری فعال، میدان‌های تصادفی مارکوف

به ویژه اینکه ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) [۹] در زمره روش‌های تفکیکی مدرنی هستند که می‌توانند برای تحلیل مسائل طبقه‌بندی با تعداد نمونه آموزشی محدود بکار روند. SVMها به دلیل توانایی‌های ذاتی که در مقابله با داده‌های با ابعاد بالا و نمونه‌های آموزشی محدود دارد، به طور موفقیت‌آمیز برای طبقه‌بندی نظارت شده و نیمه نظارت شده داده‌های ابرطیفی بکار گرفته شده‌اند [۱] [۱۰] [۱۱]. از سوی دیگر، رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای (MLR) [۱۲] رویکردی جایگزین برای طبقه‌بندی مسائل با تعداد نمونه آموزشی محدود است که این مزیت را دارند که خودشان توزیع‌های احتمالی کلاس را می‌یابند. خودشان توزیع‌های احتمالی کلاس در مرحله طبقه‌بندی طیفی - مکانی تصویر بسیار مهم است. MLR به عنوان طبقه‌بندی کننده تفکیکی، به طور مستقیم چگالی‌های پیشین را بجای توزیع‌های احتمال پیوسته، مدل سازی می‌کند. ویژگی‌های متمایزکننده طبقه‌بندی کننده‌های تفکیکی، قبلاً در مراجع مختلف بررسی شده

### ۱- مقدمه

با پیشرفت‌های جدید سنجش از دور، اکنون تصویرهای ابرطیفی به طور گسترده در حوزه‌های مختلف بکار می‌روند [۱]. با افزایش ابعاد داده‌ها مسائلی مانند پدیده Hughes پدیدار می‌گردد [۲]. این مسائل، اهمیت توسعه روش‌های طبقه‌بندی جدید را که توانایی طبقه‌بندی داده‌های با ابعاد بالا با تعداد نمونه آموزشی محدود را دارند، افزایش می‌دهد. روش‌های یادگیری ماشین برای استخراج اطلاعات از مجموعه داده‌های ابرطیفی اخیراً توسعه زیادی یافته‌اند [۳] [۴] [۵]. با این حال؛ اگرچه تلاش‌های بسیاری در این حوزه شده است، مسئله یادگیری داده‌های با ابعاد بالا با تعداد محدود نمونه‌های آموزشی همچنان حوزه‌ی فعالی برای تحقیق بشمار می‌رود. رویکردهای تفکیکی که بر اساس آموزش تمایز مرزهای میان کلاس‌ها در فضای ویژگی‌ها و در نتیجه توزیع کلاس‌ها عمل می‌نمایند [۶] [۷] [۸]؛ راهکارهای مناسبی برای طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی می‌باشند.