دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)
گروه مهندسی فتوگرامتری و سنجش از دور

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

گرایش سنجش از دور

طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان

زیبا زرین

اساتید راهنما:

دکتر مهدی مختارزاده **دکتر محمد جواد ولدان زوج**

تیر ۱۳۹۰

به نام ایزد یکتا

تشکر و قدردانی

واجب است پس از سپاس از پروردگار یکتا که روح و جان انسان را با نور دانش روشنی بخشیده، از مشاوره و راهنمایی‌های استادان محترم، آقایان دکتر مهدی مختارزاده و دکتر محمد جواد ولدان زوج قدردانی نمایم. همچنین از تمامی دوستانی که مرا در انجام این پایان‌نامه یاری نموده‌اند سپاسگزارم.

چکیده

در این تحقیق به پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم ماشین‌های بردار پشتیبان در تصاویر ابرطیفی پرداخته شده است. در طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی به علت ابعاد زیاد، کم بودن نمونه‌های آموزشی، تغییرات مکانی امضای طیفی، وجود نویز دارای چالش‌هایی هستیم. با توجه به مشکلات مطرح شده در طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی نیاز به روش‌هایی می‌باشد که به راحتی با ابعاد بالای داده‌های ورودی کار کرده و همچنین با نمونه‌های آموزشی کم، کاهش دقت چندانی حاصل نشود. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که در حالت کلی روش‌های هسته و در حالت خاص ماشین‌های بردار پشتیبان روش‌هایی هستند که قادرند تا حدود زیادی بر این مشکلات فائق آیند. در این تحقیق بعد از تعیین ۱۲ عدد تعداد باندهای بهینه از ۱۸۵ باند طیفی تصویر به بررسی پارامترهای موثر در طبقه‌بندی کننده ماشین‌های بردار پشتیبان مانند نوع هسته و مقدار نمونه‌های آموزشی پرداخته شده است. به منظور استفاده بهینه از محتوای اطلاعاتی تصاویر نه تنها اطلاعات طیفی بلکه اطلاعات مکانی نیز در روال‌های طبقه‌بندی مورد استفاده گرفته است. در این تحقیق از اطلاعات بافت تصویر در کنار اطلاعات غنی طیفی تصاویر ابرطیفی به منظور بهبود دقت نتایج طبقه‌بندی استفاده شده است. نتایج نشان داد که ترکیب ۱۲ باند طیفی با ۳۰ باند بافت (همه ویژگی‌های بافت باهم) بالاترین دقت را حاصل می‌نماید. در بهترین حالت ترکیب اطلاعات طیفی- مکانی دقت ۰.۹۲۰۳ حاصل شد که این امر در مقایسه با اطلاعات طیفی به افزایش دقتی در حدود ۵ درصد منجر گردید . همچنین دقت طبقه بندی کننده در ترکیب با داده‌های مکانی نسبت به اندازه پنجره مکانی (۳×۳ تا ۲۱×۲۱) و چهار جهت بردار فاصله (۰°، ۴۵°، ۹۰° و ۱۳۵°) نیز ارزیابی گردید.

کلید واژه: تصاویر ابرطیفی، طبقه‌بندی‌کننده ماشین‌های بردار پشتیبان، ویژگی‌های بافت

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... ب

فهرست جدول‌ها ..... و

فهرست شکل‌ها ..... ح

فصل ۱ -مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- ضرورت طرح مسئله ۳

۱-۳- اهداف تحقیق ۴

۱-۴- روش تحقیق ۶

۱-۵- ساختار پایان نامه ۹

فصل ۲- مروری بر تحقیقات انجام شده ۱۱

فصل ۳ -مروری بر اصول تئوریک مورد نیاز ۲۱

۳-۱- طبقه بندی کننده ماشین های بردارپشتیبان ۲۱

۳-۱-۱- ماشین های بردارپشتیبان دو کلاسه ۲۲

۳-۱-۱-۱- ماشین های بردارپشتیبان خطی ۲۳

۳-۱-۱-۲- ماشین های بردارپشتیبان غیرخطی ۲۴

۳-۱-۲- استراتژی چند کلاسی ۲۷

۳-۱-۳- انواع ماشین های بردار پشتیبان ۲۷

۳-۱-۴- براورد توانایی تعمیم ۲۸

۳-۱-۴-۱- روش ارزیابی اختلاف ۲۸
۳-۲- بافت تصویر ۲۹
۳-۲-۱- پارامترهایی آماری ۳۲
- انرژی ۳۳
- انتروپی ۳۴
- کنتراست ۳۴
- هموژنیتی ۳۴
- واریانس ۳۵
- کورلیشن ۳۵
- جمع میانگین ۳۶
- جمع انتروپی ۳۶
- جمع واریانس ۳۶
- واریانس اختلافی ۳۶
- انتروپی اختلافی ۳۶
- بزرگترین ضریب کورلیشن (MCC) ۳۷
- میزان اطلاعات وابستگی ۳۷
فصل ۴- روش تحقیق و ارزیابی نتایج ۳۹
۴-۱- مقدمه ۳۹
۴-۲- داده های مورد استفاده و پیش پردازش ۳۹
۴-۳- روش های پیاده سازی شده و چگونگی انجام آنها ۴۲
۴-۳-۱- انتخاب نمونه های آموزشی و تست ۴۳
۴-۳-۲- طراحی معماری ماشین های بردار پشتیبان ۴۴
۴-۳-۳- معیار انتخابی برای ارزیابی دقت ۴۵
۴-۴- انتخاب باندهای بهینه از داده های ابرطیفی ۴۶
۴-۵- بررسی پارامتر موثر در دقت طبقه بندی کننده ئ SVMs ۵۲

۴-۵-۱- بررسی اثر تعداد نمونه های آموزشی ۵۲

۴-۶-استخراج ویژگی های بافت تصویر و بررسی تاثیر استفاده از آنها در طبقه بندی ۵۶

۴-۷-ترکیب اطلاعات طیفی و بافت در طبقه بندی کننده SVMs ۶۲

فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۵

۵-۱- مقدمه ۷۵

۵-۲- نتیجه گیری ۷۵

۵-۳- پیشنهادات ۷۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: ماتریس GLCM برای یک تصویر ۴×۴ ..... ۳۰
جدول ۳-۲: ماتریس GLCM برای ۱=Δ و چهار جهت زاویه ۳۱
جدول ۴-۱: پوشش زمینی کلاس ها در تصویر[۳]..... ۴۱
جدول ۴-۲: تعداد پیکسل های نمونه های آموزشی (۳۰ درصد پیکسل های هر کلاس) و نمونه های تست (سایر پیکسل های باقیمانده پس از حذف پیکسل های واقع بر مرز کلاس ها) ۴۴
جدول ۴-۳: مقادیر نزدیک به پارامترهای C/γ بهینه برای ۱۲ باند طیفی ۴۹
جدول ۴-۴: بهترین دقت های نتایج ارزیابی پدیده هیوز ۵۱
جدول ۴-۵: مقایسه دقت حاصل از طبقه بندی کننده ماشین بردار پشتیبان (با هسته گوسین) با استفاده از ۱۲ و ۱۸۵ باند طیفی (C=۱۰۰) ۵۲
جدول ۴-۷: ضریب کاپا در طبقه بندی اطلاعات بافت مستخرج از ۱۲ باند طیفی، نوع طبقه بندی کننده: ماشین بردار پشتیبان با هسته گاوسین(C=۱۰۰) ۵۹
جدول ۴-۸: ضریب کاپا در طبقه بندی ۱۲ باند طیفی در ترکیب با اطلاعات بافت مستخرج از آنها، نوع طبقه بندی کننده: ماشین بردار پشتیبان با هسته گاوسین(C=۱۰۰)..... ۶۰
جدول ۴-۹: ضریب کاپا درترکیبات مختلف باندهای طیفی و مکانی با استفاده از هسته گاوسین و ۳۰ درصد نمونه آموزشی ۶۴
جدول ۴-۱۰: مقایسه ضریب کاپای ترکیب اطلاعات طیفی- مکانی با تعداد باند ۴۲ ، در نمونه آموزشی ۳۰ و ۴۰ درصد، هسته گاوسین (C=۱۰۰، گاما = ۲۵۶) ۶۵
جدول ۴-۱۱: مقادیر نزدیک به مقادیر بهینه پارامترهای C/γ در ترکیب اطلاعات طیفی و مکانی..... ۶۶
جدول ۴-۱۲: ترکیب ۳۰ باند مکانی با ۱۲ باند طیفی با زاویه صفر درجه، هسته گاوسین و نمونه آموزشی ۳۰ درصد کلاس (C=۱۰۰، گاما = ۲۵۶) ۶۷
جدول ۴-۱۳: ترکیب ۳۰ باند مکانی با ۱۲ باند طیفی زاویه ۱۳۵ درجه، هسته گاوسین و نمونه آموزشی ۳۰ درصد کلاس (C=۱۰۰، گاما = ۲۵۶) ۶۸
جدول ۴-۱۴: ترکیب ۳۰ باند مکانی با ۱۲ باند طیفی در زاویه ۴۵ درجه، هسته گاوسین و نمونه آموزشی ۳۰ درصد کلاس (C=۱۰۰، گاما = ۲۵۶) ۶۹
جدول ۴-۱۵: ترکیب ۳۰ باند مکانی با ۱۲ باند طیفی با زاویه ۹۰ درجه، هسته گاوسین و نمونه آموزشی ۳۰ درصد کلاس (C=۱۰۰، گاما = ۲۵۶) ۷۰
جدول ۴-۱۶: میانگین دقت ها در هر زاویه ۷۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ : فلوچارت روش تحقیق ۷

شکل ۳-۱ : مرز کلاس هنگامیکه کلاسها اشتراک ندارند ۲۲

شکل ۳-۲: حالت غیر قابل تفکیک در فضای دو بعدی ۲۴

شکل ۴-۱: ترکیب رنگی تصویر INDIAN PINES باندR=۶، باند G=۷ و باند B=۸ ۴۰

شکل ۴-۲: نقشه کاربری تصویر INDIAN PINES ۴۰

شکل ۴-۳: فلوچارت انتخاب باندهای بهینه از داده های ابرطیفی ۴۷

شکل ۴-۴: بررسی و مقایسه اثر پدیده هیوز در طبقه بندی کننده های SVMS_RBF , ML ۵۰

شکل ۴-۶: ارزیابی تاثیر نمونه های آموزشی بر دقت طبقه بندی کننده ئ SVMS ۵۳

شکل ۴-۷: ارزیابی تاثیر تعداد نمونه های آموزشی بر دقت طبقه بندی کننده بر اساس ضریب کاپا ۵۴

شکل ۴-۸: فلوچارت طبقه بندی ترکیب هر ویژگی بافت با ۱۲ باند طیفی ۵۹

شکل ۴-۹: مقایسه ضریب کاپا در سه حالت طیفی، مکانی و طیفی- مکانی هفت ویژگی بافت ۶۱

شکل ۴-۱۰: مقایسه کلاسهای ۲ و ۱۱ که با داشتن بیشترین تعداد پیکسلها با کلاسهای ۱۶ و ۱۳ که با داشتن کمترین تعداد پیکسلها نسبت به ابعاد مختلف کرنل مکانی ۷۲

شکل۴-۱۱: تصویر طبقه بندی شده در بالاترین دقت (ترکیب ۳۰ باند مکانی با ۱۲ باند طیفی در زاویه ۴۵ درجه، هسته گاوسین و نمونه آموزشی ۳۰ درصد اندازه کرنل مکانی ۹×۹) ۷۳

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– مقدمه

طبقه‌بندی یکی از رایج‌ترین روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر سنجش از دوری است. با تصاویر بدست آمده از سنجنده‌های ابرطیفی می‌توان پوشش‌های زمینی را با دقت و جزئیات بیشتری طبقه‌بندی کرد. سنجنده‌های ابرطیفی دارای توان تفکیک طیفی زیادی می‌باشند. این سنجنده‌ها پهنای باند مورد نظر را به صدها باند باریک مجاور هم تقسیم می‌کنند. با توجه به غنی بودن طیف حاصل از تصاویر ابرطیفی به نظر می‌رسد که طبقه‌بندی این تصاویر دقت مناسبی داشته باشد اما وجود برخی از مشکلات مانع از انجام این کار است.

یک مشکل اساسی برای طبقه‌بندی داده‌های ابرطیفی کم بودن تعداد نقاط آموزشی نسبت به تعداد باندهای تصویر است، که به پدیده هیوز معروف می‌باشد. بدست آوردن نمونه‌هایی که برچسب آنها از قبل مشخص باشد یک فرایند پرهزینه است. بنابراین باید به دنبال روش‌های طبقه‌بندی بود که بتوانند با نمونه‌های آموزشی کم، دقت مناسبی را ارائه نمایند. کم بودن تعداد نقاط آموزشی با افزایش باندها بیشتر مطرح می‌گردد. از طرف دیگر برای محاسبه پارامترهای هر طبقه‌بندی کننده به یک حداقل نمونه آموزشی نیاز است. در بسیاری از طبقه‌بندی کننده های کلاسیک لازم است که ممان‌های آماری کلاس‌ها تخمین زده شود. این در حالیست که هر چه تعداد باندها زیاد شود تخمین ممان‌های آماری غیر دقیق‌تر خواهد بود و در نتیجه صحت و اعتبار بدست آمده از طبقه‌بندی کننده کاهش خواهد یافت. برای طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی با نقاط آموزشی محدود، یک راه کم کردن تعداد باندها با استفاده از الگوریتم‌های کاهش باند می‌باشد. با کم کردن تعداد باندها در واقع نسبت داده‌های آموزشی به باندهای باقیمانده افزایش می-یابد. عیب این روش‌ها این است که وقت‌گیر هستند و گاهی نیاز به اطلاعات اولیه در مورد داده‌ها دارند

[۱]. مشکل دیگر استفاده از تصاویر ابرطیفی زیاد بودن تعداد باندها و حجم اطلاعات می‌باشد که باعث طولانی شدن مدت زمان طبقه‌بندی این تصاویر می‌گردد.

با توجه به مشکلات مطرح شده در طبقه‌بندی این تصاویر نیاز به روش‌هایی می‌باشد که به راحتی با ابعاد بالای داده‌های ورودی کار کرده و همچنین با نمونه‌های آموزشی کم، از دقت و قابلیت اعتماد مناسبی نیز برخوردار باشند. علاوه براین پایداری نسبت به نمونه‌های نویزی از دیگر ویژگی‌های مورد انتظار از چنین طبقه‌بندی کننده‌ها می‌باشد.

طبقه‌بندی‌کننده‌های مبتنی بر هسته، ضمن تصویر داده ها از فضای ورودی به فضای ویژگی هسته با ابعاد بالاتر و حل مسئله در این فضا قادرند تفکیک‌پذیری مناسبی بین کلاس‌ها ایجاد کنند [۱]. این طبقه‌بندی‌کننده‌ها به ما امکان تفسیر الگوریتم آموزشی به صورت هندسی در فضای هسته را می دهند. بنابراین می توان هندسه و آمار را به صورت موثری با هم تلفیق کرد. از جمله طبقه بندی‌کننده‌های مبتنی بر هسته می‌توان به Reg-AB[۱], SVC[۲], KFD[۳] اشاره نمود [۱] .

در سال‌های اخیر روش‌های هسته مانند ماشین‌های بردار پشتیبان یا آنالیز KFD نتایج خوبی را از نظر دقت و ثبات در تصاویر ابرطیفی نشان داده اند [۱]. ماشین‌های بردار پشتیبان یک طبقه‌بندی کننده غیر پارامتریک مبتنی بر هندسه داده‌ها است. در این روش نمونه‌هایی که مرزهای کلاسی را تشکیل می‌دهند، مشخص شده و با استفاده از آنها ابرصفحه بهینه برای جداکردن کلاس‌ها بدست می‌آید. به این نمونه‌ها بردار پشتیبان گفته می‌شود و می‌توانند به عنوان زیر مجموعه‌ای برای تعریف مرزهای تصمیم گیری به کار گرفته شوند. این طبقه‌بندی کننده در حالتی که داده‌ها به صورت خطی در فضای ورودی از هم جدا شوند با استفاده از ابرصفحه بهینه آنها را طبقه‌بندی می‌کند و در حالت غیرخطی فضای ورودی توسط تابع

[۱] Regularized Adaboost
[۲] Support Vector Clustering
[۳] Kernel Fisher Discriminant

هسته به فضای با ابعاد بالاتر با نام فضای ویژگی[1] تصویر می‌شود، سپس در این فضا داده‌ها را می‌توان با یک طبقه‌بندی کننده خطی طبقه‌بندی کرد.

۱-۲- ضرورت طرح مسئله

در طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی به علت ابعاد زیاد، کم بودن نمونه‌های آموزشی، تغییرات مکانی امضای طیفی[2]، وجود نویز و داده‌های نامشخص[3] دارای چالش‌هایی هستیم. با توجه به مشکلات مطرح شده در طبقه‌بندی این تصاویر نیاز به روش‌هایی می‌باشد که به راحتی با ابعاد بالای داده‌های ورودی کار کرده و همچنین با نمونه‌های آموزشی کم، کاهش دقت چندانی حاصل نشود. علاوه براین پایداری نسبت به نمونه-های نویزی از دیگر ویژگی‌های مورد انتظار از چنین طبقه‌بندی کننده‌ها می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که در حالت کلی روش‌های هسته و در حالت خاص ماشین‌های بردار پشتیبان روش‌هایی هستند که قادرند تا حدود زیادی بر این مشکلات فائق آیند.

روش ماشین‌های بردار پشتیبان در حالت سنتی، جزء روش‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا محسوب می-شود به این معنی که هر پیکسل فقط بر اساس بردار طیفی خود و بدون در نظر گرفتن مشخصات طیفی پیکسل‌های همسایه برچسب‌گذاری می‌شود. از اینرو علیرغم کارایی خوب این روش‌ها، نتایج طبقه‌بندی بدست آمده در حالت کلی نویزی هستند.

لازم به ذکر است که یک تصویر شامل یک مجموعه مستقل و با پراکندگی برابر از پیکسل‌ها نیست بلکه تصویر از یک حوضه ساختاری تشکیل شده است: پیکسل‌هایی با نزدیکی مکانی باید به طور ذاتی به

---

۱ Feature Space

۲ Spectral Signature

۳ Uncertainty

یک کلاس تعلق داشته باشند بنابراین نه تنها اطلاعات طیفی بلکه اطلاعات مکانی نیز باید در طبقه‌بندی مورد استفاده واقع شوند.

از میان اطلاعات مکانی مختلف، اطلاعات بافت توجه بیشتری را به خود معطوف کرده است. زیرا اطلاعات بافت را می‌توان با سهولت بیشتری به صورت کمی بیان کرد در حالیکه کمی نمودن سایر اطلاعات مکانی مانند شکل، اندازه و سایه دشوارتر می‌باشد. بنابراین با توجه به اطلاعات بافتی موجود در تصویر، استفاده از این دسته اطلاعات به همراه اطلاعات طیفی جهت بهبود دقت طبقه‌بندی مفید به نظر می‌رسد.

با جمع‌بندی مطالب فوق به این نتیجه می‌رسیم که بررسی و امکان‌سنجی استفاده از اطلاعات مکانی ناشی از مجاورت پیکسل‌ها در طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی نیاز به یک بررسی تحقیقاتی دارد. با توجه به موفقیت روش طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان بر روی داده‌های ابرطیفی، استفاده توامان از داده-های غنی طیفی در کنار اطلاعات بافت تصویر، انگیزه‌های اصلی تحقیق حاضر می‌باشد.

۱-۳- اهداف تحقیق

هدف اصلی از تحقیق حاضر، استفاده از اطلاعات مکانی جهت بهبود دقت طبقه-بندی داده‌های ابرطیفی می‌باشد. با توجه به اینکه روش ماشین بردار پشتیبان یکی از موفق ترین روش‌های طبقه‌بندی داده‌های ابرطیفی و همچنین ویژگی‌های بافت تصویر از رایج‌ترین روش‌های کمی‌سازی اطلاعات مکانی تصویر می‌باشند، هدف اصلی این تحقیق بر استفاده توام از اطلاعات طیفی و بافت تصویر در روش طبقه-بندی کننده ماشین بردار پشتیبان متمرکز شده است.

بر اساس اهداف اصلی فوق، سوالات اصلی تحقیق به شرح ذیل می‌باشند:

- پارامترهای مهم و موثر در دقت طبقه‌بندی کننده SVMs کدامند؟ نوع هسته، نمونه آموزشی یا تعداد باندها؟ هر کدام از این موارد چگونه و به چه میزان در نتایج نهایی طبقه‌بندی اثرگذار می‌باشند؟
- حساسیت SVMs نسبت به پدیده هیوز چگونه است؟
- آیا می‌توان با افزودن اطلاعات مکانی حاصل از ویژگی‌های بافت، دقت طبقه‌بندی کننده SVMs را افزایش داد؟ در این راستا سایر سوالات فرعی به شرح ذیل می‌باشند:
  - کدامیک از ویژگی‌های بافت موثرترند و هر کدام تا چه اندازه به بهبود نتایج منجر می‌شود؟
  - مناسب‌ترین ترکیب اطلاعات طیفی و ویژگی‌های بافت چگونه است؟

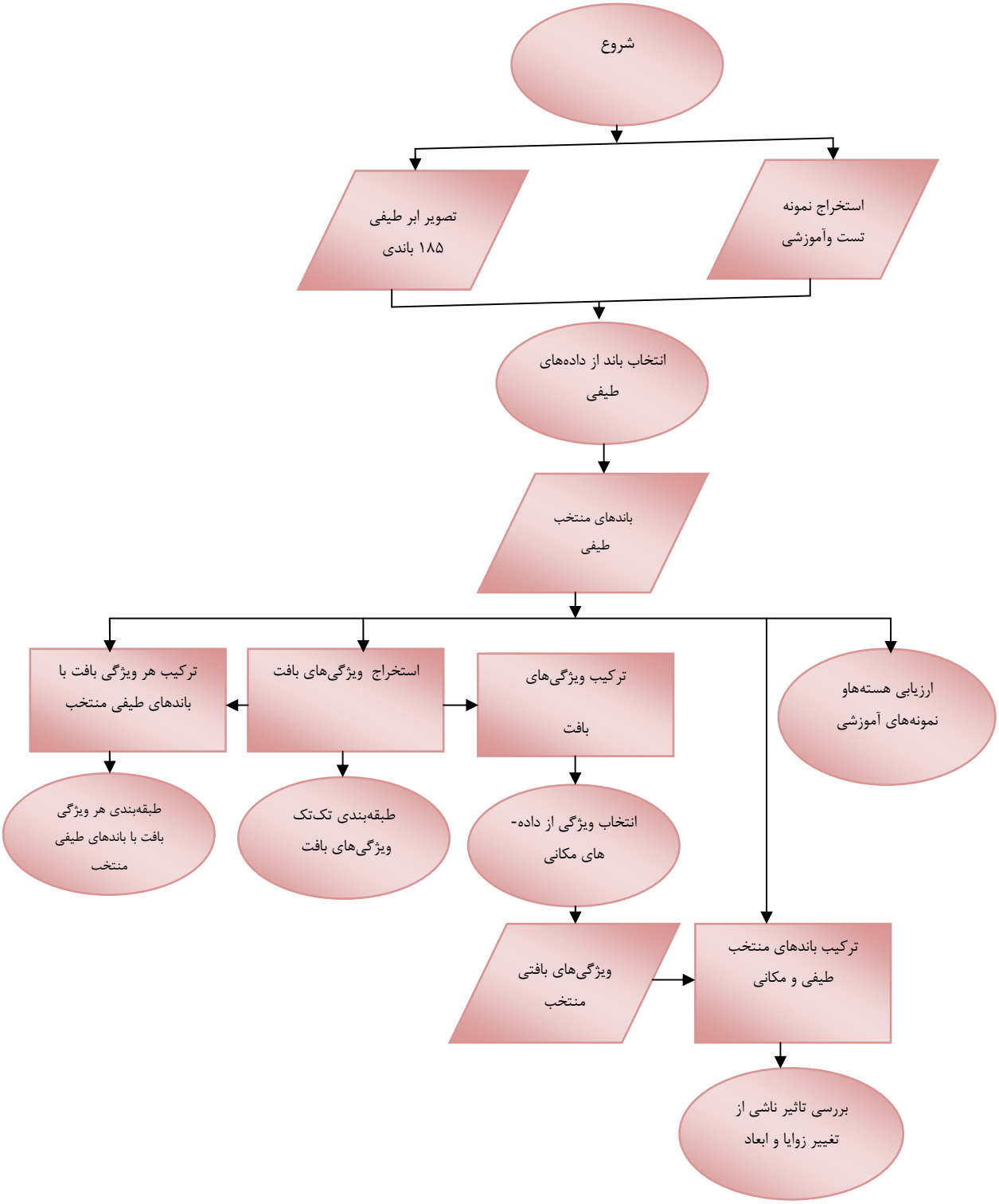
به منظور پاسخ‌دهی به سوالات فوق، در این تحقیق ابتده به بررسی به قابلیت‌های ماشین‌های بردار-پشتیبان در طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی می‌پردازیم. در این راستا حساسیت SVMs نسبت به پدیده هیوز، ارزیابی دقت SVMs نسبت به مقدار نمونه‌های آموزشی و نوع هسته مورد استفاده مورد بحث قرار گرفته-اند.

در ادامه جهت دست‌یابی به دقت بالاتر در این طبقه‌بندی‌کننده، علاوه بر اطلاعات طیفی، اطلاعات بافت تصویر نیز به عنوان ورودی‌های این طبقه‌بندی‌کننده اضافه شده‌اند. بررسی دقت طبقه‌بندی‌کننده SVMs با مشارکت ویژگی‌های مختلف بافت و ترکیب مناسب آنها با اطلاعات طیفی نیز از اهداف این تحقیق می‌باشند.

۱-۴- روش تحقیق

با توجه به چالش‌های مطرح شده در بخش قبل نیاز به طبقه‌بندی‌کننده‌ای داریم که بر مشکل افزونگی داده و تعداد کم نمونه‌های آموزشی فائق آمده و دقت مناسبی حاصل کند. در این تحقیق جهت دست‌یابی به اهداف فوق از طبقه‌بندی‌کننده SVMs استفاده می‌نماییم. همچنین از ویژگی‌های بافت آماری مرتبه اول، بعنوان اطلاعات مکانی مورد استفاده در این طبقه‌بندی بهره‌گیری شده است.

بر اساس اهداف تحقیق که در بخش قبل ارائه شد، روش انجام تحقیق مطابق با شکل ۱-۱ برنامه‌ریزی و اجرا شده است:



شکل ۱-۱ : فلوچارت روش تحقیق

مطابق با فلوچارت فوق، در این تحقیق ابتدا به انتخاب باندهای بهینه از داده‌های ابرطیفی می‌پردازیم. با ارزیابی انجام شده در این قسمت به سه هدف خواهیم رسید: (۱) بررسی رفتار طبقه‌بندی‌کننده ماشین-های بردار پشتیبان نسبت به پدیده هیوز (بررسی چالش موجود در تصاویر ابرطیفی توسط این الگوریتم)، (۲) مقایسه دقت طبقه‌بندی‌کننده ماشین‌های بردار پشتیبان در تصویر ابرطیفی نسبت به دقت طبقه-بندی‌کننده بیشترین احتمال (ارزیابی مقدار دقت الگوریتم) و (۳) تعیین باندهای بهینه با بیشترین دقت به عنوان نماینده تمامی باندها برای ارزیابی‌های بعدی با هدف دستیابی به افزایش سرعت و دقت (انتخاب باند)

بعد از تعیین تعداد باندهای کافی که ۱۲ عدد می‌باشد به بررسی پارامترهای موثر در طبقه‌بندی کننده ماشین‌های بردار پشتیبان یعنی نوع هسته و مقدار نمونه‌های آموزشی پرداخته شده است. به این منظور ۸ هسته ماشین‌های بردار پشتیبان شامل هسته‌های گاوسین، چندجمله‌ای، پرسپترون چندلایه، گاوسین نمایی، لگاریتمی، معین مثبت شرطی و کاهش تدریجی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ارزیابی‌های صورت گرفته هسته‌ها از نقطه نظر دقت، زمان و پارامترهایشان مقایسه شده‌اند و در نهایت تابع هسته گاوسین برای سایر ارزیابی‌ها انتخاب شد. در ارزیابی مقدار نمونه‌های آموزشی، نمونه‌های آموزشی از ۱۰ درصد شروع شده و با گام‌های ده درصدی تا ۷۰ درصد افزایش می‌یابد و تعداد کافی از نمونه‌های آموزشی تعیین شده است.

در قسمت‌های بعدی جهت حصول به دقت بالاتر و استفاده از تمام اطلاعات موجود در تصویر علاوه بر باندهای طیفی، ویژگی‌های مکانی بافت نیز استخراج گردید. ارزیابی‌های این قسمت شامل دو مرحله می-باشد: (۱) ابتدا طبقه‌بندی‌کننده فقط با داده‌های مکانی و به صورت جداگانه برای هر نوع ویژگی بافت آموزش داده شده است (۲) با ترکیب هر نوع ویژگی بافت با ۱۲ ویژگی طیفی، طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان آموزش داده شده است. لازم به ذکر است که ۱۲ باند طیفی به عنوان ورودی برای تولید

ویژگی مکانی در نظر گرفته شده است. در این ارزیابی ۷ ویژگی از ۱۴ ویژگی‌های Haralick انتخاب شده-اند.

در آخرین ارزیابی به ترکیب بهینه باندهای طیفی و تمامی ویژگی‌های بافت پرداخته شده است. در این قسمت اثر ابعاد پنجره‌های مکانی و زاویه کرنل مکانی روی این دسته داده‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۵- ساختار پایان‌نامه

در این تحقیق نتایج پژوهش‌های انجام شده در ۶ فصل به صورت زیر ارائه شده‌اند:

در فصل اول این تحقیق بعد از ذکر مقدمه‌ای کوتاه در رابطه با تصاویر ابرطیفی، چالش‌هایی که در طبقه‌بندی با این تصاویر روبرو هستیم، معرفی ماشین‌های بردار پشتیبان برای غلبه بر این چالش‌ها و انگیزه استفاده از اطلاعات بافت تصویر برای غنی‌سازی اطلاعات و در نتیجه افزایش دقت طبقه‌بندی‌کننده تشریح شده است.

در فصل دوم به مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه ماشین‌های بردار پشتیبان و ترکیب آن با روش‌های نیمه‌نظارت نشده و اطلاعات مکانی، استفاده از اطلاعات بافت در افزایش دقت طبقه‌بندی خصوصا تصاویر سنجش از دور در مقالات، پایان نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری می‌پردازیم.

در فصل سوم جهت ورود به مسئله و آشنایی خواننده با اصول تئوریک مورد استفاده، توضیحاتی مختصر در مورد ماشین بردار پشتیبان و نحوه استخراج اطلاعات بافت ارائه شده است.

در فصل چهارم که بخش عمده این تحقیق می‌باشد به روش تحقیق و ارزیابی نتایج حاصل می‌پردازیم. در این بخش بعد از ذکر مقدمه‌ای کوتاه، معرفی داده‌های مورد استفاده و آزمون‌های انجام شده هر کدام به ترتیب معرفی شده و نتایج و ارزیابی‌های آن نیز ارائه شده‌اند.

فصل پنجم به جمع بندی و نتیجه‌گیری کلی از موارد ارائه شده اختصاص یافته است. همچنین جهت ادامه پژوهش و تحقیقات بعدی پیشنهاداتی ارائه شده است.