بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی نقشه‌برداری

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران-سنجش از دور

بررسی و پیاده‌سازی روش SVM برای تصاویر ماهواره‌ای

استاد راهنما:

دکتر مهدی مومنی

پژوهشگر:

مینا زلفی باروق

تیر ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی نقشه برداری

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش سنجش از دور

خانم مینا زلفی باروق تحت عنوان

بررسی و پیاده سازی روش SVM برای تصاویر ماهواره ای

در تاریخ ۹۰/۴/۸ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه بسیار خوب به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر مهدی مومنی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضا
۲- استاد داور داخل گروه	دکتر علیرضا امیری	با مرتبه ی علمی استادیار	امضا
۳- استاد داور خارج گروه	دکتر سید امیرحسن منجمی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضا

امضای مدیر گروه

سپاس‌گذاری

لازم می‌دانم از کلیه افرادی که مرا در انجام این پایان‌نامه یاری رساندند تشکر و قدردانی کنم.

از زحمات جناب آقای دکتر مهدی مومنی که در طی مراحل تهیه و تدوین پایان نامه مرا یاری کردند و زحمت راهنمایی آن را پذیرفتند ، همچنین استاد داور خارج جناب آقای دکتر امیر حسن منجمی و استاد داور داخل جناب آقای دکتر علیرضا امیری که زحمت خواندن پایان نامه را متقبل شدند.

تقدیم به

تجلی‌گاه حمایت خداوند

پدرم

مظهر لطف و مهربانی

مادرم

چکیده

پوشش زمینی یکی از داده‌های اولیه و اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیطی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین منابع اطلاعات پوشش زمینی در مناطق با وسعت زیاد، سنجش از دور است که اجازه می دهد داده های مورد نیاز به طور مرتب تکرار شوند. یکی از مسائل مهم و حائز اهمیت در سنجش از دور، بهبود طبقه بندی تصاویر ماهواره ای به منظور افزایش دقت نقشه‌های پوشش زمینی می‌باشد. روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد که در این میان، ماشین بردار پشتیبان (SVM) اخیرا توجه جامعه سنجش از دور را به خود جلب کرده است. با توجه به ویژگی‌های روش‌های مختلف، قابلیت‌های SVM به عنوان روشی کارا برای ارزیابی داده‌های طیفی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این روش با استفاده از داده‌های آموزشی کم از خواص هندسی داده‌ها برای طبقه‌بندی استفاده می‌کند. همچنین SVM از توابع هسته برای انتقال داده‌های غیرخطی در فضای ورودی به داده‌های خطی در فضای ویژگی استفاده می‌کند. داده‌های چندطیفی استفاده شده در این تحقیق، داده‌های سنجنده +ETM از منطقه مرکزی ایران که قسمت‌هایی از استان اصفهان را شامل می‌شود، می‌باشند. در این پایان‌نامه سعی بر آن است که توانایی SVM را، در استخراج پوشش زمینی از سنجنده‌های سنجش از دوری و عملکرد آن در مقایسه با شبکه عصبی ارزیابی شود. همچنین پارامترهای مختلفی که در دقت طبقه‌بندی تاثیر می‌گذارند مانند تعداد متغیرها در تصویر چند طیفی و هسته‌های آموزشی ارزیابی شوند و نتایج با استفاده از ماتریس ابهام به صورت نمودار نشان داده شود. دو هسته‌ای که برای طبقه بندی استفاده می‌شوند، هسته پایه شعاعی و هسته چندجمله‌ای می‌باشند که در مقایسه با دیگر هسته‌ها از عملکرد بهتری برخوردار هستند. همچنین برای بررسی تاثیر افزایش تعداد متغیرها بر روی دقت طبقه‌بندی، دو ویژگی طیفی شاخص گیاهی تفاضلی نرمال و شاخص گیاهی نسبی را به باندهای سنجنده افزوده و نتایج با حالتی که فقط از ۳ باند طیفی استفاده شده بود مقایسه گردید. ملاحظه می‌شود که در هر دو روش با افزایش متغیرهای ورودی دقت طبقه‌بندی افزایش می‌یابد. در حالت سه متغیره، دقت شبکه عصبی بالاتر از روش SVM می‌باشد. دلیل این امر به خاطر این است که در حالت سه بعدی، SVM توانایی کمتری برای انتقال داده‌های غیرخطی در فضای ورودی به داده‌های خطی در فضای ویژگی دارد، در حالت پنج متغیره دقت SVM بالاتر از شبکه عصبی می‌باشد. البته تصاویر چندطیفی قابلیت تفکیک عوارض در سطوح بالای ساختار طبقه‌بندی را دارند و برای ایجاد تمایز در سطوح پایین‌تر ساختارهای طبقه‌بندی مناسب نمی‌باشند. برای تحلیل این مشکل از تصاویر ابرطیفی استفاده شد. تصویر سنجنده AVIRIS با دارا بودن ۲۲۰ باند طیفی در این تحقیق استفاده شده است. هدف، تفکیک سه کلاس سویا کم شخم، بدون شخم و شخم زده با استفاده از روش SVM می‌باشد. دو هسته چندجمله‌ای و پایه شعاعی برای طبقه‌بندی استفاده شده‌اند. همچنین داده‌های آموزشی در دو مرحله ۱۰٪ و ۲۰٪ از کل داده‌ها بررسی شده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از SVM می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل مناسب برای به دست آوردن دقت مناسب در طبقه‌بندی داده‌های ابرطیفی با تعداد نمونه‌های آموزشی کم موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، طبقه‌بندی، ماشین بردار پشتیبان، توابع هسته، شبکه عصبی، ماتریس ابهام

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول:

مقدمه ۱

۱-۱ پیشینه مسئله ۴

۱-۲ اهداف پایان‌نامه و ضرورت حل مسئله..... ۷

۱-۳ نمای کلی پایان نامه ۱۱

فصل دوم: داده‌ها

۲-۱ شبیه سازی ۱۲

۲-۱-۱ معیار جدایی پذیری ۱۳

۲-۱-۱-۱ ماتریس پخش درون کلاسی ۱۴

۲-۱-۱-۲ ماتریس پخش بین کلاسی ۱۴

۲-۱-۱-۳ ماتریس پخش ترکیبی..... ۱۴

۲-۲ ETM ۱۷

۲-۳ تصویر ابرطیفی AVIRIS ۲۰

۲-۴ ساختارهای طبقه بندی ۲۲

۲-۴-۱ ضرورت استاندارد سازی..... ۲۲

فصل سوم: معرفی روشهای مختلف طبقه بندی و ماتریس خطا

۳-۱ مقدمه ۲۶

۳-۲ ماشین بردار پشتیبان ۲۶

۳-۲-۱ SVM خطی: حالت جداپذیر خطی ۲۸

۳-۲-۲ SVM خطی: حالت عدم‌تفکیک‌پذیری خطی ۳۰

۳-۲-۳ SVM غیرخطی: روش هسته ۳۲

۳-۲-۴ فضای ویژگی ۳۴

۳-۲-۴-۱ توابع هسته ۳۴

عنوان **صفحه**

۳-۳ روش‌های چندکلاسه ۳۵
۳-۳-۱ روش OAA ۳۵
۳-۳-۲ روش OAO ۳۵
۳-۴ SVM در فضای چندطیفی و ابرطیفی ۳۶
۳-۵ شبکه عصبی ۳۷
۳-۵-۱ مقدمه‌ای بر شبکه عصبی ۳۷
۳-۵-۲ شبکه‌های بدون لایه مخفی ۳۹
۳-۵-۳ شبکه‌های با لایه مخفی ۴۰
۳-۶ ماتریس ابهام ۴۰
۳-۶-۱ محاسبات ریاضی ماتریس ابهام ۴۱

فصل چهارم: نتایج شبیه سازی و پیاده سازی بر روی تصویر

۴-۱ خلاصه ای از حالت های شبیه سازی شده (جداول و نمودارها) ۴۶
۴-۱-۱ حالت دو متغیره ۴۶
۴-۱-۱-۱ جدایی پذیری کم ۴۸
۴-۱-۱-۲ جدایی پذیری متوسط ۴۹
۴-۱-۱-۳ جدایی پذیری زیاد ۵۱
۴-۱-۲ حالت چهار متغیره ۵۳
۴-۱-۲-۱ جدایی پذیری کم ۵۳
۴-۱-۲-۲ جدایی پذیری متوسط ۵۵
۴-۱-۲-۳ جدایی پذیری زیاد ۵۷
۴-۱-۳ حالت هفت متغیره ۵۹
۴-۱-۳-۱ جدایی پذیری کم ۵۹
۴-۱-۳-۲ جدایی پذیری متوسط ۶۱
۴-۲ نتایج پیاده سازی SVM برای تصویر ETM+: ۶۳
۴-۲-۱ پیاده سازی SVM با هسته چندجمله‌ای و شبکه عصبی برای حالت های سه متغیره و پنج متغیره ۶۳

عنوان **صفحه**

۴-۲-۲: پیاده سازی SVM با هسته RBF و شبکه عصبی برای حالت های سه متغیره و پنج متغیره ۶۵
۴-۳: پیاده سازی SVM برای تصویر ابرطیفی AVIRIS.....۶۶
۴-۳-۱: پیاده سازی SVM برای تصویر ابرطیفی AVIRIS توسط هسته چندجمله‌ای ۶۶
۴-۳-۲: پیاده سازی SVM برای تصویر ابرطیفی AVIRIS توسط هسته RBF ۶۷
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
پیوست.....۷۲
منابع و مآخذ ۸۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ ماتریس پخش درون کلاسی و بین کلاسی در حالت های مختلف ۱۶
شکل ۲-۲ تصویر ETM مربوط به منطقه مرکزی ایران شامل قسمت‌هایی ازاستان اصفهان ۱۹
شکل ۲-۳ تصویر Indian Pines باند ۷ ..... ۲۰
شکل ۲-۴ نمونه‌های آموزشی تصویر سنجنده AVIRIS اخذ شده از منطقه Indiana ۲۱
شکل ۳-۱ ابر صفحه جدا کننده بهینه ۲۷
شکل ۳-۲ ابر صفحه جدا کننده بهینه برای حالت تفکیک‌پذیری خطی ۲۸
شکل ۳-۳ مسئله خطا در طبقه بندی ۳۱
شکل ۳-۴ تصویر فضای ورودی به فضای ویژگی با ابعاد بالاتر ۳۳
شکل ۳- ۵ یک دیاگرام از نرون جانوری ۳۷
شکل ۳-۶ مدل Mc-Culloch-Pitts برای نرون ۳۹
شکل ۳ - ۷ یک شبکه عصبی دولایه با یک گره خروجی ۳۹
شکل ۳-۸ یک شبکه چهار لایه ۴۰
شکل ۳-۹ ساختار ماتریس ابهام ۴۲
شکل ۴-۱ الگوریتم پیاده سازی SVM برای تصویر چند طیفی ETM ۴۵
شکل ۴-۲ الگوریتم پیاده سازی SVM برای تصویر ابر طیفی AVIRIS ۴۵
شکل ۴-۳ هسته چند جمله ای در حالت جدایی پذیری کم برای دو متغیر ۷۲
شکل ۴-۴ هسته RBF در حالت جدایی پذیری کم برای دو متغیر ۷۲
شکل ۴-۵ شبکه عصبی در حالت جدایی پذیری کم برای دو متغیر ۷۳
شکل ۴-۶ هسته چند جمله ای در حالت جدایی پذیری متوسط برای دو متغیر ۷۳
شکل ۴-۷ هسته RBF در حالت جدایی پذیری متوسط برای دو متغیر ۷۴
شکل ۴-۸ شبکه عصبی در حالت جدایی پذیری متوسط برای دو متغیر ۷۴
شکل ۴-۹ هسته چند جمله ای در حالت جدایی پذیری زیاد برای دو متغیر ۷۵
شکل ۴-۱۰ هسته RBF در حالت جدایی پذیری زیاد برای دو متغیر ۷۵
شکل ۴-۱۱ شبکه عصبی در حالت جدایی پذیری زیاد برای دو متغیر ۷۶
شکل ۴-۱۲ هسته چند جمله ای در حالت جدایی پذیری کم برای چهار متغیر ۷۶
شکل ۴-۱۳ هسته RBF در حالت جدایی پذیری کم برای چهار متغیر ۷۷

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱۴ شبکه عصبی در حالت جدایی پذیری کم برای چهار متغیر ۷۷
شکل ۴-۱۵ هسته چند جمله ای در حالت جدایی پذیری متوسط برای چهار متغیر ۷۸
شکل ۴-۱۶ هسته RBF در حالت جدایی پذیری متوسط برای چهار متغیر ۷۸
شکل ۴-۱۷ شبکه عصبی در حالت جدایی پذیری متوسط برای چهار متغیر ۷۹
شکل ۴-۱۸ هسته چند جمله ای در حالت جدایی پذیری زیاد برای چهار متغیر ۷۹
شکل ۴-۱۹ هسته RBF در حالت جدایی پذیری زیاد برای چهار متغیر ۸۰
شکل ۴-۲۰ شبکه عصبی در حالت جدایی پذیری زیاد برای چهار متغیر ۸۰
شکل ۴-۲۱ هسته چند جمله ای در حالت جدایی پذیری کم برای هفت متغیر ۸۱
شکل ۴-۲۲ هسته RBF در حالت جدایی پذیری کم برای هفت متغیر ۸۱
شکل ۴-۲۳ شبکه عصبی در حالت جدایی پذیری کم برای هفت متغیر ۸۲
شکل ۴-۲۴ هسته چند جمله ای در حالت جدایی پذیری متوسط برای هفت متغیر ۸۲
شکل ۴-۲۵ هسته RBF در حالت جدایی پذیری متوسط برای هفت متغیر ۸۳
شکل ۴-۲۶ شبکه عصبی در حالت جدایی پذیری متوسط برای هفت متغیر ۸۳
شکل ۴-۲۷ هسته چند جمله ای برای سه متغیر و پنج متغیر برای تصویر +ETM..... ۸۴
شکل ۴-۲۸ هسته RBF برای سه متغیر و پنج متغیر برای تصویر +ETM ۸۴
شکل ۴-۲۹ طبقه بندی تصویر AVIRIS با هسته چند جمله ای ۸۵
شکل ۴-۳۰ طبقه بندی تصویر AVIRIS با هسته RBF ۸۵

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲ - ۱ تعداد پیکسل‌ها در پوشش زمینی هر کلاس ۲۱

جدول ۴-۱ جدایی پذیری کم برای حالت دو متغیره ..... ۴۷..

جدول ۴-۲ جدایی پذیری متوسط برای حالت دو متغیره ۵۰

جدول ۴-۳ جدایی پذیری زیاد برای حالت دو متغیره ۵۲

جدول ۴-۴ جدایی پذیری کم برای چهار متغیر ۵۴

جدول ۴-۵ جدایی پذیری متوسط برای چهار متغیر ۵۶

جدول ۴-۶ جدایی پذیری زیاد برای چهار متغیر ۵۸

جدول ۴- ۷ جدایی پذیری کم برای هفت متغیر ۶۰

جدول ۴-۸ جدایی پذیری متوسط برای هفت متغیر ۶۲

جدول ۴-۹ طبقه بندی با هسته چند جمله ای برای حالت های سه متغیره و پنج متغیره ۶۴

جدول ۴-۱۰ طبقه بندی با هسته RBF برای حالت های سه متغیره و پنج متغیره ۶۵

جدول ۴ - ۱۱ طبقه‌بندی تصویر AVIRIS با هسته چند جمله‌ای ۶۶

جدول ۴ - ۱۱ طبقه‌بندی تصویر AVIRIS با هسته RBF ۶۷

فصل اول

طرح مسئله

پوشش زمینی یکی از داده‌های اولیه و اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیطی می‌باشد. اطلاعات دقیق و به‌روز برای پوشش زمینی، در کاربردهای زیادی که شامل طراحی منابع زمینی، مطالعات تغییرات محیطی و حفاظت از تنوع زیستی می‌شود، لازم هستند. یکی از مهم‌ترین منابع اطلاعات پوشش زمینی، سنجش از دور[1] است که اجازه‌ی تکرار برای داده‌های مورد نیاز را در وسعت زیاد و با هزینه قابل قبول می‌دهد. با وجود توانایی زیاد سنجش از دور به عنوان منبع اطلاعات پوشش زمین و تحقیقات انجام شده برای استخراج اطلاعات پوشش زمینی از طریق سنجش از دور، هنوز مشکلاتی برای این روش وجود دارد و دقت نقشه‌های پوشش زمینی که از تصاویر سنجش از دور به دست آمده است برای بعضی کاربردها پایین است. عوامل زیادی ممکن است در به وجود آمدن این مشکل نقش داشته باشند. این عوامل شامل ویژگی طیفی کلاس‌ها (پیوسته یا مجزا)، ویژگی‌های سنجنده (قدرت تفکیک مکانی و طیفی)، پیوستگی پوشش زمینی (میزان تکه تکه شدن)، و روش‌های استفاده شده برای استخراج اطلاعات پوشش زمینی از تصویربرداری (روش‌های طبقه‌بندی) می‌شود (Foody, 2004). این مشکلات مختلف، منجر به انجام تحقیقاتی بر روی طیف گسترده‌ای از مسائل شده است که بر روی موضوعاتی مانند طراحی سنجنده، استانداردهای تعریف کلاس و روش‌های تحلیل تصویر تمرکز می‌کنند. در این

[1] Remote Sensing

تحقیق توجه ما بر روی جنبه‌هایی متمرکز خواهد شد که به مبحث آخر (روش‌های طبقه‌بندی) مرتبط می‌باشد چرا که بسیاری از مسائل در نقشه‌برداری پوشش زمینی، مربوط به روش‌های استفاده شده برای استخراج اطلاعات پوشش زمینی از تصویر می‌باشد.

بهبود طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای یکی از مسائل مهم و حائز اهمیت در سنجش از دور است. به طور کلی طبقه‌بندی تصویر در حوزه سنجش از دور، پردازش پیکسل‌های اختصاص یافته به هر کلاس می باشد. هدف اصلی در طبقه‌بندی داده‌ها، شناسایی کلاس‌های مختلف موجود در یک مجموعه داده است که از طریق آن می‌توان جایگاه یک نمونه جدید را در این مجموعه مشخص کرد. رشته‌های دیگری به غیر از سنجش از دور مانند تحلیل تصویر و شناسایی الگو از مفهوم طبقه‌بندی استفاده می‌کنند. در نتیجه، طبقه‌بندی تصویر روشی مناسب برای بررسی تصاویر رقومی می‌باشد.

برای طبقه بندی تصاویر، روش‌های مختلفی وجود دارد که هر یک دارای معایب و مزایایی می‌باشد. هر یک از روش‌های طبقه‌بندی از تئوری خاصی استفاده می‌کند و دارای پیش‌فرض‌های خاصی در مورد نوع داده‌های مورد استفاده هستند. بنابراین داشتن اطلاعات کافی از طبقه‌بندی کننده‌های[۱] مختلف و ویژگی داده‌های مورد استفاده ضرورت دارد. علاوه بر این انتخاب شیوه‌ی مناسب طبقه‌بندی تاثیر زیادی بر روی دقت اطلاعات به دست آمده از تصویر می‌گذارد.

در کل می‌توان طبقه‌بندی کننده‌ها را به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد: (Fukunaga, 1990) طبقه‌بندی با نظارت[۲] و طبقه‌بندی بدون نظارت[۳]. در طبقه‌بندی بانظارت با یک تعدادی از نمونه‌های برچسب خورده (از قبل کلاس‌بندی شده) مواجه هستیم. هدف، برچسب زدن یک نمونه جدید به سیستم است که تا به حال معرفی نشده است. در این روش از داده‌های آموزشی که غالبا براساس نقشه‌های حقیقی زمین و عملیات میدانی تهیه شده‌اند، استفاده می‌شود. اما در مورد طبقه‌بندی بدون نظارت مرحله‌ی آموزش وجود ندارد و الگوریتم براساس مشخصات آماری داده‌های سنجش از دور، عمل دسته بندی را انجام می‌دهد. روش‌های طبقه بندی بدون‌نظارت معمولا به‌نام روش‌های خوشه‌بندی[۴] مطرح می‌شوند. در این حالت تصویر به تعدادی کلاس یا برچسب نامشخص طبقه‌بندی می‌شود و کاربر پس از عمل طبقه‌بندی باید برچسب کلاس‌ها را براساس سایر منابع اطلاعاتی مشخص کند. این گروه‌بندی براساس تشابهات بین نمونه‌ها انجام می‌شود. یعنی این‌که نمونه‌هایی که در یک کلاستر قرار دارند

---

[۱] Classifier
[۲] Supervised
[۳] Unsupervised
[۴] Clustering

ویژگی‌های مشابه‌تری نسبت به هم دارند تا به ویژگی نمونه‌های کلاسترهای دیگر. دقت الگوریتم‌های طبقه‌بندی بانظارت به مراتب بالاتر از الگوریتم‌های بدون‌نظارت است.

روش‌های بانظارت به دو دسته پارامتریک و غیرپارامتریک تقسیم می‌شوند (Richards, 2005). در روش‌های پارامتریک، تابع چگالی احتمال هر کلاس معلوم است یا به طور فرضی تابعی در نظر گرفته می‌شود، ولی مقدار پارامترها نظیر میانگین و انحراف معیار، معلوم نیست که باید برآورد شوند. تحقیقات اولیه بر مبنای طبقه‌بندی کننده‌های اولیه مانند الگوریتم کمترین فاصله[۱] منجر شد تا طبقه‌بندی کننده آماری پیچیده‌تری مانند طبقه‌بندی بیشترین احتمال[۲] مورد بررسی قرار گیرد (Dempster, 1977). از آن‌جایی‌که روش‌های غیرپارامتریک، مستقل از پارامترهای آماری و فرضیات مربوط به نوع توزیع داده‌ها بودند، در استخراج اطلاعات از تصاویر طیفی مورد توجه قرار گرفتند. بنابراین تحقیقاتی در زمینه روش‌های غیرپارامتریک مانند شبکه عصبی[۳] انجام شد (Prost, 2005). مولفه مهم و اساسی شبکه عصبی این است که مغز را الگو قرار می‌دهد. شبکه عصبی شامل یک لایه ورودی از گره‌ها[۴]، لایه خروجی و لایه های مخفی داخل آن‌ها می‌باشد. لایه خروجی اطلاعاتی در مورد برچسب کلاس‌ها بیان می‌کند. هدف طرح شبکه ای است که ابتدا با استفاده از داده‌های آموزشی موجود آموزش ببیند و سپس با ارائه بردار ورودی به شبکه، کلاس آن را تشخیص دهد. با افزایش داده‌های آموزشی، دقت طبقه‌بندی نیز افزایش می‌یابد. هر چند، دقتی که با این روش برای طبقه‌بندی پوشش‌های زمینی به دست آمد، در مقایسه با طبقه‌بندی کننده‌های آماری معمول بسیار بالا بود، اما هنوز گستره قابل ملاحظه‌ای برای افزایش دقت و همچنین تمایل زیادی برای ماکزیمم کردن درجه اطلاعات قابل استخراج از داده‌های سنجش از دور، وجود داشت. بنابراین تحقیقات بر روی روش‌های طبقه‌بندی ادامه یافت و ماشین بردار پشتیبان[۵] (SVM) اخیرا توجه جامعه سنجش از دور را به خود جلب کرده است. چه در روش‌های پارامتریک و چه در روش شبکه عصبی، تعداد نمونه‌های آموزشی نقش کلیدی ایفا می‌کند. در این بین، روش SVM که مبتنی بر هندسه داده‌ها می‌باشد و در آن نیازی به برآورد تابع دانسیته احتمال نیست، نیاز چندانی به داده آموزشی زیاد ندارد. در این روش تابع متمایز کننده به کمک نمونه‌های نزدیک به مرز تعریف می‌شود، به همین دلیل مسئله نیاز به داده‌های آموزشی بیشتر با افزایش باند در تصاویر طیفی مطرح نمی‌شود.

---

[۱] Minimum Distance
[۲] Maximum Likelihood
[۳] Neural Network
[۴] Node
[۵] Support Vector Machines

۱-۱ پیشینه مسئله:

تحقیقات زیادی در مورد نقشه‌برداری پوشش زمینی و طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور انجام شده است. خلاصه ای از تحقیقات مهم در زیر توضیح داده می‌شود.

Wang و همکاران در سال ۱۹۹۰ مروری را بر روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای انجام دادند. هدف آن‌ها بررسی تحقیقات انجام شده و مشکلات طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سه دهه عمر سنجش از دور بود. در این مطالعه روش‌های پیشرفته‌ی طبقه‌بندی و روش‌های استفاده شده برای بهبود طبقه‌بندی، را مورد بررسی قرار دادند. جمع‌بندی آن‌ها در این مقاله این بود که طراحی روش پردازش تصویری مناسب برای داده‌های سنجش از دور، امری ضروری بوده و انتخاب روش طبقه‌بندی مناسب برای بهبود دقت طبقه‌بندی نیز، بسیار مهم است.

Mohd و همکاران در سال ۲۰۰۹ روش‌های طبقه‌بندی بانظارت و بدون‌نظارت را برای طبقه‌بندی پوشش‌های زمینی ارزیابی کردند و نتایج دقت طبقه‌بندی را ارائه دادند. مطالعه بر روی ماهواره SPOT انجام شد و منطقه مورد مطالعه به پنج کلاس تقسیم شده بود. در نهایت مشخص شد که روش طبقه‌بندی بانظارت، دقیق‌تر از طبقه‌بندی بدون‌نظارت می‌باشد.

شبکه عصبی یکی از روش‌های طبقه‌بندی بانظارت می‌باشد که جزو روش‌های غیرپارامتریک به شمار می‌رود. در این روش، به ازای هر دسته از الگوهای ورودی، خروجی‌های متناظر نیز به شبکه نشان داده می‌شود و تغییر وزن‌ها تا موقعی صورت می‌گیرد که اختلاف خروجی شبکه از خروجی‌های مطلوب، در حد خطای قابل قبولی باشد. چنین شبکه‌ای به طور گسترده برای مسائل شناسایی الگو به کار گرفته می شود. از معایب شبکه عصبی این است که دقت نتایج، بستگی زیادی به اندازه مجموعه آموزش دارد و آموزش شبکه ممکن است مشکل و یا حتی غیرممکن باشد. در دهه ۹۰ میلادی، طبقه‌بندی SVM به عنوان رویکردی جدید در نظریه یادگیری ماشینی مطرح شد (Vapnik, 1995). در آموزش این طبقه بندی‌کننده، هدف اصلی تنظیم پارامترهای تابع هسته[۱] می‌باشد. تابع هسته مذکور از میان تعدادی توابع (که تعداد آن‌ها محدود نیست) انتخاب می‌شود و انتخاب آن تا حدی اختیاری است. اما می‌توان شرایطی را برای تابع در نظر گرفت (Mercier, Lennon, 2004). SVM از اصل SRM[۲] استفاده می‌کند که نسبت به اصل ERM[۳] که در شبکه عصبی استفاده می‌شود، ارجحیت دارد. SRM کران بالای

[۱] Kernel Function
[۲] Structural Risk Minimization
[۳] Emprical Risk Minimization

خطای طبقه‌بندی را مینیمم می‌کند در صورتی که ERM خطای داده‌های آموزشی را مینیمم می‌کند. به خاطر همین تفاوت است که SVM توانایی زیادی برای تعمیم دارد که هدف یادگیری ماشینی است.

SVM اولین بار برای مسائل شناسایی الگو توسط Vapnik در سال ۱۹۹۵ مورد مطالعه قرار گرفت. داده‌های آموزشی شامل $x_i \in R^n$ و $i=1,2,...,l$ که متعلق به دو کلاس بوده و توسط شماره کلاس $y_i=+1$ یا $y_i=-1$ تنظیم می‌شوند. طبقه بندی کننده شامل یک سری سطوح تصمیم‌گیری خطی (ابرصفحه[۱]) w.x+b، می‌باشد. رابطه تصمیم‌گیری توسط تابع sign(wx+b) بیان می‌شود طوری که sign(a)=+1، اگر a>0 در غیر اینصورت ۱- می‌باشد. اگر w.x+b>0 باشد آنگاه نمونه متعلق به کلاس شماره‌ی ۱ می‌باشد، در غیر این‌صورت به کلاس ۱- اختصاص می‌یابد. فرض اصلی این است که داده‌های آموزشی به صورت خطی از هم تفکیک‌پذیر می‌باشند طوری که الگوهای آموزشی دو کلاس، می‌توانند توسط یک ابرصفحه خطی بدون خطا تفکیک شوند. هدف روش SVM یافتن ابرصفحه بهینه است که داده‌های آموزشی را بدون خطا تفکیک کرده و فاصله بین نقاط دو کلاس و ابرصفحه که حاشیه[۲] نام دارد را ماکزیمم کند.

اخیرا توجه ویژه‌ای به SVM برای طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور چندطیفی شده است.

Gualiteri, Chettri در سال ۱۹۹۸ از روش SVM برای طبقه بندی تصاویر AVIRIS[۳] در سه حالت استفاده کردند. ابتدا برای مناطقی از هند که شامل ۱۴۵×۱۴۵ پیکسل با ۲۲۰ باند بود، پیاده کردند. داده‌های آموزشی ۲۰٪ و داده‌های آزمون برابر با ۸۰ ٪ برای این منطقه بودند.

در حالت دوم منطقه‌ای از کالیفرنیا سنجنده AVIRIS با قدرت تفکیک زمینی ۳/۷ مترکه در سال ۱۹۹۸ تصویر برداری شده بود مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های آموزشی برابر با ۱٪ و داده‌های آزمون برابر با ۹۹٪ کل داده‌ها بودند. دقت کلی به دست آمده برابر با ۸۹ ٪ بود.

در حالت سوم برای مناطقی از پنینسولا دقت طبقه‌بندی مورد ارزیابی قرار گرفت. ۱٪ پیکسل‌ها به عنوان داده‌های آموزشی و ۹۹٪ به عنوان داده‌های آزمون معرفی شدند.

Huan در سال ۲۰۰۰ روش SVM را با روش‌های درخت تصمیم‌گیری[۴]، شبکه عصبی و بیشترین احتمال مقایسه کرد و تاثیر پارامترهای زیادی را در دقت طبقه‌بندی مورد بررسی قرار داد.

---

۴ Hyperplane
۵ Margin
۶۳ Airbone Visible/Infrared Imaging Spectroradiometer
۱ Decision tree

Roli, Fumera در سال ۲۰۰۰ تعدادی داده سنجش از دوری که مربوط به مناطق کشاورزی در انگلستان بود را مورد بررسی قرار دادند.

Melgani, Bruzzone در سال ۲۰۰۴ مشکلات طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور را با روش SVM مورد بررسی قرار دادند. برای انجام چنین تحلیلی، عملکرد SVM با طبقه‌بندی کننده‌های غیرپارامتریکی مقایسه شد. داده‌های طیفی که در این تحقیق استفاده شد قطعه ای از یک منطقه در هند است که توسط سنجنده AVIRIS در سال ۱۹۹۲ گرفته شده است. از ۲۲۰ کانال طیفی که از سنجنده AVIRIS به دست آمده بودند، ۲۰ کانال صرف‌نظر شدند چرا که با مشکلات اتمسفری مواجه بودند. از ۱۶ کلاس پوشش زمینی که در واقعیت زمین[۱] موجود بود، ۷ مورد حذف شدند چرا که فقط نمونه‌های آموزشی کمی برای آن‌ها موجود است. از ۹ کلاس پوشش زمینی باقیمانده، ۴۷۵۷ نمونه آموزشی (برای یادگیری طبقه‌بندی کننده) و ۴۵۸۸ نمونه آزمون (برای ارزیابی دقت) استفاده شدند. سه تحقیق اساسی به منظور تحلیل پروژه، انجام شد. هدف اولی این بود که عملکرد SVM را در طبقه بندی‌تصاویر سنجش از دور در فضای ویژگی چندبعدی تحلیل کند. همچنین مقایسه‌ای بین روش‌های غیرپارامتریک به عنوان ارزیابی از ثبات این روش‌های طبقه‌بندی توسط تنظیم پارامترهایشان، انجام شد. در دومین تحقیق، SVM با روش کلاسیک که برای طبقه‌بندی تصاویر چندطیفی انتخاب شده بود مقایسه شد که این روش، یک سیستم شناسایی الگوی معمول، متشکل از ترکیب روش طبقه‌بندی با شیوه ی کاهش ویژگی می‌باشد. سرانجام هدف سومین تحقیق، تحلیل و مقایسه راه حل‌های چندکلاسه بود.

Foody در سال ۲۰۰۴ روش SVM را با روش‌های طبقه‌بندی متداول که در سنجش از دور استفاده می‌شوند، مقایسه و مورد ارزیابی قرار داد. در این تحقیق توجه ویژه‌ای به تاثیر اندازه داده آموزشی بر روی دقت طبقه‌بندی شده است. به علاوه SVM، همان تعداد داده با روش‌های تحلیل جدایی‌پذیری[۲]، درخت تصمیم‌گیری و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه[۳] طبقه‌بندی شدند. در مرحله ی ارائه دقت طبقه بندی، دقت چهار طبقه‌بندی کننده با یک روش آماری مورد مقایسه قرار گرفت. داده‌های استفاده شده مربوط به یک منطقه کشاورزی در شرق انگلستان بودند و در ۱۱ باند طیفی با قدرت تفکیک تقریبا ۵ متر به دست آمده بودند. با تمرکز بر روی ۶ کلاس، نمونه رندوم از ۱۰۰ پیکسل برای هر کلاس به دست آمد و برای آموزش تحلیل طبقه‌بندی مورد استفاده قرار

---

[۲] Ground Truth
[۱] Discriminate Analysis
[۲] Multi Layer Perceptron