



علوم محیطی

علوم محیطی سال چهارم، شماره دوم، زمستان ۱۳۸۵
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.4, No.2, Winter 2007

۱۰۱-۱۱۶

کاربرد تحلیل تشخیص خطی در تفکیک گندم از سایر محصولات بر روی تصاویر ماهواره‌ای

مرتضی عاشورلو^{۱*}، عباس علیمحمدی^۲، پرویز رضائیان^۳، داود عاشورلو^۳

۱- گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده مهندسی ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۳- گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

Application of Linear Distinction Analysis for Wheat Discrimination from Other Crops on Satellite Images

Morteza Ashorlo^{1*}, Abbas Alimohammadi², Parviz Ziaician³, Davoud Ashorlo³

1- Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University

2- Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geomatic, Khaje Nasir University

3- Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University

Abstract

In this paper, has been tried to discriminate wheat cultivated fields from those crops that have similar characteristics to this class, spectrally and phonologically, in bahar_hamedan region. So based on cultivation calendar of study region, decided to apply bitemporal or dual_season multispectral spot5 images for this aim. Both images divided to discrete objects (polygons) using multiresolution segmentation algorithm. The zonal attributes of segments entered to discriminant analysis as variables. After the stepwise discrimination analysis, all the segments were classified using outputted discrimination functions. "discrimination accuracy" and "classification accuracy" were defined as discrete concepts. Also, with assuming the DN's of each band pixels as variables "pixel based" discriminant analysis was applied. Comparison of both methods results indicated that generally, accuracy of pixel_based classification is upper than other method.

Keywords : classification, wheat, discriminant analysis, remote sensing, bitemporal images.

چکیده

استفاده از علم سنجش از دور در تهیه نقشه پراکنش اراضی و آمار سطح زیر کشت گندم در شهرستان بهار همدان مدنظر قرار گرفته است. از این رو با انجام مطالعات پایه در مورد این محصول کشاورزی بر اساس سطح شهرستان و تحقیق در خصوص تکنیک‌های مناسب پردازش تصویر، تصاویر ماهواره اسپات در دو زمان مورد استفاده قرار گرفتند. تابع تحلیل تشخیص به عنوان یک روش آماری چند متغیره برای طبقه‌بندی کلاس‌های کشاورزی بر روی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر دوزمانه ماهواره spot با الگوریتم چندمقیاسه قطعه‌بندی شدند. سپس خصوصیات آماری پیکسل‌های محاط در هر قطعه به عنوان متغیرهای تحلیل تشخیص در نظر گرفته شدند. بعد از انجام تحلیل تشخیص گام به گام، قطعات تصویر با استفاده از توابع تشخیص حاصله از نمونه‌های آموزشی در چند مرحله طبقه‌بندی شدند. دقت تفکیک و دقت طبقه‌بندی به عنوان مفاهیمی جداگانه شناخته شدند. از طرف دیگر تحلیل تشخیص پیکسل مینا با در نظر گرفتن پیکسل‌های هر باند به عنوان متغیرهای ورودی تحلیل به صورت جداگانه انجام پذیرفت. با مقایسه نتایج هر دو روش مشخص گردید که روش پیکسل مینا در تفکیک گندم از سایر کلاس‌ها از جمله جو دقت بیشتری دارد.

کلیدواژه‌ها: طبقه‌بندی، گندم، تابع تشخیص، سنجش از دور، تصاویر دوزمانه.

* Corresponding author. E-mail Address: Ashoorloo@modares.ac.ir

مقدمه

آگاهی از توزیع انواع مختلف غلات و به طور کلی تمام محصولات کشاورزی، از نیازهای اساسی در برنامه ریزی و تصمیم گیری های بازرگانی می باشد و همچنین این امر برای بررسی پاره ای از مطالعات کشاورزی مانند تنش آبی و برآورد بازدهی در قالب سنجش از دور بسیار ضروری می باشد. هدف تحقیق حاضر تفکیک اراضی تحت کشت گندم از آن دسته از کشت های موجود در منطقه مورد مطالعه می باشد که دارای تشابه طیفی و زمانی زیادی با گندم بوده و مهم ترین عامل ایجاد خطا در تفکیک و طبقه بندی این محصول استراتژیک می باشند. منطقه مورد مطالعه شهرستان بهار در شمال غربی شهرستان همدان می باشد. این شهرستان دارای مساحتی در حدود ۱۳۰۳ کیلومتر مربع می باشد (شکل ۱). از نظر ناهمواری می توان این شهرستان را به دو قسمت کلی دشت های مسطح و نواحی ناهموار تپه ای - کوهستانی تقسیم نمود. بسته به ناهمواری زمین در این شهرستان، کشاورزی منطقه نیمه مکانیزه و یا سنتی می باشد.

تکنیک های سنجش از دور به دلیل تناوب در اخذ تصاویر یک ناحیه، تصویربرداری در طول موج های مختلف در یک زمان و در نهایت امکان پردازش و تفسیر سریع این اطلاعات، به طور گسترده در تحلیل های مختلف مربوط به گیاهان مورد استفاده قرار می گیرند.

بیشتر مطالعاتی که در زمینه تفکیک و تشخیص گیاهان با استفاده از تصاویر چند زمانه صورت گرفته است، مربوط به غلات می باشد. در ترکیه با طبقه بندی مرحله به مرحله و با اعمال ماسک های متناوب در تصاویر ETM+ اقدام به تهیه نقشه غلات نمودند (Tucker & Arikan, 2000). واردلاو و همکارانش (Wardlow et al., 2006) به بررسی روند زمانی داده های شاخص های گیاهی برای طبقه بندی مزارع بزرگ کشاورزی شامل یونجه، ذرت، سویا و گندم با استفاده از ۱۲ تصویر MODIS با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر

پرداخته و با توجه به روندهای زمانی متفاوت شاخص های EVI و NDVI کلاس های مختلف را از هم تفکیک کردند و نتایج آنها نشان داد که تفکیک پذیری غلات در درد دوره بلوغ محصولات نسبت به دوره رشد محصولات چشمگیرتر می باشد (Foody & Mathur, 2006). در طبقه بندی سه کلاس گندم پاییزه، جو بهار و نیشکر بر روی تصاویر سنجنده SPOT_HRV الگوریتم های مختلف آموزش داده ها در روش SVM را بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که دقت کلی حاصله از الگوریتم های مختلف تقریباً یکسان بوده و همچنین دقت طبقه بندی برای گندم در حدود ۸۰ درصد و برای جو در حدود ۷۶ درصد می باشد. باناری و همکارانش (Bannari et al., 2005) در کانادا برای تفکیک مزارع کشاورزی شامل گندم و حبوبات از تصاویر hyperspectral و IKONOS استفاده کردند. آنها با تکیه بر شاخص سبزینگی به این نتیجه رسیدند که تصاویر hyperspectral به دلیل قدرت تفکیک بالاتر آن در محدوده طیفی SWIR نسبت به IKONOS ارجحیت دارد. تحقیقات فراوان دیگری هم با استفاده از سنجنده هایی با قدرت تفکیک مکانی پایین انجام شده است. تامپسون و بارتلت (Thompson & Bartlett., 1982) در ایالات تگزاس با استفاده از مدل Lacie از رابطه خطی بین بازتاب طیفی محصولات کشاورزی در طول فصل رشد، بازدهی گندم را با داده های MSS برآورد نمودند. با ترکیب این رابطه با اطلاعات هواشناسی - کشاورزی دقیق می توان به نتایج قابل قبولی رسیدند. دوسک و جکسون (Duseck & Jackson, 1985) به بررسی بازتاب طیفی گندم در طول دوره رشد پرداختند و تمام شرایط از قبیل آبیاری، شرایط رشد، شاخص NDVI و رطوبت خاک را مورد نظر قرار دادند و به شاخص گندم با استفاده از دستگاه رادیومتر رسیدند. داده های راداری با استفاده از روش های object و الگوریتم polarimetric توسط هاگمن و ویسرز

(Hoekman & Vissers, 2003) در کانادا استفاده گردید و با دقت ۹۶ درصد محصولات مختلف کشاورزی از جمله گندم تفکیک شدند. ضیانان (۱۳۷۹) به بررسی بازتاب محصولات مختلف کشاورزی و ارتباط آن با درجه روشنائی در تصاویر IRS استان همدان پرداخت. همچنین وی در پروژه دیگری Ziyaiyan (2001) به ارزیابی الگوریتم‌های مختلف برای طبقه بندی محصولات کشاورزی پرداخت.

تحلیل تشخیص

تحلیل تشخیص تکنیک چند متغیره‌ای است که با جدا کردن مجموعه‌های متمایز اشیاء (یا مشاهدات) و با تخصیص دادن اشیاء (مشاهدات) جدید به دسته‌های تعریف شده قبلی سر و کار دارد. در این تحلیل تأکید بر روی به دست آوردن قاعده‌ای است که از آن بتوان برای تخصیص بهینه یک شیء جدید به رده‌های مشخص استفاده نمود (فرشادفر، ۱۳۸۱). در واقع تحلیل تشخیص خطی جامعه‌های چندمتغیره را به جامعه یک متغیره چنان تبدیل می‌کند که میانگین‌های یک متغیری نسبت به واریانس جامعه به اندازه کافی بزرگ شود. یعنی اگر B را واریانس بین متغیرها و W را واریانس درون‌گروهی متغیرها فرض کنیم، در آنصورت تحلیل تشخیص ضرایب تابع را به گونه‌ای تعیین می‌کند که نسبت $\frac{B}{W}$ که ضریب بزرگمایی نام دارد حداکثر گردد. در این تحقیق از تحلیل تشخیص خطی به روش فیشر و طبقه‌بندی زوج کلاس‌ها در چند مرحله استفاده شده است. نظر فیشر این بود که مشاهدات چند متغیری x را به مشاهدات یک متغیری y تبدیل کند، به طوریکه y های به دست آمده از جامعه‌ها به اندازه ممکن از هم جدا شوند (ماردیا کانتی، کنت جان، ۱۳۷۶). اگر μ_{1y} و μ_{2y} به ترتیب میانگین‌های به دست آمده از جامعه‌های π_1 و π_2 باشد، آنگاه فیشر ترکیبات خطی x را به

گونه‌ای انتخاب می‌کند که مربع فاصله μ_{1y} و μ_{2y} را نسبت به تغییرپذیری‌ها ماگزیمم کند. اگر $X = (X_1, X_2, X_3 \dots X_p)$ مجموعه متغیرها برای دو کلاس π_1 و π_2 باشد، آنگاه روش فیشر توابعی به شکل زیر تشکیل می‌دهد:

رابطه ۱

$$y_1 = b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + \dots + b_{1p}x_p + c_1$$

رابطه ۲

$$y_2 = b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + b_{23}x_3 + \dots + b_{2p}x_p + c_2$$

بعد از تشکیل توابع متغیرهای مربوط به مشاهدات جدید در هر کدام از توابع قرار می‌گیرد، آنگاه اگر رابطه $y_1 > y_2$ برقرار باشد مشاهده جدید در کلاس π_1 و در غیر اینصورت در کلاس π_2 طبقه‌بندی می‌شود.

استفاده از تحلیل تابع تشخیص که محورهای اصلی این مطالعه می‌باشد در طبقه‌بندی بخصوص در حالت دو یا چند زمانه بسیار محدود می‌باشد (Switzer, 1988). کاربردهای مشتقات مختلف تابع تشخیص خطی (LDA) در طبقه‌بندی‌های آماری داده‌های ماهواره‌ای را مورد مطالعه قرار می‌دهد. ایویتس و همکارانش (Ivits et al., 2005) که بر روی طبقه‌بندی درختان جنگلی کار می‌کردند، از تحلیل تشخیص برای یافتن باندهای مناسب به منظور طبقه‌بندی استفاده نمودند. برای این منظور باندهای اصلی و فرعی تهیه شده یک به یک مورد ارزیابی قرار گرفته و میزان تناسب آنها برای ایجاد مدل بررسی شد. Cortijo & prenz (1997) در مطالعه خود به بررسی توانمندی‌های نوع خاصی از توابع تشخیص با عنوان تابع تشخیص منظم (RDA) که در واقع حالت اصلاح شده‌ای از روش حداکثر شباهت می‌باشد پرداخته و آن را با طبقه‌بندی‌های کلاسیک سنجش از دور، بر روی تصاویری که دارای باندهای زیاد باشد مقایسه نمودند. آنها در پایان به این نتیجه رسیدند که RDA با دقت بالایی می‌تواند در تصاویری که دارای باندهای زیاد

هستند و نواحی آموزشی دارای همپوشانی می‌باشند، طبقه بندی را انجام دهد.

متغیرهای تحلیل تشخیص خطی

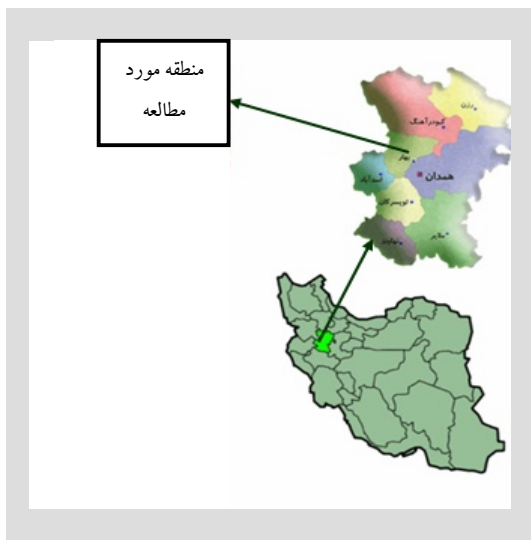
در پژوهش‌هایی که در سنجش از دور و به‌طور خاص تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از تحلیل تابع تشخیص صورت گرفته غالباً هر باند به عنوان یک متغیر در تحلیل وارد شده‌اند و ارزش عددی پیکسل‌ها به عنوان مشاهدات در نظر گرفته می‌شوند. یعنی تمام پیکسل‌های تصویری همراه با ارزش عددی و موقعیت مکانی آنها در تحلیل مورد استفاده قرار می‌گیرد و پیکسل‌ها به عنوان مشاهدات مربوط به متغیرها (باندها) در نظر گرفته می‌شوند. اما در تحقیق حاضر تحلیل تشخیص خطی به دو روش پیکسل مبنا و پلی‌گون مبنا انجام و نتایج مقایسه شده است. پلی‌گون‌های ایدئال برای روش پلی‌گون مبنا از الگوریتم قطعه‌بندی چندمقیاسه حاصل شدند که در این حالت پنج خصیصه آماری حداکثر، حداقل، میانگین، میانه و انحراف معیار مربوط به پیکسل‌های محاط در هر کدام از این پلی‌گون‌ها به عنوان متغیر در نظر گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

انتخاب زمان تصویر برداری

برای تعیین دامنه زمانی مناسب برای سفارش تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا به جمع‌آوری تقویم زراعی محصولات مختلف شهرستان اقدام شد. سپس بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، زمان کاشت، اوج سبزیگی، برداشت و شخم محصولات مختلف مشخص و این اطلاعات در پایگاه داده ذخیره گردیده و تجزیه و تحلیل‌های لازم برای تعیین زمان تصاویر انجام گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که برای تفکیک گندم به دو سری تصویر ماهواره اسپات (مرحله اول، سبز بودن مزارع گندم و مرحله دوم، زمان زرد بودن مزارع گندم) نیاز داریم. به

همین منظور با داشتن این اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای دو زمانه SPOT، مناسب تشخیص داده شد. زمان تصاویر اول و دوم به ترتیب مربوط به اواسط خرداد و اوایل تیر می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت شهرستان بهار در استان همدان

نمونه برداری

جهت تفکیک دقیق نواحی کشت گندم از سایر محصولات زراعی و تشخیص بازتاب‌های مختلف پوشش گیاهی و از جمله کشاورزی، برداشت نقاط زمینی و مقایسه آنها با تصویر امری ضروری است. به این منظور و همچنین به منظور ارزیابی نهایی اراضی تحت کشت گندم با واقعیت زمینی، نمونه برداری در سه مرحله، به شرح ذیل انجام گرفته است:

مرحله اول - نمونه برداری شاهد، که زمان این

نمونه برداری هم‌زمان با برداشت سری اول تصاویر انتخاب شد و در این مرحله گندم در اوج سبزیگی خود قرار داشت.

مرحله دوم - نمونه برداری تفسیری، که زمان

این نمونه برداری هم‌زمان با برداشت سری دوم تصاویر

انتخاب شد و در این مرحله محصول گندم آماده برداشت بوده است.

مرحله سوم - نمونه برداری سیستماتیک، که با هدف ارزیابی دقت انجام شد.

در مجموع سه مرحله نمونه برداری تعداد ۳۰۰ نمونه جمع آوری شد. اطلاعات این نمونه‌ها به همراه عکس‌های گرفته شده از هر نقطه (توسط دوربین دیجیتالی در چهار جهت اصلی) و اطلاعات فرم‌های نمونه‌برداری و سایر اطلاعات به پایگاه اطلاعاتی متصل به GIS وارد شد تا در مرحله تفسیر مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۳- آماده سازی و پردازش اولیه تصاویر

کلیه سطح شهرستان را در هر مرحله دو فریم از تصاویر اسپات پوشش می‌داد. با توجه به اینکه بازتاب طیفی تصاویر در هر یک از تصاویر سری اول و دوم نسبت به تصاویر مجاور خود تا حدودی متفاوت می‌باشند، پردازش تصاویر بر روی داده‌های خام صورت گرفته و هر یک از فریم‌ها به صورت جداگانه طبقه‌بندی شدند. در مرحله اول فریم‌هایی که سطح شهرستان را پوشش می‌دهند، مشخص شده، سپس برای موزائیک کردن، قالب مشترک بین فریم‌های نظیر مشخص شد. در مرحله بعد چون فریم‌های تصاویر Spot می‌بایست دارای مرز مشترک باشند، تصاویری که دارای زمان مناسب از لحاظ تقویم زراعی یا بدون ابر بودند، در اولویت قرار داده شده و موزائیک تصاویر انجام شد. در نهایت به ایجاد مؤلفه‌ها و شاخص‌های پوشش گیاهی و سایر تبدیلات تصاویر که برای تحلیل لازم می‌نمود، پرداخته شد.

تصحیحات (اتمسفری، رادیومتریک و هندسی)

تصاویر تهیه شده قبلاً از نظر هندسی تصحیح شده بودند که دارای خطای زیادی بودند و به همین منظور دوباره تصحیح شدند. ابتدا تصویر اول با استفاده از

نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری و همچنین نقاطی که در مرحله نمونه‌برداری با استفاده از GPS برداشت شده بود تصحیح هندسی شدند و سپس تصویر دوم با استفاده از همین تصویر تصحیح شد. متوسط میزان خطا در تصاویر اول و دوم به ترتیب برابر با ۰,۲۱ و ۰,۱۷ بودند.

در تصاویر ماهواره‌ای از اطلاعات موجود در header تصاویر شامل نوع سنجنده، نوع منطقه، ارتفاع متوسط منطقه، آزیموت خورشیدی، اندازه پیکسل، جهت و زاویه ماهواره در هنگام تصویر برداری برای تصحیحات اتمسفری استفاده گردید. با توجه به اینکه در کشور ما اطلاعات کاملی از شرایط جو و رطوبت اتمسفر وجود ندارد، از روش‌های عمومی تصحیحات اتمسفری استفاده شد. این روش بر اساس الگوریتم‌های modtrun4 (روش رایج نرم افزاری atcor) صورت گرفت.

قطعه‌بندی تصویر

قطعه‌بندی، تقسیم تصویر به نواحی جداگانه می‌باشد. به بیانی دیگر قطعه‌بندی به معنی گروه‌بندی عناصر تصویر بوسیله معیار همگونی مشخصی می‌باشد. هدف اصلی پروژه قطعه‌بندی ایجاد اشیاء معنی‌دار است به گونه‌ای که هر شیء به طور ایدئال متناظر با یک شیء در دنیای واقعی باشد (قدیری) این عمل در واقع پیش‌نیاز الگوی شیء‌گرا در سنجنش از دور می‌باشد. قطعه‌بندی با استفاده از الگوریتم‌های مختلفی صورت می‌گیرد. در تحقیق حاضر الگوریتم قطعه‌بندی چند مقیاسه که در داخل نرم‌افزار eCognition توسعه داده شده، استفاده شد. این الگوریتم با استفاده از پارامتر مقیاس از پیش تعریف شده، شروع می‌شود و نواحی مجاور که کوچکتر از پارامتر مقیاس باشند بهم متصل می‌گردند (قدیری، ۱۳۸۳). پارامتر مقیاس در واقع عامل کنترل کننده ادغام پیکسل‌های مجاور و در نتیجه رشد قطعه‌ها یا اشیاء تصویر می‌باشد. در این الگوریتم پیکسل‌های تصویر به عنوان اشیاء اولیه تصویر در نظر گرفته می‌شود و رشد این اشیاء تا زمانی که

مناطق غیر کشاورزی به کار گرفته شد و کلیه مناطق کوهستانی، صنعتی و مسکونی از طبقه‌بندی خارج شدند. سپس با استفاده از نقشه راه‌ها، پلی‌گون‌های طولی غیر ضروری نیز حذف گردید. در ادامه از آنجا که اغلب پیکسل‌های حاشیه‌ای دارای وضعیت متفاوتی نسبت به پیکسل‌های مرکزی هستند با ایجاد یک لایه بافر بر روی مرز قطعات و به دنبال آن با حذف لایه حريم ایجاد شده، شرایط برای استخراج متغیرهای ناحیه‌ای قطعات بدون دخالت پیکسل‌های حاشیه‌ای مهیا گردید.

باندهای مورد استفاده

به منظور بررسی دقیق‌تر واکنش‌های طیفی گیاهان، علاوه بر ۸ باند اصلی، از باندهای فرعی مربوط به شاخص‌ها و تبدیلات دیگر نیز اعمال شد. این باندها شامل ۴ باند تفریقی حاصل از باندهای نظیر تصاویر دو زمان، سه باند روشنایی، سبزی‌نگی و رطوبت مربوط به ضرایب Tasseled Cap برای هر دو زمان، سه باند مربوط به تبدیلات HIS برای هر دو زمان، سه باند اول تحلیل مؤلفه‌های اصلی و باند شاخص گیاهی NDVI برای هر دو زمان ایجاد شدند. پس در مجموع ۳۲ باند برای استخراج متغیرها به کار گرفته شد.

استخراج متغیرها

برای استخراج متغیرهای ناحیه‌ای، قطعات اصلاح شده در داخل نرم‌افزار Erdas بر روی تصاویر قرار گرفته و با استفاده از قابلیت Zonal Attributes متغیرها استخراج شدند. در مجموع ۱۶۰ متغیر از باندهای مختلف و با استفاده از نواحی آموزشی اولیه استخراج شد.

تحلیل آماری

تحلیل تشخیص پلی‌گون مبنای محیط نرم‌افزارهای آماری صورت گرفت و سپس در محیط GIS توابع تشخیص حاصله بر روی قطعات انجام پذیرفت. با توجه

کوچک‌ترین رشد، بالاتر از مقیاس تعریف شده نباشد، ادامه می‌یابد. معیارهای شکل و تن از دیگر پارامترهای قطعه‌بندی چند مقیاسه می‌باشند که همراه باهم معیار همگونی را تشکیل می‌دهند. معیار طیفی تغییر در ناهمگنی است که به هنگام ادغام دو شیء (ها) در تصویر رخ می‌دهد. اگر ارزش رنگ برابر با یک (مقدار کامل) باشد منجر به ایجاد اشیاء ریز با انحراف معیار کم در مقادیر پیکسل‌ها می‌شود. ولی اگر ارزش رنگ صفر باشد قطعات خیلی فشرده با ناهمگونی بالا در رنگ را نتیجه می‌دهد. معیار شکل خود دارای دو معیار فرعی همواری/فشردگی می‌باشد. وقتی معیار شکل بزرگتر از صفر باشد، کاربر می‌تواند تعیین کند شکل به چه صورت خیلی ریز و یا خیلی درشت درآید. به عبارتی دیگر ویژگی‌های شکل در یک شیء به وسیله توازن هم‌زمان معیارهای لبه شیء و و فشردگی به دست می‌آید.

برای قطعه‌بندی بهینه تصاویر اسپات، در این تحقیق از سه باند ۱۰ متری مربوط به هر دو مرحله استفاده شد (در مجموع ۶ باند) و از آنجا که قدرت تفکیک مکانی و زمانی همه باندها برابر بود وزن کلیه باندها یکسان و برابر با یک گرفته شد. سایر پارامترهای انتخاب شده برای قطعه‌بندی در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- پارامترهای قطعه‌بندی چند مقیاسه

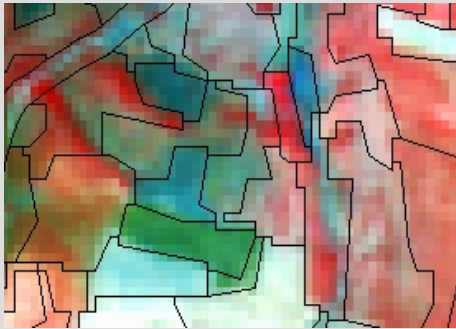
پارامتر	معیار همگونی		درصد شکل		مدل قطعه‌بندی
	رنگ	شکل	همواری	فشردگی	
۱۰	۰٫۹	۰٫۱	۰٫۵	۰٫۵	نرمال

اصلاح پلی‌گون‌ها

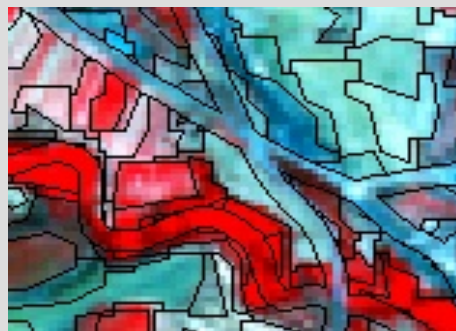
بعد از مرحله قطعه‌بندی از آنجا که تعداد قطعات بسیار بالا بود برای حذف پلی‌گون‌های اضافی ابتدا از ماسک

به ۳۲ باند استفاده شده در تحلیل و همچنین تعداد پنج متغیر از هر باند که با استفاده از نواحی آموزشی از تصویر استخراج شدند. در مجموع ۱۶۰ متغیر به عنوان متغیرهای اولیه وارد تحلیل شدند. از طرف دیگر پایین بودن تعداد متغیرها یکی از امتیارات هر تابع تشخیص محسوب می‌شود. بدین منظور تحلیل تشخیص گام به گام که در نرم افزار SPSS موجود می‌باشد به کار گرفته شد.

در این تحلیل متغیرهای بهینه با توجه به فروض اولیه تحلیل تشخیص انتخاب و هر یک با توجه به میزان تاثیر در تمایز بین کلاس‌های معرفی شده به تحلیل ضرابی را به خود اختصاص می‌دهند. در نرم‌افزارهای spss و splus در پایان هر تحلیل تشخیص یک ماتریس ارزیابی دقت ارائه می‌گردد که بر اساس آن هر بار یکی از مشاهدات کنار گذاشته شده و تابع با سایر مشاهدات ایجاد می‌گردد و سپس این مشاهده با استفاده از تابع حاصله طبقه‌بندی می‌گردد. این روند برای تمام مشاهدات انجام گرفته و در نهایت میزان دقت و متعاقباً میزان خطای آن مشخص می‌گردد. میزان این دقت تا حدودی بیش از میزان دقتی است که بر روی قطعات تصویر صورت می‌گیرد. دلیل عمده این امر این است که قطعاتی که خارج از کلاس‌های معرفی شده هستند امکان دارد که با توجه به ضرایب تابع در دامنه‌هایی متفاوت از دامنه متغیرهای مربوط به هر کلاس دارای خروجی باشد که باعث می‌شود تابع آن پلی‌گون را به اشتباه به یکی از کلاس‌های معرفی شده اختصاص دهد. این مشکل در واقع از آنجا ناشی می‌گردد که امکان تعریف کلاس صفر در تحلیل تشخیص وجود ندارد. پس هرچه تعداد پلی‌گون‌هایی که مربوط به کلاس‌های تابع نباشند کمتر باشد، قطعا دقت بالاتری حاصل می‌شود. ولی از آنجا که تصاویر به کار گرفته شده منطقه‌ای به وسعت یک شهرستان را پوشش می‌دهد قطعا قطعات غیر ضروری زیادی وارد تحلیل می‌شوند که دقت را کاهش می‌دهند.



شکل ۲- قطعات نامنظم تصویر قبل از اصلاح پلی‌گونها



شکل ۳- قطعات تصویر بعد از حذف پلی‌گونهای طولی



شکل ۴- قطعات نهایی بعد از حذف پیکسل‌های حاشیه‌ای

نتایج

از آنجا که گندم محور اصلی تحقیق حاضر می‌باشد و با توجه به اینکه با کاهش تعداد پلی‌گون‌ها انتظار داریم که دقت تفکیک این محصول بالا رود، ابتدا سعی شد که تا حد ممکن تعداد پلی‌گون‌هایی که برای طبقه‌بندی گندم استفاده می‌شود، کم باشد. برای این منظور سه مرحله طبقه‌بندی صورت گرفت. در مرحله اول قطعات مربوط به کشت سیب‌زمینی و زمین‌های شخم از یکدیگر تفکیک و سپس بر اساس روش فیشر طبقه‌بندی شدند و قطعاتی که به این دو کلاس اختصاص یافتند، برای مرحله دوم از طبقه‌بندی خارج شدند. در جدول (۲) متغیرهای انتخاب شده به همراه ضرایب آنها نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که این دو محصول بطور متوسط با دقت ۸۵ درصد از هم تفکیک می‌شوند (جدول ۳). در مرحله دوم نیز دو کلاس یونجه و صیفی‌جات در تحلیل وارد شدند که متغیرهای انتخاب شده و دقت تفکیک آنها در جداول (۴) و (۵) نشان داده شده است. در مرحله آخر که مهم‌ترین قسمت تحلیل می‌باشد بعد از حذف قطعات طبقه‌بندی شده در قسمت‌های قبل دو محصول گندم و جو که بیشترین شباهت طیفی را با یکدیگر داشتند وارد تحلیل شدند. با توجه به جدول (۷) دیده می‌شود که دقت تفکیک گندم و جو نسبت به زوج کلاس‌های قبلی پایتتر آمده و به کمی بیش از ۷۰ درصد رسیده است که به دلیل شباهت طیفی بسیار زیاد این دو کلاس می‌باشد. بعد از اعمال طبقه‌بندی مقدار دقت حاصله به ۶۸ درصد رسید (جدول ۸). بعد از انجام تحلیل تشخیص با استفاده از نمونه‌های آموزشی، توابع خروجی تحلیل تشخیص بر روی تصویر طبقه‌بندی شده اعمال شد. در این مورد هم طبقه‌بندی در سه مرحله صورت گرفت. برای ارزیابی دقت از نقاط زمینی که به همین منظور برداشت شده بودند استفاده شد.

در جدول (۸) دیده می‌شود که ۱۲۵ مورد (۶۹/۵

درصد) از نمونه‌ها درست طبقه‌بندی شده‌اند. همچنین ۱۳

مورد (۷/۲ درصد) از نمونه‌ها در کلاس‌هایی غیر از کلاس‌های معرفی شده به تحلیل‌ها طبقه‌بندی شده‌اند. یونجه و صیفی‌جات با ۷۶/۷ درصد بالاترین دقت و جو و گندم به ترتیب با ۶۰ و ۶۳/۴ درصد کمترین دقت طبقه‌بندی را به خود اختصاص داده‌اند.

به نظر می‌رسد که روش آماری تحلیل تشخیص خطی با متغیرهای ناحیه‌ای تفکیک بین کلاس‌های محدود را با دقت بالاتری نسبت به طبقه‌بندی کلیه سطح تصویر انجام می‌دهد. یعنی هرچه تعداد کلاس‌ها یا گروه‌هایی که وارد تحلیل تشخیص خطی می‌شوند نسبت به تعداد کلاس‌های حقیقی موجود در سطح تصویر کمتر باشد، دقت طبقه‌بندی پایین می‌آید. از طرف دیگر به دلیل چندمرحله‌ای بودن روش استفاده شده در این تحقیق انتقال خطا از یک مرحله دیگر می‌تواند میزان خطا را در هر مرحله نسبت به مرحله قبل افزایش دهد. یکی از این مراحل طبقه‌بندی تصویر می‌باشد که مهم‌ترین پیش‌نیاز این روش می‌باشد که عدم دقت در این روش می‌تواند بسیار مشکل‌آفرین باشد. از طرف دیگر طبقه‌بندی چند مقیاسه در تقسیم تصویر به قطعات معنی‌دار، هم‌زمان از پارامترهای طیفی و فضایی مکانی استفاده می‌نماید. وجود پارامترهای فضایی مکانی در این الگوریتم سبب می‌شود که قطعات حاصله دارای ترکیبی از کلاس‌های مختلف گردند. اگرچه اقداماتی برای رفع این عامل ایجاد خطا انجام شد ولی بررسی‌های بعدی نشان داد که این اصلاحات نتوانسته در ایجاد قطعات خالص به‌طور کامل مؤثر باشد. از طرف دیگر وجود سنجنده‌هایی با تعداد باندهای بیشتر می‌تواند احتمال دستیابی به متغیرهای بهتر برای طبقه‌بندی را افزایش دهد. وجود کلاس‌های دیگر مانند مزارع حبوبات یا باغات انگور که جزء کلاس‌های طبقه‌بندی محاسبه نشده‌اند ولی جزء قطعات تصویر می‌باشند (کلاس سایر در جدول ۸)، از دیگر موارد ایجاد خطا می‌باشد.

جدول ۲- ضرایب تابع تشخیص سبب زمینی و زمینهای شخم

متغیرهای انتخاب شده	کلاس	
	سبب زمینی	شخم
REDT1_MEAN	-۸.۸۷۰	-۶.۵۴۸
GREENT1_MIN	۶۳.۸۳۵	۵۰.۳۲۲
NIRT2_MAX	-۴.۴۴۴	-۳.۴۷۷
BRIGHTNESS2_STD	۷۰.۵۷۸	۵۱.۰۴۹
GREENNESS2_MEAN	۴۱.۲۲۲	۳۲.۲۱۱
WETNESS1_STD	۹۶.۵۳۵	۷۵.۷۴۵
HUE2_MEAN	-۲۲.۴۰۸	-۱۷.۵۰۲
PCA2_1MEAN	۷۱.۱۰۷	۵۷.۶۶۱
PCA3_2MAX	۲۸.۶۳۰	۲۳.۶۱۸
(Constant)	-۷۹۱۹.۶۰۶	-۵۰۹۱.۹۵۶

جدول ۳- ارزیابی دقت تفکیک سبب زمینی و زمین های شخم

مجموع	کلاس طبقه بندی شده توسط توابع تشخیص		کلاس	
	شخم	سبب زمینی		
۴۰	۵	۳۵	سبب زمینی	تعداد نمونه
۳۸	۳۱	۷	شخم	
۱۰۰.۰	۰.۱۲	۰.۸۸	سبب زمینی	دقت به درصد
۱۰۰.۰	۰.۸۲	۰.۱۸	شخم	

جدول ۴- ضرایب تابع تشخیص کلاسهای یونجه و صیفی جات

جدول ۴- ضرایب تابع تشخیص کلاسهای یونجه و صیفی جات

متغیرهای انتخاب شده	کلاس	
	یونجه	صیفی جات
MIRT2_MIN	۶۴۲.۹۵۵	۲۹۵.۱۰۹
MIRT2_MEAN	-۳۲۸.۹۸۴	-۱۵۱.۸۷۳
N2N1_MIN	-۶۱۶.۵۴۸	-۲۸۲.۵۲۲
BRIGHTNESS2_RANGE	-۶۳۵.۷۳۷	-۲۸۷.۲۷۶
WETNESS1_STD	۱۰۷.۹۲۰	۵۰.۲۰۹
HUE1_RANGE	-۷۴.۰۲۹	-۳۴.۲۶۷
INTENSITY2_MIN	۲۲۱.۸۸۴	۹۸.۲۷۹
SATURATION2_MEAN	-۹۷.۸۲۰	-۴۴.۰۴۴
SATURATION2_RANGE	۶۴۰.۶۶۵	۲۹۲.۶۱۳
PCA3_1MEAN	۱۶۵۵.۲۶۷	۷۵۶.۶۷۹
PCA1_2MIN	-۶۵۱.۶۹۰	-۲۹۰.۷۲۱
(Constant)	-۸۵۸۱۲.۵۱۹	-۱۸۳۹۰.۲۸۸

جدول ۵- ارزیابی دقت تفکیک یونجه و صیفی جات

مجموع	کلاس طبقه‌بندی شده توسط توابع تشخیص		کلاس	
	صیفی جات	یونجه		
۴۰	۳	۳۷	یونجه	تعداد نمونه
۴۰	۳۶	۴	صیفی جات	
۱۰۰.۰	۰.۰۹۳	۰.۰۵۷	یونجه	دقت به درصد
۱۰۰.۰	۰.۱۰	۰.۰۹۰	صیفی جات	

جدول ۶- ضرایب تابع تشخیص کلاسها گندم و جو

متغیرهای انتخاب شده	کلاس	
	گندم	جو
GREENNESS2_MEAN	.۳۲۸	.۲۱۲
NDVI2_MAX	۹.۵۳۰	۹.۲۹۰
HUE1_MEAN	.۲۷۹	.۵۰۱
SATURATION2_MIN	-۱.۴۱۲	-۱.۱۷۰
PCA2_1MIN	.۸۲۳	۱.۰۰۷
PCA3_1STD	-۱.۰۰۸	۲.۱۲۳
PCA2_2MAX	.۵۰۳	.۳۰۱
PCA3_2STD	-۱۷.۷۳۱	-۱۹.۲۸۶
(Constant)	-۷۱۱.۵۱۴	-۶۹۸.۵۷۶

جدول ۷- ارزیابی دقت تفکیک سبب زمینی کلاسهای گندم و جو

مجموع	کلاس طبقه‌بندی شده توسط توابع تشخیص		کلاس	
	جو	گندم		
۴۳	۱۱	۳۲	گندم	تعداد نمونه
۴۲	۳۲	۱۰	جو	
۱۰۰	۲۸	۷۲	گندم	دقت
۱۰۰	۷۶	۲۴	جو	

جدول ۸- ماتریس خطای طبقه بندی نهایی کلیه کلاسها در روش پلی گون مینا

کلاس	تعداد نمونه	سیب زمینی	شخم	یونجه	صیفی جات	گندم	جو	سایر	دقت %
سیب زمینی	۳۰	۲۲	۰	۱	۲	۲	۱	۲	۷۳/۴
شخم	۳۰	۴	۲۰	۰	۲	۱	۰	۳	۶۶/۷
یونجه	۳۰	۱	۰	۲۳	۱	۲	۲	۱	۷۶/۷
صیفی جات	۳۰	۲	۰	۱	۲۳	۱	۱	۲	۷۶/۷
گندم	۳۰	۱	۲	۱	۰	۱۸	۶	۲	۶۰
جو	۳۰	۰	۱	۱	۰	۶	۱۹	۳	۶۳/۴
مجموع	۱۸۰	۳۰	۲۳	۲۷	۲۸	۳۰	۳۹	۱۳	۶۹/۵

سپس در نرم افزار Idrisi با استفاده از باندهای منتخب باندهای طبقه بندی پیکسل مینا انجام گرفت. برای ارزیابی دقت طبقه بندی از نمونه های ارزیابی مورد استفاده قرار گرفت. از مقایسه جداول ماتریس خطای طبقه بندی تحلیل تشخیص خطی پلی گون و پیکسل که به ترتیب در جداول (۸) و (۱۰) آمده اند چنین بر می آید که کلاس های سیب زمینی، شخم، یونجه، گندم و جو در روش پیکسلی با دقت بیشتری طبقه بندی می شوند ولی افزایش دقت طبقه بندی کلاس های گندم و جو چشمگیر می باشد. کلاس صیفی جات با استفاده از طبقه بندی پیکسلی با ۱۰ درصد کاهش دقت طبقه بندی روبرو شده است. در کلاس های گندم و جو علاوه بر اینکه با روش پیکسلی دقت طبقه بندی افزایش داشته است تعداد نمونه هایی از این دو کلاس که به خطا به جای یکدیگر طبقه بندی شده اند کاهش یافته است. در روش پلی گونی هشت نمونه گندم به عنوان جو و شش نمونه جو به عنوان گندم طبقه بندی شده اند ولی در روش پیکسلی هر دو این اعداد به ۴ کاهش یافته است. در روش پلی گونی ۱۲۵ مورد (۶۹/۹ درصد) از نمونه ها به طور صحیح طبقه بندی شده اند ولی این رقم در روش پیکسلی ۱۳۳ مورد (۷۴ درصد) می باشد.

تحلیل تشخیص پیکسل مینا Kilimanjaro نرم افزار Idrisi انجام پذیرفت. در این روش یک تحلیل تشخیص خطی بر روی داده های نواحی آموزشی به منظور ایجاد یک سری از توابع خطی که درجه عضویت برای هر کلاس را بیان می کند، صورت می گیرد. کلاسی که به هر پیکسل تعلق می گیرد در واقع آن کلاسی است که بعد از ارزیابی توابع بیشترین امتیاز را در آن پیکسل کسب می کند. در این توابع باندهای توابع به عنوان متغیرهای مستقل و امتیاز کسب شده از هر تابع به عنوان متغیر وابسته می باشد. در این روش امکان تعیین کلاس صفر وجود دارد و مهم ترین مزیت آن نسبت به روش پلی گون مینا می باشد. اما این کار دارای دو محدودیت عمده می باشد که یکی مربوط به تعداد باندها و علائم طیفی ورودی به تحلیل بوده و دیگری عدم ارائه تحلیل ها و تست های واسطه ای و جدول ارزیابی دقت اولیه با عنوان Cross validation می باشد. به همین دلیل اعداد پیکسل های آموزشی مربوط به هر ۳۲ باند وارد SPSS شد و پس از انجام تحلیل تشخیص گام به گام باندهای مناسب برای طبقه بندی پیکسل مینا انتخاب شدند. (جدول ۹)

جدول ۹- باندهای منتخب برای روش پیکسل مینا

ردیف	متغیر	توضیحات مربوط به باند
۱	NIR_T1	باند مادون قرمز زمان اول
۲	NDVI_T2	شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده زمان دوم
۳	INTENSITY_T2	شاخص شدت زمان دوم
۴	GREENNESS_T2	شاخص سبزینگی زمان دوم
۵	PCA2_T1	باند دوم تحلیل مؤلفه‌های اصلی زمان اول
۶	PCA1_T2	باند اول تحلیل مؤلفه‌های اصلی زمان دوم

جدول ۱۰- ماتریس خطای طبقه بندی پیکسل مینا

کلاس	تعداد نمونه	سیب زمینی	شخم	یونجه	صیفی-جات	گندم	جو	سایر	دقت: %
سیب زمینی زمستی	۳۰	۲۳	۳	۱	۰	۱	۱	۱	۷۶/۷
شخم	۳۰	۲	۲۲	۰	۱	۰	۰	۵	۷۳/۴
یونجه	۳۰	۲	۰	۲۳	۳	۱	۰	۱	۷۶/۷
صیفی جات	۳۰	۳	۰	۴	۲۰	۱	۰	۲	۶۶/۷
گندم	۳۰	۰	۰	۲	۰	۲۲	۴	۲	۷۳/۴
جو	۳۰	۰	۲	۰	۰	۴	۲۳	۲	۷۶/۷
مجموع	۱۸۰	۳۰	۲۷	۳۰	۲۴	۲۹	۲۸	۱۳	۷۴

بحث ونتیجه گیری

به طور کلی روش تحلیل تشخیص پیکسل مبنا در تفکیک گندم از سایر محصولات دقیقتر از روش پلی گون مبنا عمل می کند. زیرا با تغییر نمونه های آموزشی از سطح پلی گون به پیکسل تعداد نمونه های آموزشی افزایش یافته و احتمال نرمال بودن داده ها که یکی از فروض تابع تشخیص می باشد افزایش می یابد. از طرف دیگر در روش پیکسل مبنا تمامی داده های آموزشی هم اندازه و همگن بوده و برخلاف روش پلی گون مبنا دیگر با تغییر اندازه نمونه آموزشی احتمال تغییر میزان متغیر وجود ندارد. از طرف دیگر قطعه بندی چند مقیاسه یک فرایند طیفی_ مکانی می باشد ولی طبقه بندی پلی گون مبنا تنها از خصوصیات طیفی استفاده کرده است و این خود عاملی مهم در جهت ایجاد خطا می باشد.

منابع

- ضیائیان، پ. (۱۳۷۹). مطالعه بازتاب طیفی غلات بر روی تصاویر IRS در استان همدان. تهران: وزارت جهاد کشاورزی.
- فرشادفر، ع. ا. (۱۳۸۱). اصول و روشهای آماری چندمتغیره، تهران: انتشارات طاقبستان. چاپ اول.
- قدیری، م. (۱۳۸۳). ارزیابی تاثیر پارامترهای چند مقیاسه بر طبقه بندی شیء گرا. پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه تربیت مدرس.
- ماردیا کانتی، ک. ج. (۱۳۷۶). تحلیل چندمتغیره. ترجمه محمد مهدی طباطبائی. تهران: نشر دانشگاهی.
- Bannari, A., A. Pacheco, K. Staenz, H. McNaim and K. omari (2006). Estimatin and maooinng Crop residues cover and agricultural lands using hyperspectral and
- Ikonos data. *Jornal of Remote Sensing of Environment*. 104: 447-469.
- Barnett, T. L. and D. R. Thompson (1982). *The use of large-area spectral data in wheat yield estimation.*, *Remote Sensing of Environment*, Volume 12, Issue 5-December 1982, Pages 509-518.
- Cortijo, F.J. and N. Perenz (1997) *The performance of regularized discriminant analysis versus non_parametric classifiers applied to high dimentional image classification*. Descai Technical Report.
- Dusek, D. A. and R. D. Jackson (1985). *Musick. Winter wheat vegetation indices calculated from combinations of seven spectral bands.*, *Remote Sensing of Environment*, Volume 18, Issue 3, December 1985, Pages 255-267.
- Foody, M. G. and A. Mathur (2006). The use of small training sets containing mixed pixels for accurated hard classsification: Training on mixed spectral response for classification by SVM. *Jornal of Remote Sensing of Environment*. 103: 179-189.
- Hoekman, D.H. and M.A.M. Vissers (2003). *A new polarimetric classification approach evaluated for agricultural crops.* *Geoscience and Remote Sensing*, IEEE Transactions on Volume 41, Issue 12.
- Ivits, E., S. Hemphill, Langar & B. Koch (2005). Benchmarking of pixel_ and object_ based classification methods. GEoland project report, felis 2005.

Switzer, P. (1988). Extensions of linear discriminant analysis for statistical classification of remotely sensed satellite imagery. *Journal of Mathematical Geology*.

Tucker, M. and M. Arıkan (2000). *Field Based Crop Mapping Through Sequential Masking Classification Of Multitemporal Landsat 7 ETM+ Imagery In Karah Bey, Turkey*. Middle East Technical University.

Wardlow, D. B., L. E. Eghbert and J. H. Castens (2007). Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. *Journal of Remote Sensing of Environment*. 108: 290-310.

Ziyaiyan, P. (2001). *performance evaluation of difference classification algorithm For crop average estimation*. IEE Sidney Australia.



