

تفکیک محدوده و تخمین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به کمک تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ (مطالعه موردی: مزرعه نمونه آستان قدس رضوی)

فریده علیپور^۱ - محمدحسین آق‌خانی^{۲*} - محمدحسین عباسپورفرد^۳ - عادل سپهر^۴

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۲۳

چکیده

بررسی و مطالعه بر روی تکنیک سنجش از دور نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور، به دلیل فراهم آوردن داده‌های به‌هنگام و قابلیت بالای آنالیز تصاویر، کاربرد گسترده‌ای در تمامی بخش‌ها از جمله کشاورزی و منابع طبیعی دارند. در پژوهش حاضر، به‌منظور شناسایی و تفکیک اراضی زیر کشت محصولات مختلف و تهیه نقشه انواع محصولات منطقه‌ای در اطراف مشهد (مزرعه نمونه آستان قدس رضوی) از دو تصویر (مربوط به ماه‌های اردیبهشت و شهریور) داده‌های رقومی ماهواره لندست، سنجنده ETM⁺ مربوط به سال ۱۳۹۱ استفاده شد. جهت طبقه‌بندی تصویر در هر یک از این دو ماه، از روش طبقه‌بندی نظارت شده شامل حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. برای مقایسه تصویر حاصل از دو روش، نمونه‌های تعلیمی و آزمایشی و روش کار کاملاً یکسانی برای هر دو روش انتخاب شد. جهت ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی، نقشه تولیدی با نقاط واقعیت زمینی مشخص شده از طریق GPS، مورد بررسی قرار گرفت. ضریب کاپا و صحت کلی برای روش حداکثر احتمال به ترتیب ۸۲ و ۸۵ درصد و برای شبکه عصبی به ترتیب ۸۴ و ۸۷ درصد برآورد گردید. مساحت‌های سطح زیر کشت محاسبه شده از نقشه طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی توانست به ترتیب با اختلاف متوسط ۱۶/۸ و ۱۴/۲ درصد با اطلاعات مساحت‌های موجود در مزرعه آستان قدس مساحت محصولات مختلف را تخمین بزند. نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی زراعی و تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه و تعیین سطح زیر کشت با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است. این اطلاعات برای برنامه ریزی‌های کلان منطقه‌ای در قالب تدوین الگوی کشت یا توسعه مکانیزاسیون بسیار مفید می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: حداکثر احتمال، سنجش از دور، ETM⁺، طبقه‌بندی شبکه عصبی، محصولات کشاورزی

مقدمه

گسترده‌ای در تمامی بخش‌ها از جمله کشاورزی و منابع طبیعی دارند. برآورد سطح زیر کشت محصولات مختلف کشاورزی در کشور معمولاً از سه طریق تخمین کارشناسی، برآورد از طریق فهرست برداری و استفاده از فن آوری‌های جدید (از جمله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی) انجام می‌گیرد. دقت روش تخمین کارشناسی بسیار اندک است و نمی‌توان نتایج آن را در تصمیم‌گیری‌های مهم کشور به کار گرفت. در روش برآورد از طریق فهرست برداری، هر چند سطح زیر کشت محصول تخمین زده می‌شود، اما پراکندگی آن را به‌دست نخواهد داد ضمن اینکه هزینه بالای نیروی انسانی عامل مهم و محدودکننده این روش است. در ایران به‌دست آوردن آمار مربوط به کشاورزی، بیشتر از طریق کارشناسی و روش‌های سنتی صورت می‌پذیرد. بررسی‌ها نشان داده است که این روش‌ها دارای خطاهای زیادی است (Ziaician-Firoozabadi et al., 2009).

بنابراین به‌کارگیری روش‌های دقیق‌تر و سریع‌تر برای کمک به برنامه‌ریزی‌های کلان مختلف از جمله کشاورزی ضروری می‌باشد.

فن آوری سنجش از دور یا RS و داده‌های ماهواره‌ای یکی از ابزارهای کارآمد برای پایش، مطالعه و تعیین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی می‌باشد. برنامه‌ریزان، مجریان و کشاورزان با آگاهی از سطح زیر کشت می‌توانند سیاست‌های مدیریتی و اجرایی مناسبی در زمینه‌هایی از قبیل تعیین نوع کشت در هر منطقه، ساخت سیلوها و انبارها، خدمات مکانیزه منطبق با نیاز و شرایط بومی و سایر موارد اتخاذ نمایند. امروزه تکنیک‌های سنجش از دور، به دلیل فراهم آوردن داده‌های به‌هنگام و قابلیت بالای آنالیز تصاویر، کاربرد

۱- کارشناس ارشد ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) نویسنده مسئول: (Email: aghkhani@um.ac.ir)

۳- استاد گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد

منطقه مطالعاتی را جدا کردند، ولی به همراه شالیزارها برخی کشت‌های دیگر و پوشش سبز مانند فضای سبز و چمن‌کاری‌های اطراف زاینده رود که در زمان تصویر برداری همانند برنج آبیاری می‌شوند نیز به‌عنوان برنجزار طبقه‌بندی می‌شود. آن‌ها اعلام کردند که بهترین زمان برای تعیین سطح زیر کشت برنج زمانی است که مزارع برنج پرآب و همچنین دارای LAI^۷ بالایی است (Khajeddin and Pourmanafi, 2007). در پژوهشی دیگر کاربرد تصاویر ماهواره IRS به‌منظور تهیه نقشه پراکنش برنج در شهرستان مرودشت مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش برای تعیین مزارع برنج از دو گذر زمانی تصاویر سنجنده Liss III از ماهواره IRS-P 6 که هم‌زمان با سبزیگی و زردشدگی گیاه برنج بود تصویر تهیه شد. آن‌ها اشاره کردند که شاخص گیاهی SAVI^۸ می‌تواند مزارع و مراتع منطقه را شناسایی کند ولی به‌علت نزدیک بودن درصد بازتاب طیفی برنج در زمان سبزیگی با دیگر کاشت‌های هم‌زمان سبز در منطقه، خصوصاً ذرت، قادر به تفکیک تمامی مزارع برنج از دیگر کشت‌های سبز در منطقه نبود. در نقشه پراکنش نهایی، مساحت اراضی برنج استخراج شده با دقت ۷۷ درصد تعیین گردید (Salami and Kazemi, 2008). یوسفی و همکاران (۲۰۱۱) تحقیقی را با هدف تعیین بهترین روش طبقه‌بندی تصاویر سنجنده ETM⁺ از بین ۹ روش طبقه‌بندی نظارت شده جهت استخراج نقشه کاربری اراضی شهر نور انجام دادند. طبقه‌بندی آن‌ها شامل (مناطق مسکونی، کشاورزی و جنگل) بود. نتایج آن‌ها نشان داد که طبقه‌بندی شبکه عصبی با میانگین دقت کلی و کاپا به‌ترتیب ۸۶/۸۱ درصد و ۷۴/۱۷ درصد و روش حداکثر احتمال با میانگین دقت کلی و کاپا به‌ترتیب ۸۱/۸۴ درصد و ۶۷/۵۱ درصد به‌ترتیب در اولویت دوم و چهارم از بین ۹ اولویت قرار داشتند. آرخی و ادیب‌نژاد (۲۰۱۱) در پژوهش خود از الگوریتم‌های SVM برای طبقه‌بندی کاربری اراضی حوزه سد ایلام با استفاده از داده‌های ETM⁺ لندست استفاده کردند. در این پژوهش طبقه‌بندی با استفاده از روش ماشین‌های بردار پشتیبان اجرا شده و کارکرد این روش با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال مقایسه شد. کلاس‌های کاربری اراضی (اراضی کشاورزی، مرتع، جنگل، اراضی بایر، باغ و دریاچه) بودند. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم‌های SVM خصوصاً سه کرنل خطی، چند جمله‌ای و شعاعی نسبت به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال از نظر دقت کل حدود ۱۰ درصد و ضریب کاپا حدود ۱۵ درصد برتری دارد. در پژوهشی دیگر به‌منظور تهیه نقشه‌ی پوشش اراضی بخشی از استان همدان از داده‌های رقومی ماهواره IRSP-6 (سری زمانی سنجنده Awifs) استفاده کردند. کاربری عمده‌ی پوشش سبز نقشه‌ی کاربری اراضی ۲۷ آوریل شامل کاربری

برآوردهای کارشناسی و غیر رسمی که از محاسبه‌ی سطح زیر کشت به‌صورت پرسشنامه‌ای و حضوری به دست کارشناسان انجام می‌شود، دوران خود را سپری کرده است و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای به مثابه‌ی راه‌کاری جدید نه تنها کاستی‌های ناشی از خطای انسانی را کاهش می‌دهد بلکه می‌تواند در امر برنامه‌ریزی‌های مختلف در حیطه‌ی کشاورزی نیز کارگشا باشد. مسلم است که عدم نیاز به مراجعه‌ی مستمر به مزارع کشاورزی و انجام پرسش و پاسخ باعث کاهش در هر دو مورد هزینه و زمان خواهد شد.

در پژوهشی برای طبقه‌بندی سه کلاس گندم، جو بهاره و چغندر قند بر روی تصاویر سنجنده Spot HR از الگوریتم‌های مختلف آموزش داده‌ها در روش SVM^۱ (ماشین بردار پشتیبان) استفاده شد. نتایج آن‌ها نشان داد که دقت کلی حاصل از الگوریتم‌های مختلف تقریباً یکسان بوده و همچنین دقت طبقه‌بندی برای گندم در حدود ۸۰٪ و برای جو در حدود ۷۶٪ می‌باشد (Foody and Mathur, 2006). در پژوهش دیگری که در آرژانتین انجام شد از مدل شبکه عصبی و داده‌های MODIS^۲ برای طبقه‌بندی داده‌های پوشش اراضی منطقه کوردوبا استفاده نمودند. در مطالعه مذکور، ۵ مدل شبکه عصبی به کار برده شد که در ۴ مدل، ورودی شامل RED^۳، NIR^۴، NDVI^۵ و EVI^۶ به تنهایی بود و در مدل پنجم ورودی شامل RED و NIR می‌شد. با استفاده از بازدید میدانی میزان صحت هر یک از مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بهترین مدل دارای ورودی RED و NIR و صحتی معادل ۹۳ درصد بود و بقیه مدل‌ها با ورودی‌های RED، EVI، NDVI و NIR دارای دقتی برابر با ۷۶، ۸۳، ۸۶ و ۸۱ درصد بودند (Bocco et al., 2007). در پژوهشی که در سال ۲۰۰۷ انجام شد به بررسی روند زمانی داده‌های شاخص‌های گیاهی برای طبقه‌بندی مزارع کشاورزی شامل: یونجه، ذرت، ذرت خوشه‌ای، سویا، زمین‌های آیش و گندم با استفاده از ۱۲ تصویر MODIS با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر پرداخته و با توجه به روندهای زمانی متفاوت شاخص‌های EVI و NDVI کلاس‌های مختلف را از هم تفکیک کردند (Wardlow et al., 2007).

در پژوهشی برای تعیین سطح زیر کشت شالیزارهای منطقه اصفهان، از داده‌های رقومی ماهواره IRS-ID (سنجنده‌های PAN، LISS III، سری زمانی WiFS) استفاده شد. آن‌ها با استفاده از باند مادون قرمز موج کوتاه و استفاده از شاخص‌های NDWI^۷، NDVI^۸ مخصوصاً شاخص آب، برنجزارهای

- 1- Support vector machine
- 2- Moderate resolution data relay satellite
- 3- Near infrared
- 4- Normalized difference vegetation index
- 5- Enhanced vegetation index
- 6- Normalized difference water index

7- Leaf area index

8- Soil adjusted vegetation index

انتخاب زمان تصویر برداری

به دلیل تشابه طیفی بین محصولات عمده منطقه نمی‌توان از یک تصویر برای تفکیک و استخراج الگوی کشت منطقه مورد مطالعه استفاده کرد (Caren *et al.*, 2001). در تحقیقی که در منطقه شمال ویسکانسین انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تشابه طیفی بین گونه‌های خزان کننده صحت تفکیک پذیری را کاهش می‌دهد. در این تحقیق از تصاویر سری زمانی برای تفکیک محصولات مختلف از یکدیگر استفاده شد (Salami and Kazemi, 2008; Khajeddin and Pourmanafi, 2007). در تفکیک شالیزارها از کشت‌های دیگر، به دلیل بازتاب مشابه کشت‌های مختلف در یک تصویر، با این مشکل روبه‌رو بودند. آشورلو و همکاران (۲۰۰۷) نیز برای تفکیک گندم از دو سری تصویر ماهواره Spot (مرحله اول، سبز بودن مزارع گندم و مرحله دوم، زمان زرد بودن مزارع گندم) استفاده کردند. بدین منظور، برای تعیین دامنه زمانی مناسب برای سفارش تصاویر ابتدا به جمع‌آوری تقویم زراعی محصولات آستان قدس اقدام شد. اطلاعات بررسی شده شامل: زمان شخم، کاشت، اوج سبزی‌نگی و برداشت محصولات مختلف بودند که این اطلاعات در پایگاه داده ذخیره گردیده است (جدول ۱) و در نهایت تجزیه و تحلیل‌های لازم برای تعیین زمان تصاویر بر اساس محصولات منطقه مورد مطالعه انجام گرفت.

با توجه به هدف این مطالعه یعنی، تهیه نقشه نوع محصول منطقه مورد مطالعه و نیز با توجه به تقویم زراعی منطقه و مراحل فنولوژی رشد محصولات طوری برنامه‌ریزی شد که از فروردین ۱۳۹۱ تا مهر ۱۳۹۱ برای هر ماه یک تصویر داشته باشیم. در نهایت در تاریخ‌هایی که در جدول ۲ آمده است تصاویر مربوط به ماهواره لندست ۷ و سنجنده ETM⁺ گرفته شد.

در سائیتی که برای دانلود تصاویر ماهواره‌ای از آن استفاده شد، برای هر ماه یک تصویر در اختیار قرار می‌گرفت. برای انجام این پژوهش سال ۱۳۹۱ انتخاب شد و برای هر یک از ماه‌های فروردین تا مهر یک تصویر از سایت مربوطه دانلود و یا سفارش داده شد (به دلیل اینکه از بین این تصاویر بهترین تصاویر برای انجام عمل طبقه‌بندی انتخاب شود). دو ماه خرداد و تیر به دلیل ابرناکی قابل استفاده نبودند (اگر تصاویر این دو ماه مذکور قابل استفاده بودند و ابرناک نبودند احتمال استفاده از تصاویر دو ماه خرداد و تیر وجود داشت). تصاویر ماه‌های مختلف و بازتاب‌های محصولات نیز در ماه‌های مختلف مقایسه شد و در نهایت تصاویر دو ماه اردیبهشت و شهریور برای انجام طبقه‌بندی انتخاب شدند که در ادامه به فرآیندی که منجر به انتخاب این دو تصویر به‌عنوان بهترین تصاویر انجامید، اشاره خواهد شد.

گندم، جو و یونجه و کاربری عمده طبقه‌ی پوشش سبز نقشه کاربری اراضی ۱۶ آگوست شامل کاربری یونجه و سیب‌زمینی می‌باشد. جهت طبقه‌بندی تصویر، از روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون سه لایه استفاده شد. در نهایت نقشه‌ی پوشش اراضی منطقه با ۱۳ طبقه تهیه گردید ضریب کاپا و دقت کلی طبقه‌بندی به روش شبکه‌ی عصبی ۸۶ و ۸۸ درصد برآورد شد (Soffianian *et al.*, 2011).

در این تحقیق از روش سنجش از دور که نتایج قابل قبولی در تفکیک اراضی برای جداسازی سطح زیرکشت و تفکیک محصولات مختلف کشاورزی دارد برای تفکیک محصولات مختلف کشاورزی در مزرعه آستان قدس رضوی استفاده شده است. برای تحلیل تصاویر و داده‌های دورسنجی از روش‌های حداکثر احتمال^۱ و شبکه عصبی^۲ استفاده شده است.

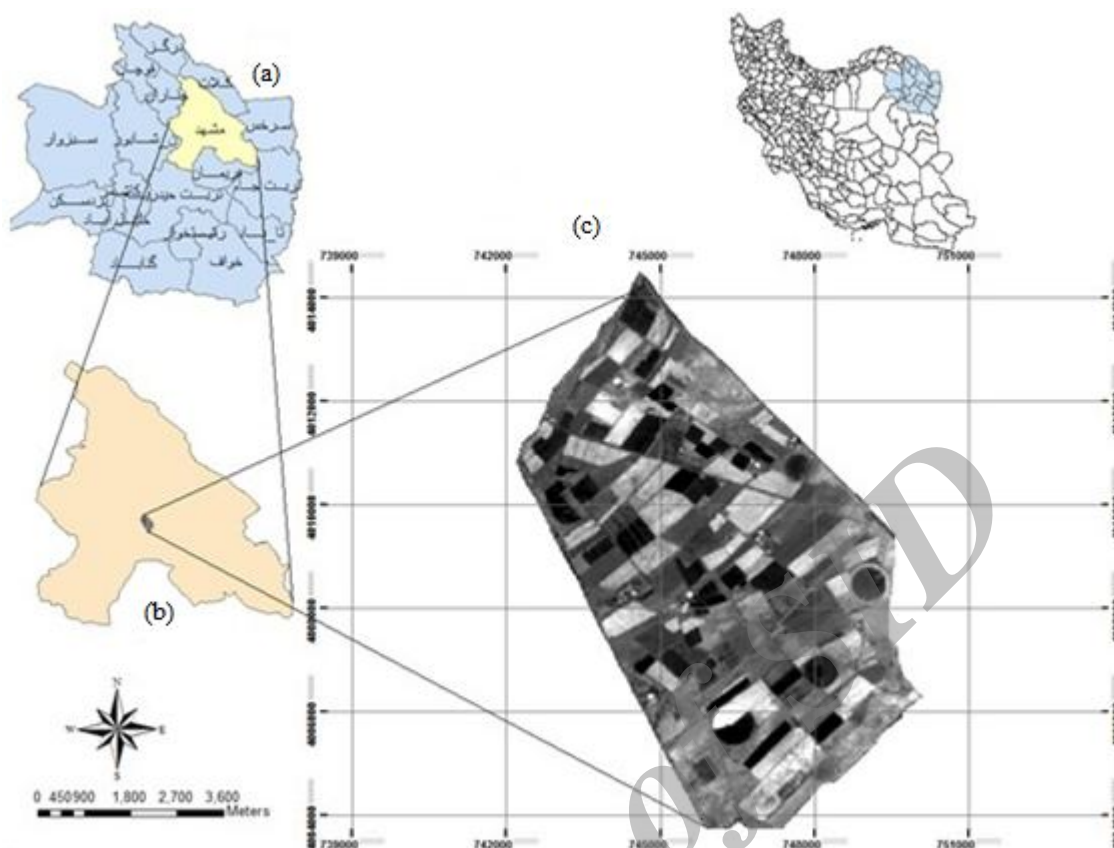
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

مزرعه آستان قدس رضوی در استان خراسان رضوی و در منطقه‌ای در جنوب شرقی دشت مشهد واقع در مسیر جاده مشهد سرخس قرار دارد. مساحت مزرعه آستان قدس حدود ۷۰۰۰ هکتار است که حدود ۵۰۰۰ هکتار در قسمت اصلی مزرعه و حدود ۲۰۰۰ هکتار آن در قسمت خارج از قسمت اصلی قرار دارد. در این مطالعه قسمت ۲۰۰۰ هکتار به دلیل پراکندگی اراضی و قرارگیری در اراضی خصوصی مد نظر قرار گرفته نشده است. منطقه مورد نظر با مساحت ۵۰۰۰ هکتار بین طول‌های جغرافیایی ۵۹/۷۲ تا ۵۹/۷۴ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶/۱۹ تا ۳۶/۲۱ درجه شمالی واقع شده است. ارتفاع متوسط منطقه ۹۸۵ متر از سطح دریا و میزان بارندگی نیز ۲۰۰ تا ۲۵۰ mm و دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است (اطلاعات مزرعه آستان قدس)، (شکل ۱).

در این تحقیق تصاویر ماهواره لندست ۷، سنجنده ETM⁺ شامل ۶ باند طیفی (قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر) و یک باند حرارتی (قدرت تفکیک مکانی ۶۰ متر) و باند پانکروماتیک (قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر) استفاده شد. قدرت تفکیک رادیومتری تصاویر ۸ بایت و دوره تکرار آن ۱۶ روز است. باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ به ترتیب مربوط به باند آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز میانی (الف)، باند مادون قرمز حرارتی، باند مادون قرمز میانی (ب) و باند پانکروماتیک است (Rasuli, 2008).

- 1- Maximum likelihood
- 2- Neural network



شکل ۱- (a) استان خراسان رضوی، (b) مشهد، (c) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و تصویر رنگی کاذب (۲، ۳، ۴) منطقه روی تصویر ETM⁺

Fig.1. (a) Khorasan Razavi state, (b) Mashhad region, (c) Position of the study area and false color composite (2, 3, 4) of ETM⁺ image

جدول ۱- بهترین زمان تصویر برداری برای محصولات منطقه مورد مطالعه با توجه به فصل کشت و دوره رویشی محصولات

Table 1- The best time for taking image for products in the study area according to cultivation season and growing period of plants

برداشت Harvesting	زرد شدن To yellow	اوج سبزیگی Green peak	رشد و سردآوردن از خاک Growth	کاشت Planting	شخم Plow	محصولات Products
Late July	Late June	May	December	November	October	گندم Wheat
Early July	June	May	November- December	October- November	October	جو Barley
October- November	October	Early September	June	May	April	گوچه فرنگی Tomato
April until September	---	Spring-Summer	October	September	August	یونجه یک ساله Alfalfa a year
April until September	---	Spring-Summer	---	---	---	یونجه چند ساله Old alfalfa
September- October	---	Late August	Early July	Late June	April	ذرت علوفه‌ای Forage maize
August- September	October	August	June	June	April	خربزه Melon
---	December	Spring-Summer	---	---	---	باغات Gardens

جدول ۲- داده‌های مورد استفاده از سنجنده ETM⁺Table 2- Data used from ETM⁺ sensor

Date تاریخ	Date تاریخ	ETM ⁺
2012/11/4 April	۱۳۹۱/۱/۲۳ فروردین	image 1 تصویر ۱
2012/13/5 May	۱۳۹۱/۲/۲۴ اردیبهشت	image 2 تصویر ۲
2012/14/6 June	۱۳۹۱/۳/۲۵ خرداد	image3 تصویر ۳
2012/16/7 July	۱۳۹۱/۴/۲۶ تیر	image4 تصویر ۴
2012/1/8 August	۱۳۹۱/۵/۱۱ مرداد	image5 تصویر ۵
2012/2/9 September	۱۳۹۱/۶/۱۲ شهریور	image6 تصویر ۶
2012/4/10 October	۱۳۹۱/۷/۱۳ مهر	image7 تصویر ۷

این کار فرض می‌شود همه‌ی مناطق آموزشی از پراکنش نرمال برخوردارند. در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند (Alavi-Panah, 2005). طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای فرآیند پیچیده‌ای است که ممکن است به‌وسیله‌ی بسیاری از فاکتورها تحت تأثیر قرار گیرد. محققان در راستای توسعه‌ی روش‌ها و تکنیک‌های پیشرفته‌ی طبقه‌بندی جهت بهبود دقت طبقه‌بندی‌ها تلاش گسترده‌ای را انجام داده‌اند که از جمله می‌توان به شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی و سیستم‌های هوشمند اشاره کرد (Lu and Weng, 2007). انواعی از روش‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی وجود دارد (Wijaya, 2005)، که از میان آن‌ها شبکه عصبی پرسپترون چند لایه‌ای معمول‌ترین مدل مورد استفاده برای طبقه‌بندی تصویر در سنجش از دور است. یک پرسپترون چند لایه معمولاً از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه نهفته و یک لایه خروجی تشکیل شده است که به‌ترتیب اطلاعات را دریافت و پردازش می‌کنند و نمایش می‌دهند (Singh et al., 1999). در این مطالعه برای هر یک از ماه‌های اردیبهشت و شهریور از یک شبکه پرسپترون، با تعداد ۷ نرون ورودی، شامل ۶ باند طیفی (تمام باندهای سنجنده ETM⁺ به غیر از باندهای ۶ و ۸ به دلیل اینکه دارای رزولوشن متفاوت از ۳۰ متر هستند) و نقشه شاخص گیاهی NDVI، به‌همراه نمونه‌های آموزشی در نظر گرفته شد. در این تحقیق نیز از نقشه NDVI به‌عنوان یک نرون ورودی برای شبکه عصبی استفاده شد.

NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی است. اغلب نسبت معینی از باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز برای نقشه‌های پوشش گیاهی و بررسی شرایط آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا این دو باند به‌ترتیب به‌شدت با گیاهان جذب و منعکس می‌شوند. وجود یک نسبت بالا نشان دهنده پوشش گیاهی سالم است در حالی که یک نسبت پایین مبین پوشش گیاهی ناسالم و دچار استرس، یا بدون پوشش گیاهی است. شاخص NDVI از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Schowengerdt, 1997).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر ابتدا اقدام به برداشت نمونه‌های تعلیمی از منطقه مورد مطالعه گردید. نمونه‌های تعلیمی از سطح منطقه با استفاده از بازدید میدانی و دستگاه GPS برداشت شدند و از اطلاعات نقاط کنترل زمینی^۱ موجود در مزرعه آستان قدس نیز استفاده شد. بخشی از داده‌ها جهت آموزش تصویر ماهواره‌ای و بخشی از آن برای برآورد صحت نتایج حاصل از دو طبقه‌بندی مذکور به‌کار گرفته شده است. به‌دلیل اینکه بتوانیم بین دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی مقایسه درستی انجام دهیم نقاط آموزشی و آزمایشی یکسانی برای هر دو روش در نظر گرفته شد.

برای جداسازی چهار محصول ذرت علوفه‌ای، گوجه فرنگی، خربزه و یونجه از سایر محصولات (گندم و جو) و زمین‌های آیش، از تصویر مربوط به تاریخ ۱۲ شهریور ۱۳۹۱ (۲ سپتامبر ۲۰۱۲) استفاده شد. در این زمان مزارع گوجه فرنگی، ذرت، خربزه و یونجه در اوج سبزیگی خود قرار دارند و محصولات گندم و جو برداشت شده‌اند و فقط از مزارع گوجه فرنگی، ذرت، یونجه و خربزه بازتاب وجود دارد و این مزارع قابل تفکیک هستند.

برای جداسازی سه محصول گندم، جو و یونجه از سایر محصولات، از تصویر مربوط به تاریخ ۲۴ اردیبهشت ۱۳۹۱ (۱۳ مه ۲۰۱۲) استفاده شد. در این زمان مزارع گوجه فرنگی، ذرت و خربزه هنوز سر از خاک در نیآورده‌اند ولی محصولات گندم و جو دوره رشد خود را گذرانده و دوره بلوغ خود را سپری می‌کنند و در اوج بازتاب هستند در نتیجه این محصولات از سایر محصولات قابل تفکیک هستند. نتایج تحقیق واردلو و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داد که تفکیک پذیری غلات در دوره‌ی بلوغ محصولات نسبت به دوره‌ی رشد محصولات چشمگیرتر می‌باشد.

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

روش حداکثر احتمال یکی از رایج‌ترین روش‌های طبقه‌بندی در اکثر تحقیقات و مطالعات می‌باشد (Hopkins et al., 2005). روش حداکثر احتمال، واریانس و کواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند. برای

1- Ground control point

جدول ۳- بهترین مقادیر پارامترها برای ایجاد شبکه بهینه در تصویر ماه مه و سپتامبر

Table 3- The best values of parameters for making optimum network in the images of months May and September

مقادیر بهینه Optimal values	پارامترهای مورد استفاده در شبکه عصبی The parameters used in the neural network
7	تعداد نرون ورودی Number of input neurons
21	تعداد نرون مخفی Number of hidden neurons
2	تعداد نرون خروجی Number of output neurons
0.2	سرعت یادگیری Learning rate
0.5	گشتاور Momentum rate

نرم افزار گوگل ارث استفاده شد، به دلیل اینکه تصاویر گوگل ارث قدرت تفکیک مکانی بالایی دارند، باغات از سایر مزارع قابل تفکیک می باشند. با تفریق طبقه باغات حاصل از تصاویر گوگل ارث از طبقه پوشش سبز مشترک دو ماه مه و سپتامبر، که این پوشش سبز مشترک معرف طبقات یونجه و باغات بودند (به دو روش شبکه عصبی و حداکثر احتمال) مزارع یونجه به دست آمد. از تصویر NDVI منطقه در ماه سپتامبر نیز برای تفکیک ذرت علوفه ای و گوجه فرنگی و خربزه از یکدیگر استفاده شد و هریک از طبقات محصولات ذرت علوفه ای و خربزه به تصویر کلی حاصل از تلفیق دو تصویر ماه مه و سپتامبر (با تفکیک طبقات یونجه و باغات) اضافه شد.

نتایج و بحث

پس از پایان عمل طبقه بندی، نتایج حاصل از طبقه بندی از طریق مقایسه نقشه های طبقه بندی شده با واقعیت زمینی و با کمک معیارهای تعیین صحت به صورت کمی برآورد می گردد. هدف از بررسی صحت، ارزیابی میزان همخوانی نقشه حاصل از طبقه بندی با نقشه واقعیت زمینی می باشد. حاصل این ارزیابی به صورت جدول خطا ارائه می شود (Mohammadi, 2005). در ماتریس خطا داده های مرجع (ستون های ماتریس) با داده های طبقه بندی (ردیف های ماتریس) مقایسه می گردند. در واقع پیکسل های درست طبقه بندی شده در قطر جدول قرار می گیرند و پیکسل های غیر قطری درست طبقه بندی نشده اند. در جدول ماتریس خطا، خطای امیسیون^۱ و کمیسیون^۲ نیز بیان می گردد. خطای کمیسیون یک کلاس، نشان دهنده میزان مساحت اراضی یک کلاس که واقعا به آن تعلق نداشته، بوده و خطای امیسیون نشان دهنده میزان مساحت اراضی یک کلاس که جزء کلاس های دیگر طبقه بندی شده است (Alavi-Panah and Masoudi, 2001). ماتریس خطا به دو روش در

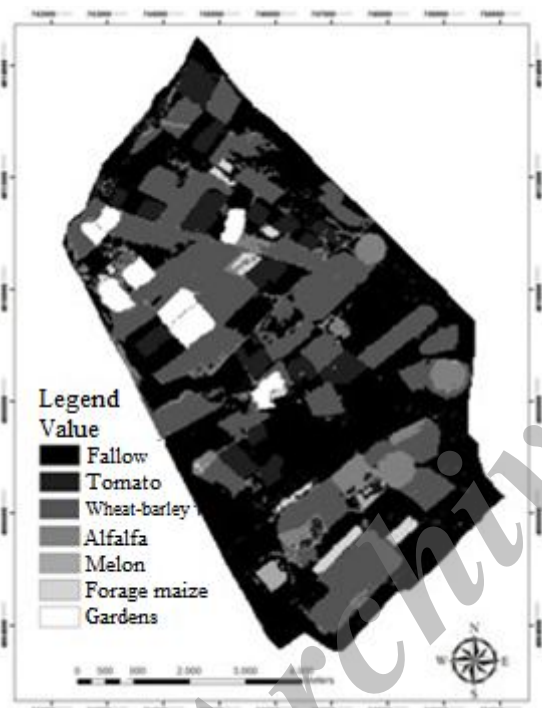
NIR باند مادون قرمز نزدیک و RED باند قرمز می باشد. تعداد لایه های نهفته نیز یک لایه و تعداد نرون های مخفی ۳ برابر تعداد نرون های ورودی یعنی ۲۱ عدد انتخاب شد. تعداد لایه خروجی در ماه سپتامبر ۲ عدد شامل دو طبقه ذرت علوفه ای، یونجه، خربزه، گوجه فرنگی، سایر محصولات و زمین های آیش و تعداد لایه خروجی در ماه مه نیز ۲ عدد شامل طبقه گندم، جو، یونجه و سایر محصولات در نظر گرفته شد. پارامترهای استفاده شده به منظور ایجاد شبکه بهینه برای طبقه بندی دو سری زمانی تصویر در این مطالعه در جدول ۳ آورده شده است.

باید توجه شود که محصول یونجه در تمام طول فصل بهار و تابستان وجود دارد و هر ۳۰ تا ۴۰ روز یک بار برداشت می شود و مجدداً رشد می کند و به اوج سبزیگی خود می رسد. باغات نیز در تمام طول فصل بهار و تابستان وجود دارد (در دو ماه مه و سپتامبر که برای طبقه بندی استفاده شدند وجود دارند). به بیان دیگر باغات و یونجه پوشش سبز مشترک در دو ماه مذکور می باشند. به دلیل اینکه در دو ماه مه و سپتامبر محصول یونجه وجود دارد، برای جدا سازی محصول یونجه، از تلفیق تصویر طبقه بندی شده تصاویر ماه مه و سپتامبر با یکدیگر (به دلیل اینکه این محصول پوشش سبزی است که در هر دو طبقه مشترک می باشد) و جداسازی یونجه از تصویر حاصل از تلفیق تصاویر مربوط به دو ماه مه و سپتامبر استفاده شد. در تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه حاصل از اعمال و کاربرد شبکه عصبی و حداکثر احتمال، محدوده کشت درختان با سایر محصولات در بعضی از قسمت های تصویر زمین ها آمیخته شدند. با توجه به اینکه بازتاب در هر دو گروه محصولات گندم، جو، یونجه، درختان و ذرت علوفه ای، گوجه فرنگی، خربزه، یونجه، درخت در باندهای مختلف سنجنده مشابه یکدیگر می باشد و با توجه به اینکه قدرت تفکیک مکانی این تصاویر ۳۰ متر می باشد، یعنی هر پیکسل از تصویر پوشش دهنده 900 m^2 از سطح زمین می باشد، آمیختگی محدوده کشت درختان و سایر محصولات غیر قابل اجتناب است. برای جداسازی درختان از سایر محصولات از تصاویر ماهواره ای موجود در

1- Omission error

2- Commission error

برای تعیین سطح زیرکشت محصولات مختلف منطقه مورد مطالعه به کمک نقشه‌های طبقه‌بندی شده، از نقشه طبقه‌بندی شده به روش شبکه عصبی و حداکثر احتمال استفاده شد. نقشه‌های طبقه‌بندی محصول به کمک روش شبکه عصبی و حداکثر احتمال به نرم افزار GIS انتقال یافت و به کمک این نرم افزار مساحت تعدادی از زمین‌های محصولات مختلف محاسبه شد. در نهایت مساحت زمین‌های محاسبه شده از نقشه طبقه‌بندی شده به هر دو روش مذکور، با اطلاعات مساحت تعدادی از زمین‌ها که مساحت‌های آن‌ها توسط مزرعه نمونه آستان قدس ارائه شده بود مقایسه شد (اطلاعات آستان قدس بر اساس داده‌برداری اطراف مزرعه توسط GPS می‌باشد).



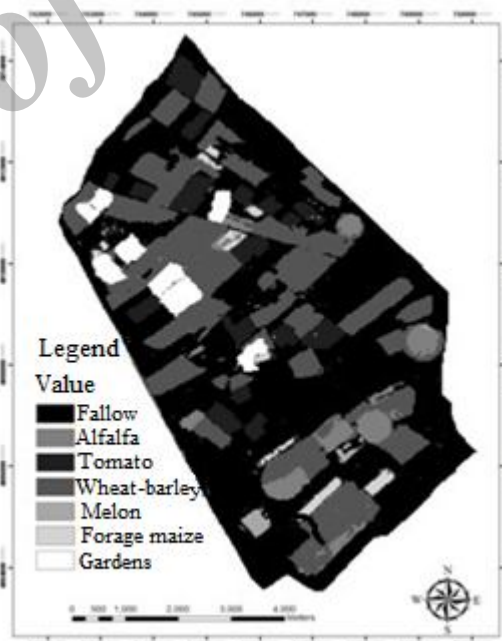
شکل ۳- نقشه انواع محصولات منطقه با استفاده از روش حداکثر احتمال

Fig.3. The map of crop cultivation of the region using Maximum Likelihood method

برای چند زمین در نظر گرفته شده، کل مساحت زمین‌های طبقه‌بندی شده به روش شبکه عصبی ۲۴۵ هکتار و به روش حداکثر احتمال ۲۵۰/۷ هکتار و با توجه به اطلاعات مزرعه آستان قدس رضوی برابر با ۲۱۴/۵ هکتار بود. به عبارتی مساحت محاسبه شده به روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی به ترتیب ۱۶/۸۸ و ۱۴/۲ درصد از اطلاعات مساحت‌های موجود در مزرعه آستان قدس بیشتر می‌باشد. این خطا ممکن است ناشی از موارد زیر باشد:

جدول‌های ۴ و ۵ آورده شده است. ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه طبقه‌بندی شده به روش حداکثر احتمال به ترتیب ۸۲ و ۸۵ درصد و برای شبکه عصبی به ترتیب ۸۴ و ۸۷ درصد برآورد گردید. نقشه‌های طبقه‌بندی به دو روش مذکور در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است.

صحت کلی^۱، به‌عنوان یک معیار ارزش‌گذاری صحت طبقه‌بندی است. از محدودیت‌های صحت کلی این است که پیکسل‌هایی که به خطا به طبقه‌ای اختصاص یافته‌اند و پیکسل‌هایی که به‌عنوان طبقه واقعی خود طبقه‌بندی نشده‌اند در محاسبه آن لحاظ نمی‌شود (Abdi and Haji-Ghaderi, 2005). صحت تولید کننده^۲، نشان دهنده میزان طبقه‌بندی صحیح پیکسل‌های یک طبقه نسبت به همان طبقه در واقعیت زمینی می‌باشد، جدول ۶ دقت تولید کننده به دو روش را نشان می‌دهد. ضریب کاپا^۳ مانند صحت کلی معیار تعیین صحت کل می‌باشد، به دلیل اینکه پیکسل‌های درست طبقه‌بندی نشده را در نظر می‌گیرد از معیار صحت کلی گویاتر است. در این ضریب خطاهای کاهش و افزایش در نظر گرفته می‌شوند. برای نقشه طبقه بندی شده به هر دو روش ضریب کاپا و صحت کلی محاسبه شد.



شکل ۲- نقشه انواع محصولات منطقه با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی

Fig.2. The map of crop cultivations of the region using artificial neural network method

- 1- Overall accuracy
- 2- Producer's accuracy
- 3- Kappa coefficient

جدول ۴- ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر به روش شبکه عصبی

Table 4- The classification error matrix of image using artificial neural network

خطا کمیسیون Commission error	کل Total	باغات Gardens	ذرت علوفه‌ای Forage maize	خریزه Melon	گندم و جو Wheat and barley	گوجه فرنگی Tomato	یونجه Old alfalfa	آیش Fallow	
0.0755	2397	2	1	113	8	4	53	2216	آیش Fallow
0.1233	949	7	68	2	27	0	832	13	یونجه Old alfalfa
0.2525	804	1	154	7	2	601	32	7	گوجه فرنگی Tomato
0.1868	1938	10	0	20	1576	0	112	220	گندم و جو and barley
0.0383	261	0	0	251	0	0	2	8	خریزه Melon
0.0082	367	0	364	0	0	3	0	0	ذرت علوفه‌ای Forage maize
0.0086	583	578	0	0	0	0	0	5	باغات Gardens
	7299	598	587	393	1613	608	1031	2469	کل Total
0.1207		0.0334	0.3799	0.3613	0.0229	0.0115	0.1930	0.1025	خطا امیسیون Omission error

جدول ۵- ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر به روش حداکثر احتمال

Table 5- The classification error matrix of image using maximum likelihood method

خطا کمیسیون Commission error	کل Total	باغات Gardens	ذرت علوفه‌ای Forage maize	خریزه Melon	یونجه Old alfalfa	گندم و جو Wheat and barley	گوجه فرنگی Tomato	آیش Fallow	
0.0163	2020	0	1	24	3	3	2	1987	آیش Fallow
0.3736	961	0	127	89	121	0	602	22	گوجه فرنگی Tomato
0.2102	2031	3	0	22	36	1604	0	362	گندم و جو Wheat and barley
0.1877	1055	13	87	7	857	6	0	85	یونجه Old alfalfa
0.0383	261	0	0	251	2	0	0	8	خریزه Melon
0.0421	388	0	372	0	12	0	4	0	ذرت علوفه‌ای Forage maize
0.0086	583	578	0	0	0	0	0	5	باغات Gardens
	7299	598	587	393	1031	1613	608	2469	کل Total
0.1436		0.0334	0.3663	0.3613	0.1688	0.0056	0.0099	0.1952	خطا امیسیون Omission error

جدول ۶- مشخصات آماری دقت تولیدکننده برای طبقه‌بندی تصویر با استفاده از دو روش مورد مطالعه

Table 6- The statistical characteristics of the Producer's accuracy for image classification using the two different methods

دقت تولید کننده به روش حداکثر احتمال (%)	دقت تولید کننده به روش شبکه عصبی (%)	
Producer's accuracy using Maximum Likelihood	Producer's accuracy using Neural Network	
80	89	آیش Fallow
83	80	یونجه old Alfalfa
99	98	گوجه فرنگی Tomato
99	97	گندم و جو Wheat and barley
63	63	خربزه Melon
62	62	ذرت علوفه‌ای Forage maize
96	96	باغات Gardens

برای زمین‌های آیش در روش شبکه عصبی ۸۹ درصد و این دقت برای زمین‌های آیش ۸۰ درصد بود. در طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی نسبت به روش حداکثر، مرزهای بین زمین‌های محصولات مختلف بهتر از یکدیگر تفکیک شده‌اند و راه‌های ارتباطی در مزرعه نمونه نیز مشخص‌تر است.

در یک زمین خاص در مزرعه ابتدا محصول جو کاشته شده بوده و بعد از برداشت جو (در ماه تیر همان سال) محصول ذرت علوفه‌ای کاشته شده است. به دلیل اینکه در تمام طول فصل بهار و تابستان در این زمین، محصول و پوشش سبز وجود داشته است (در ماه اردیبهشت و شهریور) و با توجه به اینکه در این پژوهش برای تعیین محصول یونجه از روی هم قرار دادن تصویر طبقه‌بندی شده‌ی دو ماه و خارج سازی تصویر پوشش سبز مشترک در دو تصویر استفاده شد، در نتیجه اشتباهاً این زمین به دلیل اینکه در دو ماه مذکور دارای پوشش سبز است به طور اشتباه به عنوان یونجه طبقه‌بندی شده است. در ماه اردیبهشت زمین‌های آیش بیشتری به صورت اشتباهی به جای محصولات گندم، جو و یونجه در هر دو روش در نظر گرفته می‌شدند، که این شاید به دلیل وجود علف‌های هرز بیشتر در فصل اردیبهشت نسبت به شهریور باشد.

استفاده از داده‌های کمکی مانند شاخص‌های گیاهی می‌تواند باعث افزایش صحت طبقه‌بندی و تفکیک بهتر طبقات پوشش از یکدیگر شود. در طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی استفاده از داده‌ها و اطلاعات کمکی، کمک زیادی به تفکیک طبقات پوشش اراضی می‌کند (Yuan et al., 2005; Soffianian et al., 2011). در این تحقیق نیز استفاده از نقشه NDVI به عنوان یک نرون ورودی برای

۱. به دلیل بزرگ بودن منطقه (بیش از هزار هکتار کشت غله و سایر محصولات مثل ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی) مدت زمان کاشت و برداشت محصولات یک بازه ۲۰ تا ۳۰ روز است که این خود باعث به وجود آمدن مشکلاتی اعم از بازتاب متفاوت مزارع محصولات مختلف در یک تصویر می‌کند.

۲. در تصویری که از یک ماه خاص موجود است ممکن است یک مزرعه با یک محصول خاص یا حتی قسمتی از یک مزرعه برداشت شده باشد که این باعث احتساب نشدن این مزارع به صورت کامل می‌شود، که مخصوصاً این مشکل برای محصول یونجه به دلیل چندین برداشت در طول فصل بهار و تابستان وجود دارد.

۳. حداقل سطح عرصه‌ای که تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این تحقیق می‌تواند تفکیک کند به اندازه ۹۰۰ متر مربع (یک پیکسل) است که برای زمین‌های زراعی عدد بزرگی محسوب می‌شود و موجب بروز خطا می‌گردد. برای رفع این نقیصه نیاز به انجام بازبینی‌های مکرر زمینی است که خود باعث افزایش هزینه می‌گردد، و به همین دلیل است که سطح اراضی به کمک تصاویر ماهواره‌ای بیشتر از سطح واقعی به دست آمده است.

در پژوهش مشابهی که در تهیه نقشه پراکنش نهایی برنج با استفاده از تصاویر سنجنده LISS-III، ماهواره IRS-P6، انجام شد. مساحت اراضی برنج استخراج شده از تصویر برای شهرستان در سال زراعی ۱۳۸۵ با دقت ۷۷ درصد تعیین گردید (Salami and Kazemi, 2008).

در روش حداکثر احتمال زمین‌های آیش بیشتری نسبت به روش شبکه عصبی به صورت اشتباهی طبقه‌بندی شدند. دقت تولید کننده

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بهترین روش برای تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه مورد مطالعه، استفاده از دو تصویر مربوط به ماه‌های اردیبهشت و شهریور ماهواره لندست است، به گونه‌ای که در زمان اول برداشت تصاویر، گندم و جو در اوج سبزی‌نگی خود باشند و محصولات گوجه فرنگی، خربزه و ذرت علوفه‌ای یا کاشت نشده باشند و یا اینکه تازه سر از خاک در آورده باشند و در زمان دوم تصاویر این محصولات در اوج سبزی‌نگی خود باشند و گندم و جو برداشت شده باشند. ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه طبقه‌بندی شده به روش حداکثر احتمال به ترتیب ۸۲ و ۸۵ درصد و برای شبکه عصبی به ترتیب ۸۴ و ۸۷ درصد برآورد گردید. نقشه‌های انواع کشت محصولات در منطقه برای موارد زیادی از جمله: آمار برداری از منطقه و تعیین نوع محصول از راه دور، محاسبه سطح زیر کشت انواع محصولات در منطقه، برآورد تعداد ماشین‌آلات مورد نیاز برای سطح زیر کشت محصولات مختلف در منطقه، ایجاد مراکز مکانیزاسیون برای تأمین ماشین‌آلات مورد نیاز منطقه، برآورد نیاز برای ساخت و توسعه زیرساخت‌هایی مانند سیلوها و انبارها و ایجاد خدمات مکانیزه مورد نیاز منطقه، تعیین میزان تولید خالص و نیز میزان کمبود و یا مازاد محصولات کشاورزی، به منظور ثبات بازار قابل استفاده هستند. با توجه به نتایج حاصله، پیشنهاد می‌گردد با به‌کارگیری این روش نسبت به تهیه نقشه اراضی زیر کشت محصولات مختلف با تصاویر ماهواره‌ای IRS و سنجنده‌های مختلف آن اقدام گردد.

شبکه عصبی، موجب تفکیک بهتر نقشه کاربری اراضی شد. در نقشه‌ی پوشش اراضی تهیه شده به روش شبکه عصبی توسط سفیانیان و همکاران (۲۰۱۱) با طبقات (سیب زمینی و ذرت، یونجه، آبی گندم و جو، اراضی دیم، باغ و قلمستان، مناطق مسکونی، سطوح آبی، معادن، مراتع، اراضی بایر، شوره‌زار، کوه و مراتع کم تراکم، مناطق آهکی، اراضی شخم و آیش) ضریب کاپا و دقت کلی طبقه‌بندی به روش شبکه‌ی عصبی ۸۶ و ۸۸ درصد برآورد گردید. نتایج تحقیقی که با هدف تعیین بهترین روش طبقه‌بندی تصاویر سنجنده‌ی ETM⁺ توسط یوسفی و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد و طبقه‌بندی آن‌ها شامل (مناطق مسکونی، کشاورزی و جنگل) بود، نشان داد که روش طبقه‌بندی شبکه عصبی با میانگین دقت کلی و کاپا به ترتیب ۸۶/۶۱ درصد و ۷۴/۱۷ درصد نسبت به روش حداکثر احتمال با میانگین دقت کلی و کاپا به ترتیب ۸۱/۶۴ درصد و ۶۷/۵۱ درصد دارای دقت بالاتری است. نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بالایی برای تفکیک محصولات زراعی و تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه و تعیین سطح زیر کشت با دقت مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است. امروزه در بسیاری از بخش‌ها، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای نه تنها هزینه‌چندانی ندارد، بلکه امتیازات آن به حدی است که هزینه خرید داده‌ها در مقابل سرعت انجام کار، دقت و حجم اطلاعات به‌دست آمده ناچیز می‌باشد.

منابع

1. Abdi, P., and T. Haji-Ghaderi. 2005. Identification and assessment of jungly lands using RS-GIS in Zanjan state. Proceeding of Geomatic 84. National Topography Organization, Tehran. (In Farsi).
2. Alavi-Panah, K., and M. Masoudi. 2001. Provision of land use map of lands using TM landsat digital data and geographic information systems, typical study: Mouk region in Fars state. Agriculture and Natural Science 8 (1): 65-76. (In Farsi).
3. Alavi-Panah, S. K. 2005. The application of remote sensing in earth science (soil science). Tehran University Publications, Tehran. (In Farsi).
4. Ashorlo, M., A. Alimohammadi, P. Alimohammadi, and D. Ashorlo. 2007. Application of linear distinction analysis for wheat discrimination from other crops on satellite images. Environmental Sciences 4 (2): 101-116. (In Farsi).
5. Astan Ghods Razavi Great Farm Information. (In Farsi).
6. Arekhi, S., and M. Adibnejad. 2011. Efficiency assessment of the support vector machines for land use classification using landsat ETM⁺ data (Case study: Ilam Dam Catchment). Iranian journal of Range and Desert Reseach 18 (3): 420-440. (In Farsi).
7. Bocco, M., G. Ovando, S. Sayago, and E. Willington. 2007. Neural network models land cover classification from satellite images. Agriculture Tecnica 67 (4): 414-421.
8. Caren, C. D., J. M. David, and C. R. Volker. 2001. Phonological difference in tasseled cap indices improves deciduous forest classification. Remotesensing of Environment 80: 460-472.
9. Foody, M. G., and A. Mathur. 2006. The use of small training sets containing mixed pixels for accurated hard classification: Training on mixed spectral response for classification by SVM. Remote

- Sensing of Environment 103 (2): 179-189.
10. Hopkins, P. F., A. L. Maclean, and T. M. Lillesand. 2005. Assessment of thematic mapper imagery for forestry applications under Lake States conditions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (1): 61- 68.
 11. Khajeddin, S. J., and S. Pourmanafi. 2007. Determination of rice paddies areas, using digital data IRS sensors around Zayandeh Rud in Isfahan Region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences* 11 (1): 513-527. (In Farsi).
 12. Lu, D., and Q. Weng. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *Remote Sensing* 28 (5): 823-87.
 13. Mohammadi, J. 2005. Stimating of volume of standing trees and separating the age levels using satellitic data. Faculty of Natural Sources, Gorgan University. (In Farsi).
 14. Rasuli, A. A. 2008. The basics of practical remote sensing with emphesise on satellite images processing. First edition, Tabriz University Publications, Tabriz. (In Farsi).
 15. Salami, S., and F. Kazemi. 2008. The application of IRS satellite images in order to provide the rice distribution map in the Marv-dasht region. Geomatic conference 87. National topography organization, Tehran. Iran. (In Farsi).
 16. Schowengerdt, R. A. 1997. Remote sensing, models and methods for image processing. Academic Press, United States.
 17. Singh, S., S. Agarwal, P. K. Joshi, and P. S. Roy. 1999. Biome level classification of vegetation inwestern India-an application of wide field view sensor (WiFs). Joint Workshop of ISPRS Working Groups I/1, I/3 and IV/4: Sensors and Mapping from Space, Hanover (Germany).
 18. Soffianian, A., A. Mohamadi Towfigh, L. Khodakarami, and F. Amiri. 2011. Land use mapping using artificial neural network (Case study: Kaboudarahang, Razan and Khonjin-Talkhab catchment in Hamedan province). *Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science* 2 (1): 1-14. (In Farsi).
 19. 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.
 20. Wijaya, A. 2005. Application of multi-stage classification to detect illegal logging with the use of multi-source data. International Institute for Geo-Information Sience and Earth Observation, Enschede, The Netherlands.
 21. Yousefi, S., M. Tazeh, S. Mirzaee, H. R. Moradi, and S. H. Tavangar. 2011. Comparison of different classification algorithms in satellite imagery to produce landuse maps (Case study: Noor city). *Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science* 2 (2): 15-23. (In Farsi).
 22. Yuan, F., M. E. Bauer, N. J. Heinert, and G. R. Holden. 2005. Multi-level land cover mapping of the twin cities (Minnesota) metropolitan area with multi seasonall and sat TM/ETM⁺ data. *Geocarto International* 20 (2): 5-13.
 23. Ziaeian-Firoozabadi, P., L. Sayad-Bydhndy, and M. Eskandari-Nodeh. 2009. Mapping and estimating the area under rice cultivation in Sari city using satellite images Radarst. *Geography Research Natural* 68: 45-58. (In Farsi).