

مقاله پژوهشی

مقایسه دقت انواع روش‌های طبقه‌بندی در تهیه نقشه کاربری اراضی

(مطالعه موردی: شهر یزد)

مرضیه خزاعی^۱، کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد
محمد زارع، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد
محمدحسین مختاری، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد
آناهیتا رشتیان، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد
فهیمه عربی علی‌آباد، دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد

چکیده

با توسعه روش‌های گوناگون در زمینه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و آشکارسازی تغییرات به ویژه در دهه اخیر، انتخاب بهترین و صحیح‌ترین روش برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی در مناطق مختلف رشد روزافزونی داشته است. هدف اصلی این پژوهش مقایسه الگوریتم طبقه‌بندی برای طبقه‌بندی پوشش سطح زمین در منطقه خشک دشت یزد-اردکان است. به این منظور، چهار طبقه کاربری اراضی در دشت یزد-اردکان (شامل اراضی بایر، مناطق مسکونی، مرتع، کشاورزی، جاده) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تعیین شد. سپس نمونه‌های آموزشی از سطح منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر گوگل ارث و بازدید میدانی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد، با استفاده از ویژگی‌های تصاویر، کلاس‌های کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه تعیین و پس از مشخص نمودن میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها، طبقه‌بندی به صورت فاصله‌ماهلانویی، حداکثر احتمال، ماشین بردار پشتیبان، حداقل فاصله از میانگین، کدگذاری باینری، جعبه‌ای، شبکه عصبی، نقشه بردار زاویه طیفی انجام شد. نتایج ارزیابی دقت این ۸ روش نشان داد که روش استفاده از الگوریتم‌های حداکثر احتمال، فاصله‌ماهلانویی، ماشین بردار پشتیبان، نسبت به دیگر روش‌های طبقه‌بندی، از دقت بیشتری برخوردار است.

کلمات کلیدی: کاربری اراضی، روش طبقه‌بندی نظارت شده، ضریب کاپا، یزد.

مقدمه

کاربری اراضی شامل انواع بهره برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است. یکی از پیش شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای کاربری سرزمین و دانستن تغییرات هرکدام از کاربری‌ها در طول زمان است (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۸۶).

پوشش اراضی به نوع سطح فیزیکی موجود در بخشی از زمین گفته می‌شود (هیستر، ۲۰۰۸). آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در بخش‌های مختلف آن و به بیان دیگر چگونگی استفاده از زمین، به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نقشه‌های پوشش اراضی تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای، نقش مهمی در ارزیابی‌های منطقه‌ای و ملی بازی می‌کند (کنورن، ۲۰۰۹).

در طول سه دهه گذشته، داده‌های سنجش از دور به علت تکرار دوره‌ای، تنوع طیفی و رادیومتریک، دید یکپارچه و فرمت رقومی مناسب برای پردازش در کامپیوتر، منبع داده بسیار مناسبی برای کاربردهای گوناگون از جمله تهیه نقشه‌های پوشش سرزمین به حساب می‌آید (زانگ و همکاران، ۲۰۰۸).

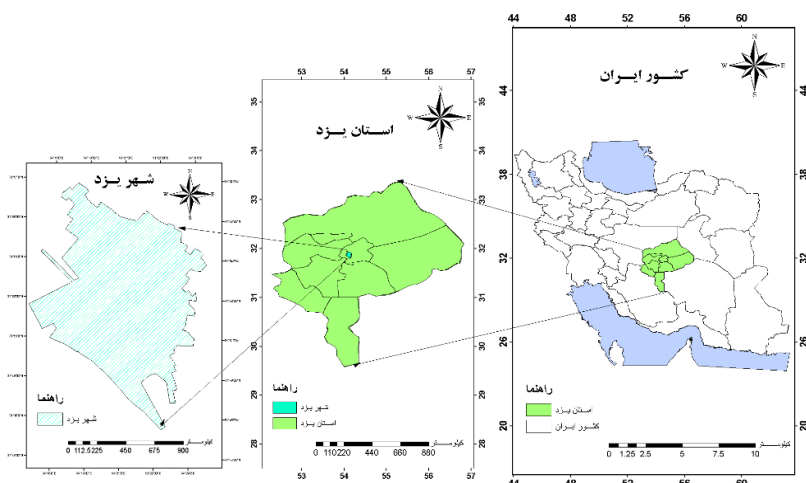
یکی از کاربردهای ویژه دور سنجی پایش محیط یا تشخیص تغییرات است، در گذشته، پایش محیط بر اساس روش‌های میدانی و عکس برداری معمولی بزرگ مقیاس صورت می‌گرفت. بدیهی است این روش برای محیط‌های کوچک و قابل دسترسی کارآیی دارد و منابعی را که در مناطق کویری و سخت گذر واقع شده‌اند، در این روش قابل تشخیص نیست، در ضمن روش میدانی نیاز به صرف هزینه و وقت قابل توجهی است. داده‌های ماهواره‌ای توان تشخیص دقیق و جزئی تغییرات محیطی به ویژه برای محل‌های دور و همچنین گستره وسیع را داشته و افزون بر صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌های مطالعه را هم کاهش می‌دهد.

شتایی و عبدی (۱۳۸۶)، جهت تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق کوهستانی زاگرس از داده‌های سنجنده ETM+ استفاده نموده و به میزان صحت کلی ۹۱٪، و ضریب کاپای ۸۷٪ دست یافتند. و نتایج نشان دهنده قابلیت داده‌های سنجنده‌ای ETM+ در تهیه کاربری اراضی عمده در مناطق کوهستانی است.

(اسکات و مارک (۲۰۰۱)، به منظور ارزیابی داده‌های سنجنده ETM+ در تهیه نقشه پوشش اراضی در جنگل‌های فورت بنینگ ایالات متحده صحت کلی ۶۹/۵٪ را با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال برای ۱۰ کاربری به دست آوردند. اراضی تایید نمودند.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر یزد در ۳۱ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع شهر یزد از سطح دریا ۱۲۳۰ متر است. یزد در کمربند خشک و نیمه خشک نیمکره شمالی در دره‌ای وسیع و خشک و محصور بین رشته کوه‌های شیرکوه و خرانق قرار گرفته است (شکل ۱). شهر یزد یکی از کم بارش‌ترین شهرهای کشور است میانگین بارش سالانه یزد حدود ۶۱ میلیمتر است. نوسان درجه حرارت در زمستان و تابستان و حتی در شب و روز بسیار زیاد است. حداکثر مطلق دما به 45°C و حداقل 20°C ثبت شده است. میانگین روزانه دما برای تمام سال بین $11/9^{\circ}\text{C}$ تا $20/7^{\circ}\text{C}$ است.

داده‌های مورد استفاده:

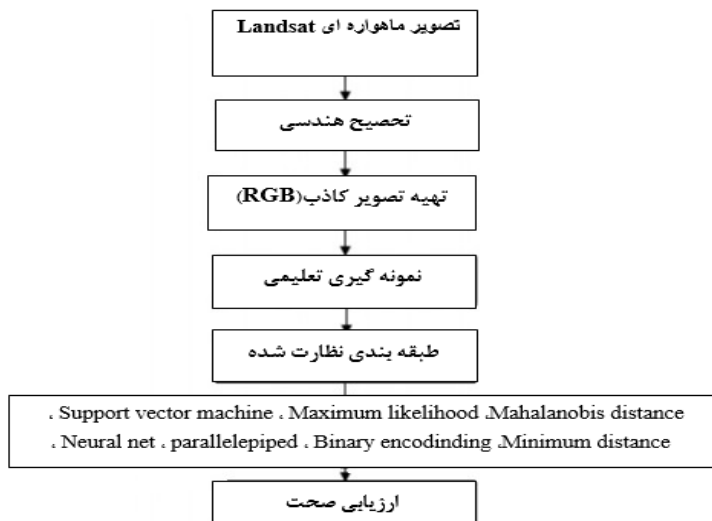
در این تحقیق از داده‌های رقومی سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره لندست ۵ و ۷ به شماره گذر ۱۶۲ و ردیف ۳۸ مربوط به تاریخ به ترتیب ۱۸/۸ می سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ استفاده شده است. خصوصیات سنجنده مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات سنجنده مورد استفاده

باندهای سنجنده‌ها						اندازه پیکسل (متر)	سنجنده
TIR میکرومتر	SWIR میکرومتر	NIR نانومتر	R نانومتر	G نانومتر	B نانومتر		
۱۲,۵-۱۰,۵	۱,۷۵-۱,۵۵ ۲,۳۵-۲,۰۸	۹۰۰-۷۶۰	۶۹۰-۶۳۰	۶۰۰-۵۲۰	۵۲۰-۴۵۰	۳۰ ۱۲۰	Landsat TM عرض نوار جاروب ۱۸۵* Km ۱۸۵
۱۲,۵-۱۰,۴	۱,۷۵-۱,۵۵ ۲,۳۵-۲,۰۹	۹۰۰-۷۷۵	۶۹۰-۶۳۰	۶۰۵-۵۲۵	۵۱۵-۴۵۰	۳۰ ۶۰	+Landsat ETM عرض نوار جاروب ۱۸۵ Km ۱۸۵*

روش کار

برای طبقه بندی پوشش اراضی ابتدا تصویر لندست ۵ بر اساس لندست ۷ زمین مرجع شد. سپس منطقه مورد مطالعه از تصویر جدا گردید و در گام بعدی، با استفاده از باندهای تصویر و اجرای الگوریتم های نظارت شده طبقه کننده، طبقات پوشش اراضی تفکیک شد. شکل ۲ مراحل مختلف انجام این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودار مراحل تحقیق

طبقه‌بندی نظارت شده

به روش‌های طبقه بندی که علاوه بر تصاویر نیاز به یک سری اطلاعات جانبی در مورد منطقه و کلاس‌های مورد نظر دارد و دخالت عامل انسانی در آن امری اجتناب ناپذیر است، طبقه بندی نظارت شده می‌گویند. هدف از این تحقیق مقایسه روش‌های گوناگون طبقه بندی نظارت شده و تهیه نقشه پوشش سطحی و کاربری اراضی شهر یزد با استفاده از سنجنده‌های ETM+ و TM ماهواره لندست است.

پیش پردازش و آماده سازی تصاویر

الف) تصحیح هندسی

تصحیح هندسی تصاویر لندست با استفاده از نقاط کنترل زمینی و به وسیله‌ی معادله چند جمله‌ای درجه اول صورت گرفت. نقاط مشترک از تقاطع خیابان‌ها و جاده‌ها انتخاب و عمل نمونه‌گیری مجدد به روش نزدیکترین همسایه، انجام شد. تصویر با استفاده از ۴۳ نقطه و دقت ۰/۵ پیکسل زمین مرجع شد (کمتر از نیم پیکسل).

ب) تولید تصویر رنگی

به منظور انتخاب بهترین ترکیب رنگی، از شاخص مطلوبیت (OIF) استفاده گردید. ابتدا انحراف معیار باندهای تصویر محاسبه و سپس میزان همبستگی آنها با استفاده از آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) مشخص شد. با داشتن مقادیر مذکور یعنی همبستگی و واریانس بین باندهای تصویر شاخص (OIF) برآورد شد. بالاترین مقدار (OIF) مربوط به بهترین ترکیب باندهای تصویر رنگی بوده که دارای ضریب همبستگی کمتر و واریانس بالاتری است (جدول ۳).

اکبری و همکاران (۱۳۸۶)، برای تهیه نقشه‌های رقومی برخی از خصوصیات شیمیایی خاک، داده‌هایی سنجنده ETM+ مربوط به شهریور ۱۳۸۰ را از منطقه شمال غربی شهرستان اصفهان مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. به منظور دستیابی به بهترین

ترکیب باندی در شناخت عوارض و پدیده‌های مختلف زمینی از شاخص مطلوبیت استفاده شد.

لانگ کیان و همکاران (۲۰۰۹)، نیز با استفاده از تصاویر TM و ETM+ به بررسی تغییرات الگوهای چشم انداز های شهری در شهر یانزو پرداختند. آنها برای تهیه تصاویر رنگی کاذب از شاخص مطلوبیت استفاده نمودند. بر طبق نتایج OIF بهترین ترکیب باندی برای تصویر TM و ETM+ (۷-۴-۱).

جدول ۳- مقادیر OIF در ترکیب باندهای مختلف TM و ETM+ برای شهر یزد

تصاویر ETM+		تصاویر TM	
مقدار OIF	ترکیب باند	مقدار OIF	ترکیب باند
۷۴/۶۳	۱-۴-۷	۷۳/۳۴	۱-۴-۷
۷۲/۸۰	۱-۵-۷	۷۲/۵۰	۱-۵-۷
۷۲/۱۰	۲-۵-۷	۷۰/۹۳	۲-۵-۷
۷۲	۳-۵-۷	۷۰/۷۹	۴-۵-۷
۷۱/۹۱	۱-۴-۷	۷۰/۷۳	۱-۴-۵
۷۰/۷	۳-۴-۷	۷۰/۶۴	۳-۵-۷

پردازش تصاویر

به منظور انجام طبقه‌بندی نظارت شده، ابتدا نواحی کوچکی در تصویر که از حیث مقادیر بازتابی، ارقام آنها حالت یکنواختی داشته و از پراکنش خوبی برخوردار بودند، به عنوان نمونه‌های تعلیمی انتخاب شد. در مرحله بعد، پس از انجام محاسباتی مانند تعیین میانگین و واریانس ارزش‌های طیفی نمونه‌ها با توجه به باندهای مورد استفاده و انجام انواع الگوریتم طبقه‌بندی، میزان صحت کاربری هر روش محاسبه گردید. در

آخر چهار طبقه از پوشش اراضی شامل اراضی بایر، پوشش گیاهی، مناطق شهری، جاده استخراج شد (جدول ۴).

جدول ۴- طبقات پوشش اراضی و توصیف

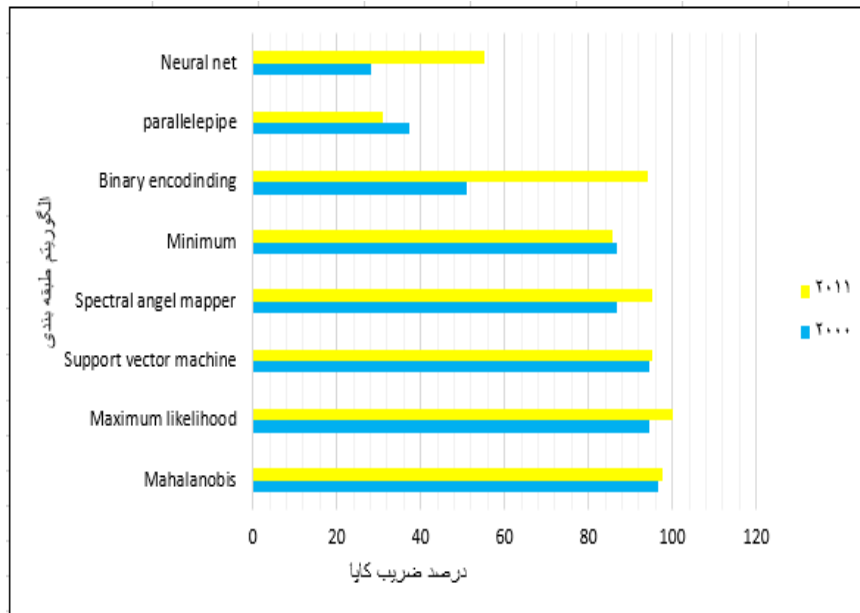
کد	نام طبقه	توصیف
۱	اراضی بایر	مناطق به شکل خاک یا زمین لخت و آیش
۲	اراضی شهری	مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی
۳	پوشش گیاهی	مناطق کشاورزی و فضای سبز
۴	جاده	جاده‌ها و اتوبان‌ها

نتایج

از میان ۸ الگوریتم انتخابی جهت طبقه‌بندی نظارت شده داده‌ها الگوریتم‌های Mahalanobis distance, Maximum likelihood, Support vector machine نسبت به دیگر الگوریتم‌ها از ضریب کاپا بیشتری برخوردار هستند (جدول (۵) و شکل (۳)).

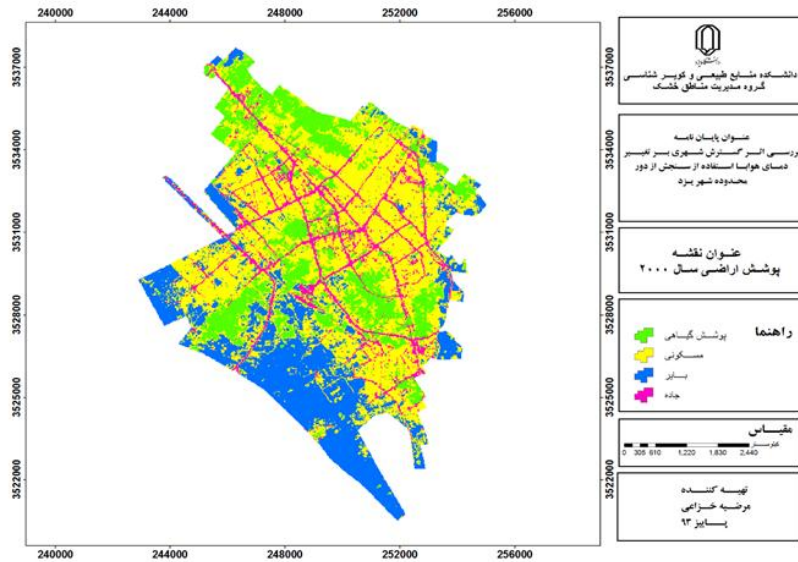
جدول ۵- مقادیر ضریب کاپا برای تصاویر سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۰

ضریب کاپا ۲۰۱۱	صحت کلی ۲۰۱۱	ضریب کاپا سال ۲۰۰۰	صحت کلی سال ۲۰۰۰	انواع الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده
۰/۹۷	۹۸/۱۹	۰/۹۵	۹۶/۵۲	Mahalanobis distance
۰/۹۸	۹۹	۰/۹۴	۹۵/۸۶	Maximum likelihood
۰/۹۵	۹۶/۳۹	۰/۹۴	۹۵/۸۶	Support vector machine
۰/۸۵	۸۹/۱۸	۰/۸۶	۹۰/۰۸	Spectral angel mapper
۰/۹۳	۹۵/۴۹	۰/۸۶	۹۰/۰۷	Minimum distance
۰/۳۰	۴۹/۵۴	۰/۵۰	۶۲/۸۱	Binary encoding
۰/۵۵	۶۶/۶۶	۰/۳۷	۵۲/۰۶	parallelepiped
۰/۲۸	۴۴/۶۲	۰/۲۸	۴۴/۶۲	Neural net

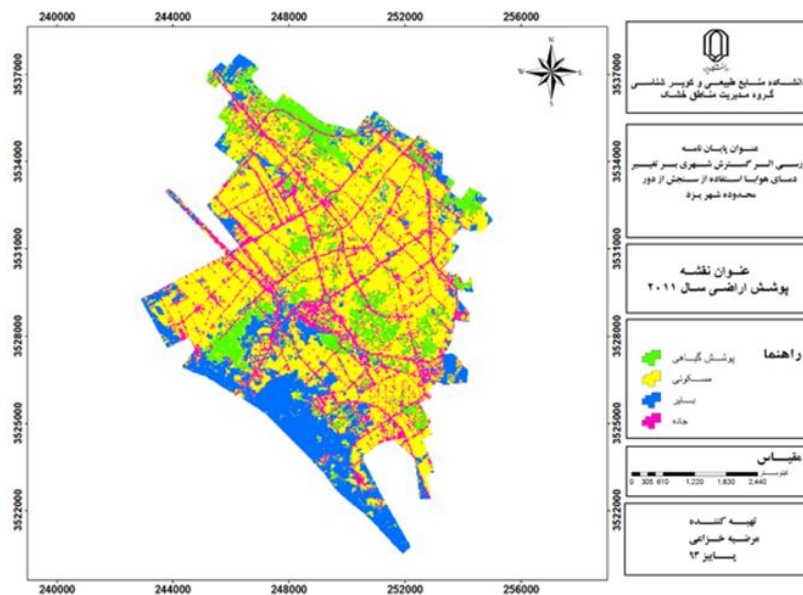


شکل ۳- نمودار درصد ضریب کاپا برای سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۰

نتایج الگوریتم Maximum likelihood نشان داد که درصد پوشش گیاهی از ۱۸/۶ در سال ۲۰۱۰ به ۱۲ درصد در سال ۲۰۱۱ و درصد مناطق بایر از ۲۳/۵ درصد به ۱۷/۵ درصد کاهش داشته و در دیگر طبقات سیرافزایشی دیده می‌شود که در شکل‌های ۴ و ۵ نقشه کاربری اراضی نشان داده شده‌است.



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی پوشش اراضی مربوط به سال ۲۰۰۰ شهر

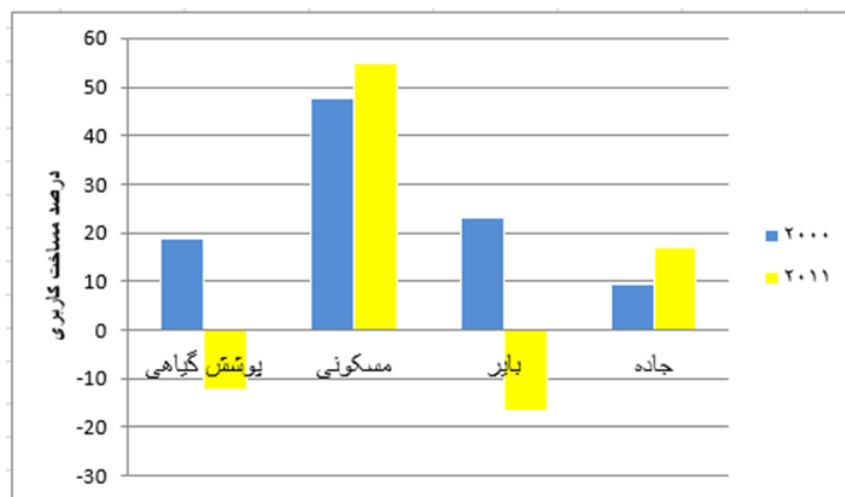


شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی پوشش اراضی مربوط به سال ۲۰۱۱ شهر یزد

جدول ۴ و شکل ۵ مساحت و تغییرات کاربری را طی دوره ۱۱ ساله نشان می‌دهد.

جدول ۶ - مقایسه مساحت و درصد تغییرات کاربری ها طی دوره زمانی ۱۱ ساله شهر

نوع تغییرات	سال ۲۰۱۱		سال ۲۰۰۰		نوع کاربری
	درصد	مساحت (مترمربع)	درصد	مساحت (مترمربع)	
کاهش	۱۲/۱۷	۱۲۰۲۶۸۶۰/۶	۱۸/۸۵	۱۸۶۳۰۹۲۳/۹	پوشش گیاهی
افزایش	۵۴/۱۲	۵۳۴۸۸۶۶۴/۹	۴۸/۷۵	۴۸۱۷۴۳۲۳/۵	مسکونی
کاهش	۱۶/۵۵	۱۶۳۵۹۶۷۵/۶	۲۲/۹۹	۲۲۷۲۳۳۲۸/۲	بایر
افزایش	۱۷/۱۵	۱۶۹۴۹۸۵۶/۷	۹/۴۱	۹۲۹۷۳۸۶	جاده



شکل ۷ - مقایسه درصد مساحت کاربری سال ۲۰۱۱ و ۲۰۰۰

پایش تغییرات پوشش اراضی طی ۱۱ سال

در این قسمت به منظور بررسی تغییرات صورت گرفته طی ۱۱ سال از cross در نرم افزار الویس استفاده گردید. جدول ۷ میزان درصد تغییرات هر یک از طبقات را به دیگر طبقات در دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۰ نشان می‌دهد.

جدول ۷- نتایج حاصل از مقایسه طبقه بندی تصاویر سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۰

جاده	بایر	مسکونی	پوشش گیاهی	۲۰۰۰
				۲۰۱۱
۲/۲۸	۱/۴۶	۵/۰۸	۱۰/۰۳	پوشش گیاهی
۵/۶۲	۲/۶۱	۳۸/۱۳	۱/۳۷	مسکونی
۱/۸۸	۱۲/۴۲	۸/۱۲	۰/۵۶	بایر
۶/۳۷	۰/۰۶	۲/۷۸	۰/۲۰	جاده

همانطور که از جدول ۷ مشخص است، بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل پوشش گیاهی و بایر به اراضی مسکونی است.

نتیجه‌گیری

اطلاعات بهنگام و دقیق در مورد پوشش اراضی، مورد نیاز تصمیم‌گیران و محققان در همه سطوح است. امروزه برای تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و روش‌های کمی در علم سنجش از دور بسیار معمول است از جمله کاربردهای نقشه‌های پوشش سرزمین، به دست آوردن اطلاعات زمین‌های کشاورزی برای شناسایی زمین‌های جدید و دارای قابلیت بالقوه و مناسب برای کشت، مدیریت و برآورد اوضاع کیفی و کمی محصولات کشاورزی و شناسایی و برنامه‌ریزی‌های نواحی شهری و صنعتی است.

در این تحقیق به منظور تهیه نقشه پوشش اراضی شهر یزد از روش‌های گوناگون طبقه‌بندی نظارت‌شده شامل الگوریتم‌های Maximum Mahalanobis distance، Binary encoding، Minimum distance، Support vector machine، Likelihood، Neural net، parallelepiped، Spectral angle mapper، استفاده شد و چهار کلاس اراضی بایر، پوشش گیاهی، مناطق شهری، جاده و اتوبان استخراج گردید. نتایج نشان

داد که الگوریتم Support vector، Maximum likelihood، Mahalanobis distance machine از صحت و ضریب کاپای بالاتری برخوردار است. طبقه بندی کننده Maximum likelihood یکی از متداول‌ترین روش‌های طبقه بندی داده‌های سنجش از دور بود که تکنیک مناسبی جهت طبقه بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای است. با توجه به نتایج به دست آمده از روش حداکثر احتمال، مناطق شهری در مقایسه با سایر طبقات بیشترین مساحت در دوره ۱۱ ساله را دارا است. همچنین راه‌ها و جاه‌ها دارای روند افزایشی و مناطق بایر و پوشش گیاهی روند کاهشی دارند. نتایج کلی نشا می‌دهد که تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ این سنجنده اطلاعات و جزئیات دقیقی را از پدیده‌های سطح زمین فراهم می‌آورد و با توجه به دسترسی نسبتاً آسان کاربران، این تصاویر می‌تواند به عنوان منبع مناسبی در تهیه نقشه‌های پوشش اراضی نقاط مختلف استفاده شود.

منابع

- احمدی، م.، خواجه‌الدین، ج. (۱۳۸۸). تهیه نقشه پوشش اراضی شهر اراک با استفاده از روش‌های طبقه بندی شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر مشابهت. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی ۶۹: ۸۳-۹۸.
- ارزانی، ح.، میرآخورلو، خ.، حسینی، س. ز. (۱۳۸۸). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از سنجنده ETM+ ماهواره Landsat7 (مطالعه موردی قسمتی از مراتع حوزه ابخیز طالقان)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۶(۲): ۱۵۰-۱۶۰.
- اکبری، م.، مختاری، ک.، پورمنافی، س. (۱۳۸۶). تهیه نقشه‌های رقومی برخی از خصوصیات شیمیایی خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌های لندست ETM+ (مطالعه موردی: منطقه خشک شمال غربی اصفهان)، فصلنامه علمی- پژوهشی منابع طبیعی ایران. ۶۰ (۴): ۱۱۱۷-۱۱۲۸.

برخورداری، ج.، زارع، م.، خسروشاهی، م. (۱۳۸۴). بررسی روند تغییرات پوشش اراضی در حوزه آبخیز سد استقلال میناب با استفاده از RS و GIS، مجله حفاظت آب و خاک.

ربیعی، ح. (۱۳۷۲). سنجش از دور: اصول و کاربرد. انتشارات سمت، تهران.
زبیری، م.، مجلد، ع. (۱۳۷۵). آشنایی با فن سنجش از دور و کاربر آن در منابع طبیعی (اطلاعات ماهواره‌ای، عکس هوایی و فضایی). انتشارات دانشگاه تهران.
علوی پناه، س. ک. (۱۳۸۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران.

علوی پناه، س. ک.، م. مسعودی. (۱۳۷۵). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مطالعه موردی منطقه موک استان فارس. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۷ (۱): ۶۵-۷۶.

علیمحمدی سراب، ع.، ربیعی، ح. ر.، ضیائی، پ. (۱۳۸۴). مدلسازی عدم اطمینان در آشکارسازی تغییرات بر اساس طبقه بندی داده‌های ماهواره‌ای. فصلنامه مدرس. ۹: ۹۷-۱۰۹.

فاطمی، س. ب.، رضایی، ف. (۱۳۸۴). مبانی سنجش از دور. چاپ اول، انتشارات آزاده، تهران.

فیضی زاده، ب.، عزیزی، ح.، ولیزاده، ک. (۱۳۸۶). استخراج کاربری‌های شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷، مجله آمایش. شماره سوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر.

مالمیران، ح. (۱۳۸۳). راهنمای تهیه نقشه‌های موضوعی از تصاویر ماهواره‌ای. انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، تهران.

مخدوم، م.، درویش صفت، ع. ا.، جعفرزاده، ه.، مخدوم، ع. (۱۳۸۶). ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS). انتشارات دانشگاه تهران.

مسعودی، م. (۱۳۸۰). بررسی قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در طبقه بندی خاک‌های تحت تأثیر شوری و قلیائیت. نشریه تحقیقات مرتع و بیابان ایران (۴)، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

- Benediktsson, J. A., P. H. Swain and O. K. Esroy. 1990. Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 28:540-552.
- Guindon, B., Y. Zhang and C. Dillabaugh. 2004. Landsat urban mapping based on a combined spectral-spatial methodology. *Remote Sens. Environ.* 92: 218-232.
- Hester, D. B. 2008. Land cover mapping and change detection in urban watersheds using Quickbird high spatial resolution satellite imagery. PhD. dissertation, North Carolina State University, Carolina.
- Kamusoko, C. and M. Aniya. 2006. Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in the Bendura district Zimbabwe. *Land Degrade. Dev.* 18:221-233.
- Knorn, J., A. Rabe, C.V. Radeloff, T. Kuemmerle, J. Kozak and P. Hostert. 2009. Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sens. Environ.* 113: 957-964.
- Lillesand, T. M. and R. W. Kieffer. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons Pub., New York.
- Long-qian, C., W. Li and Y. Lin-shan. 2009. Analysis of urban landscape pattern change in Yanzhou city based on TM/ETM+ images. *Procedia Earth and Planetary Sci.* 1: 1191-1197.
- Omo-Irabor, O. O. and K. Oduyemi. 2007. A hybrid image classification approach for the systematic analysis of land cover (LC) changes in the Niger Delta region. 5th International Symposium on Spatial data quality, The Netherlands.
- Swain, P.H. and S.M. Davis. 1987. *Remote Sensing: the Quantitative Approach*. McGraw-Hill. USA.
- Tso. B. and P.M. Mather. 2009. *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. Chapter 2-3. 2nd ed., Taylor and Francis Pub., America.
- Wood, T.F. and G.M. Foody. 1989. Analysis and representation of vegetation continua from Landsat thematic mapper data for lowland heaths. *Intl. J. Remote Sens.* 10:181-191.