

## تحولات کاربری اراضی شهر ملایر با بهره‌گیری از سنجش از دور

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۳/۰۷/۱۷

نوا نیکخو\* (کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر)  
علیرضا ایلدرمی (دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر)  
حمید نوری (استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر)

### چکیده

فضای شهری مکان جغرافیایی پویایی است که در حال تغییر و تحول در طول زمان می‌باشد. بررسی این فضا جهت بهره برداری بهینه به ویژه در طرح توسعه ی فضای شهری در رابطه با کاربری اراضی و آمایش سرزمین، یکی از موضوعات مهم در حال حاضر می باشد. در این رابطه با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، می توان تمامی داده های مورد نیاز را به دست آورد و نقشه های الگو و آینده نگری در فضای شهری را تهیه نمود تا بتوان برنامه ریزی دقیقی را به کار بست. در این پژوهش جهت تهیه ی نقشه ی کاربری اراضی شهر ملایر از داده های رقومی سنجنده های (TM(۱۹۸۵)، ETM<sup>+</sup> (۲۰۰۰) و (۲۰۱۳) OLI لندست های ۵، ۷ و ۸ استفاده شد. ابتدا تصاویر ماهواره ای با انتخاب تعدادی نقاط کنترل زمینی در نقشه Google Earth تصحیح هندسی شدند، مقادیر RMSe به دست آمده برای تصاویر معادل ۰/۲۷ (سال ۱۹۸۵)، ۰/۵۲ (سال ۲۰۰۰) و ۰/۲۵ (سال ۲۰۱۳) پیکسل برآورد گردید. سپس با استفاده از الگوریتم طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال نقشه های کاربری اراضی منطقه تهیه شد. نقشه ی کاربری اراضی منطقه با پنج طبقه ی مسکونی، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع و سایر کاربری ها تهیه شد و در نهایت مساحت کاربری ها از هر نقشه ی طبقه بندی شده استخراج گردید و روند تغییرات کاربری های اراضی با استفاده از روش تقابل، مقایسه و بررسی انجام گرفت. جهت ارزیابی صحت نتایج طبقه بندی، ۲۵٪ نمونه های تعلیمی برداشت شده که در فرآیند طبقه بندی دخالت داده نشده بود، استفاده گردید. نتایج حاصل از طبقه بندی نشان داد که صحت کلی و ضریب کاپای به دست آمده با روش حداکثر احتمال به

\*نویسنده رابط: nikkhoo.nava@gmail.com

ترتیب معادل ۹۴/۵۲٪ و ۹۳/۱۱٪ (سال ۱۹۸۵)، ۹۲/۰۵٪ و ۹۰/۰۱٪ (سال ۲۰۰۰) و ۹۴/۶۱٪ و ۹۳/۱۹٪ (سال ۲۰۱۳) به دست آمد. نتایج نشان داد که تغییرات قابل ملاحظه ای در کاربری های اراضی محدوده ی مطالعاتی در یک بازه زمانی ۲۸ ساله اتفاق افتاده که به تبع آن اراضی مسکونی و کشاورزی آبی به میزان ۲/۱۹٪ و ۴/۳۶٪ افزایش، کشاورزی دیم و مراتع به میزان ۲/۳۸٪ و ۶/۰۸٪ کاهش یافته است. به طور کلی بیش ترین تغییرات کاربری مربوط به اراضی مسکونی بوده و بیش ترین تغییرات به سمت غرب و شمال غرب شهر ملایر بوده است.

**واژه های کلیدی:** سنجش از دور- طبقه بندی کاربری اراضی - روش حداکثر احتمال - شهر ملایر



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## مقدمه

جهان دائماً در حال تغییر و تحول است. رشد فزاینده جمعیت، نابودی منابع طبیعی، افزایش آلودگی های محیط زیستی و سایر معضلات همچون تغییر کاربری اراضی به صورت غیر اصولی، از مهم ترین مسائل بحرانی می باشد. بدین صورت که تغییر کاربری ها بدون در نظر گرفتن ارزیابی های محیط زیستی و اکولوژیکی موجب مسائل عدیده ای در سطح کشور شده است که این موضوع در رابطه با برنامه ریزی و مدیریت فضاهاى شهری و روستایی و آگاهی از تغییر و تحولات کاربری های اراضی، از اهمیت زیادی برخوردار است.

تکنولوژی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به ویژه در رابطه با تغییر کاربری اراضی محیط های شهری که از حساسیت بالایی برخوردار است و در مدیریت شهری بسیار مهم می باشد، می تواند در تهیه نقشه های الگو و آینده نگری در فضای شهری و آمایش سرزمین جهت مدیریت و برنامه ریزی به کار رود.

با ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و برنامه ریزی و مدیریت صحیح اراضی، می توان اثرات تخریبی اکوسیستم ها و کاربری ها را کاهش داد و در جهت حفظ هر چه بیش تر منابع طبیعی و رسیدن به توسعه ی پایدار گام برداشت و سیمای سرزمین را در آینده ترسیم و مخاطرات ناشی از تغییر کاربری اراضی را بیان نمود. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات کاربری مسکونی، کشاورزی و مراتع در دوره های زمانی مورد مطالعه و ارائه روند تغییرات مساحت هر یک از کاربری ها در هر دوره زمانی است.

## پیشینه تحقیق

تا کنون مطالعات فراوانی پیرامون تهیه نقشه های کاربری و پوشش اراضی و بررسی تغییرات آن ها در ایران و در سایر کشور ها انجام شده که در ادامه به برخی از آن ها اشاره می-شود؛ حقیقی زیدهی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از داده های سنجنده TM ماهواره لندست ۵ به بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در شهرستان لاهیجان (واقع در استان گیلان) طی سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ میلادی پرداختند و با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال، نقشه های کاربری و پوشش اراضی منطقه را تهیه کردند. صحت کلی به دست آمده برای سال های ۱۹۹۱، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به ترتیب ۰/۸۸، ۰/۸۸ و ۰/۹۲ بود و کاپای کلی برای سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ به ترتیب ۰/۶۱/۲۹ و ۰/۷۶/۰۳ به دست آمد. نتایج نشان داد که طی این ۱۹ سال کاربری شهری افزایش و در مقابل کاربری کشاورزی کاهش یافته

است. زاهدی (۱۳۹۲) به بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در بخشی از حوضه آبخیز سد قشلاق از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ پرداخت و با استفاده از روش نظارت شده حداکثر احتمال اقدام به طبقه بندی کاربری های موجود در منطقه کرد. صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه پوشش اراضی سال ۱۹۸۷ به ترتیب ۷۰/۵٪ و ۶۸/۵۲٪ و صحت کلی و ضریب کاپا در سال ۲۰۱۰ به ترتیب ۷۳/۴٪ و ۷۰/۸۷٪ برآورد شد. نتایج تحقیقات زاهدی نشان داد که مراتع بیش ترین تغییرات را در منطقه داشته است. ماهینی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سنجنده ETM<sup>+</sup> مربوط به سال ۲۰۰۱ به بررسی و طبقه بندی مناطق جنگلی استان گلستان پرداختند. آن ها از روش نظارت شده (حداکثر احتمال) و روش نظارت نشده توأمأ استفاده کردند. آن ها برای منطقه مورد مطالعه سه کلاس جنگل، آب و سایر کاربری ها را در نظر گرفتند. در انتها صحت تصاویر طبقه بندی شده از دو روش جابه جایی تصادفی پیکسل ها و همچنین استفاده از تصاویر LISS III به عنوان نقاط کنترل زمینی مشخص شد. به طوریکه ضریب کاپا و صحت کلی به روش جا به جایی تصادفی پیکسل ها به ترتیب ۹۹/۵۸٪ و ۹۹/۸۴٪ برآورد شد ولی در روش نقاط کنترل زمینی مقادیر آن ها به ترتیب ۶۹/۶۸٪ و ۹۱٪ بود. نتایج تحقیقات آنان مناسب بودن استفاده از تصاویر ماهواره- ای لندست جهت طبقه بندی مناطق جنگلی استان گلستان را نشان داد. Nalina و همکاران (۲۰۱۴) به مطالعه دینامیکی تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه Nilgiris هند طی سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ و با استفاده از تصاویر ماهواره ای LISS-I، LISS-III، (ماهواره های IRS-1A و IRS-P6) پرداختند. آن ها با استفاده از روش طبقه بندی حداکثر احتمال تغییرات کاربری و پوشش اراضی را مورد بررسی قرار دادند. صحت طبقه بندی برای سال های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ به ترتیب ۸۳/۷۴٪ و ۸۹/۴۸٪ برآورد شده و ضریب کاپا برای این سال ها به ترتیب ۸۰٪ و ۸۸٪ برآورد شد. نتایج نشان داد که در این بازه زمانی جنگل های انبوه ۲۷/۱۷٪ افزایش و جنگل کاری ۵۴/۶۴٪ کاهش یافته است و کشاورزی در مناطق شیب دار کوهستانی طی این دوره به سرعت به میزان ۲۱۷/۵۶٪ افزایش یافته است و موجب فرسایش خاک و رانش زمین گردیده است. Abd Al-Razzaq Abd و Abdulrasool Alnajjar (۲۰۱۳) به مطالعه و بررسی تغییرات کاربری اراضی و توسعه ی شهری در جنوب منطقه Johor بین سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۱ پرداختند و برای این کار از تصاویر سنجنده های TM و ETM<sup>+</sup> ماهواره لندست ۷ استفاده کردند. آن ها با استفاده از روش طبقه بندی حداکثر احتمال منطقه ی مطالعاتی خود را طبقه بندی کردند. دقت طبقه بندی برای سال ۱۹۹۵، ۸۴/۱۴٪ و برای سال ۲۰۱۱،

۸۹/۱۱٪ بود. نتایج تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات نشان داد که طی این بازه زمانی مناطق ساخت و ساز شده، ۳٪ افزایش یافته و پوشش گیاهی ۱۲٪ کاهش یافته است. Azari و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر مراغه بین سال های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۱ با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست (سنجنده های TM و ETM) پرداختند. در این تحقیق تغییرات مناطق کشاورزی به مناطق ساخته شده مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر با استفاده از روش فازی ARTMAP طبقه بندی شدند. برای منطقه مورد مطالعه هفت کلاس در نظر گرفته شد: اراضی ساخته شده، علفزار، اراضی باغی، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، اراضی تخریب شده و آب. صحت کلی به دست آمده در این تحقیق ۹۳٪ بود. نتایج نشان داد که حدود نیمی از اراضی ساخته شده در این بازه زمانی شامل اراضی کشاورزی است و در این بازه زمانی حدود ۱۶٪ کل تغییرات کاربری اراضی مربوط به اراضی باغی و تبدیل آن ها به اراضی ساخته شده می باشد. Gholami (۲۰۱۰) به بررسی کاربری و پوشش اراضی قسمت غربی استان اصفهان (منطقه Aghche) در سال ۲۰۰۸ با استفاده از داده های ماهواره ی IRS پرداخت. وی از سه روش طبقه بندی نظارت شده (روش های حداکثر احتمال، فاصله ماهالانوبیس و حداقل فاصله از میانگین) برای طبقه بندی منطقه مورد مطالعه استفاده کرد و برای منطقه ی مطالعاتی خود چهار کلاس کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، اراضی باغی و مرتع را در نظر گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که روش فاصله ماهالانوبیس دقیق ترین نتیجه را (با صحت کلی ۵۶/۶۴٪ و ضریب کاپای ۳۰/۲٪) و بعد از آن، روش حداکثر احتمال (با صحت کلی ۵۳/۱۳٪ و ضریب کاپای ۲۷/۸٪) و در نهایت روش طبقه بندی حداقل فاصله از میانگین (با صحت کلی ۴۸/۴۴٪ و ضریب کاپای ۲۲/۸٪) کم ترین دقت را برای منطقه ی مطالعاتی در بر داشته است. Al-Ahmadi و Hames (۲۰۰۹) با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنجنده های TM لندست ۵ و ETM لندست ۷، به طبقه بندی کاربری های اراضی در برخی از مناطق خشک عربستان سعودی پرداختند. آن ها از چهار روش طبقه بندی نظارت نشده و نظارت شده (روش های حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین<sup>۱</sup> و فاصله ماهالانوبیس<sup>۲</sup>) برای طبقه بندی منطقه مورد مطالعه استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش حداکثر احتمال با صحت طبقه بندی ۸۴٪ و ضریب کاپای<sup>۳</sup> ۶۸٪، بهترین نتیجه را داشته است.

1 . Minimum Distance to means

2 . Mahalanobis Distance

3 . Kappa

## منطقه مورد مطالعه

شهر ملایر در جنوب شرقی استان همدان و در غرب ایران قرار دارد. از نظر تقسیمات اداری-سیاسی مرکز شهرستان ملایر محسوب می شود. این منطقه بین طول جغرافیایی  $34^{\circ}20'50''$  تا  $34^{\circ}15'00''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $48^{\circ}53'10''$  تا  $48^{\circ}45'15''$  شمالی قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا بیش از ۱۵۰۰ متر است (شکل ۱). (پروانه، ۱۳۸۹؛ شمس و حجی ملایری، ۱۳۸۸) این شهر در دهه های گذشته به دلیل رشد سریع جمعیت و به دنبال آن رشد و توسعه ی فیزیکی اراضی شهری، موجب تغییر کاربری اراضی محیط پیرامونی خود شده است که بررسی کاربری و پوشش اراضی این منطقه جهت برنامه-ریزی و مدیریت صحیح و آگاهانه پروژه های شهری ضروری می باشد.



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه

(مآخذ: نقشه Google Earth، ۲۰۱۳؛ مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰؛ [www.iran.ir](http://www.iran.ir))

## مواد و روش ها

روش تحقیق در این پژوهش پیمایشی و تحلیلی است. در بخشی از پژوهش که مربوط به تعیین نمونه های تعلیمی و پرسش از وضعیت کاربری ها در طول زمان بود، از مشاهدات میدانی استفاده شد و کلیه مراحل مربوط به تصحیح، پردازش و طبقه بندی تصاویر ماهواره ای، تهیه ی نقشه ها و محاسبه مساحت کاربری ها توسط نرم افزارها انجام گرفت.

در این تحقیق از تصاویر سنجنده های TM<sup>۴</sup> و ETM<sup>۵</sup> و OLI<sup>۶</sup> ماهواره Landsat مربوط به سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، و ۲۰۱۳ (جدول ۱) جهت تهیه ی نقشه های کاربری اراضی و از نقشه Google Earth نیز جهت تعیین نقاط کنترل زمینی و تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای استفاده گردید. با بررسی های انجام شده، برای محدوده مورد مطالعه پنج کاربری مسکونی، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مراتع و سایر کاربری ها تعیین گردید. جهت تهیه ی نقشه های کاربری اراضی از الگوریتم طبقه بندی نظارت شده ی حداکثر احتمال استفاده گردید که در بسیاری از منابع دقت مناسب این روش جهت طبقه بندی تصاویر ماهواره ای مورد تایید قرار گرفته است. جهت بررسی و ارزیابی دقت طبقه بندی، از نمونه های تعلیمی که در فرآیند طبقه بندی دخالت داده نشده بودند، استفاده گردید که ۲۵٪ کل نمونه های تعلیمی را شامل می شدند.

همچنین در این پژوهش جهت پردازش تصاویر مربوطه، تهیه ی نقشه های کاربری مربوط به سال های مورد نظر و تجزیه و تحلیل آماری، از نرم افزار Arc GIS 9.3 ، ENVI 4.5 و Excel 2007 استفاده شد.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره Landsat مورد استفاده

فرمت	تاریخ تصویر برداری		گذر/ ردیف	سنجنده	شماره Landsat	ردیف
	میلادی	شمسی				
TIFF	۱۹۸۵/۶/۲۹	۱۳۶۳/۴/۸	۱۶۶/۳۶	TM	۵	۱
TIFF	۲۰۰۰/۶/۲۹	۱۳۷۹/۴/۸		ETM <sup>+</sup>	۷	۲
	۲۰۱۳/۶/۱۰	۱۳۹۲/۳/۲۰		OLI	۸	۳

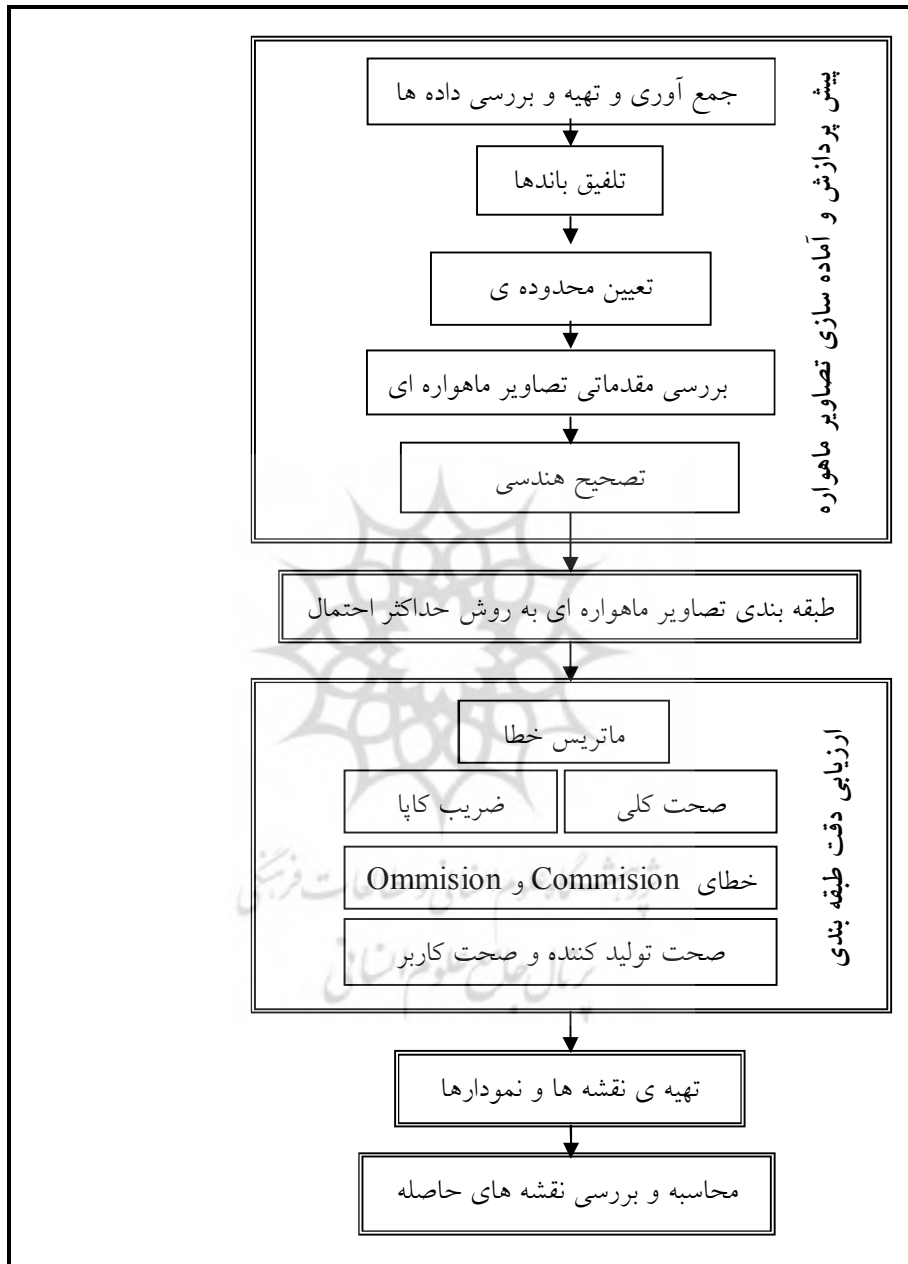
(مأخذ: USGS)

<sup>4</sup> -Thematic Mapper

<sup>5</sup> -Enhanced Thematic Mapper Plus

<sup>6</sup> - Operational Land Imager

شکل (۲) فلوجارت کلی مراحل انجام این پژوهش را نشان می دهد.



شکل ۲: فلوجارت مراحل کلی پژوهش

(مأخذ: نگارندگان)



## الف) پیش پردازش و آماده سازی تصاویر ماهواره ای

### ۱) تعریف کلاس ها (کاربری ها):

با توجه به بررسی های به عمل آمده از منطقه، برای محدوده ی مطالعاتی کلاس های مورد نیاز تعریف گردید که در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲: کاربری های مورد استفاده و توصیف آن ها

نام کلاس (کاربری)	توصیف
مسکونی	مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی، جاده ها و خطوط ارتباطی و ...
مرتع	اراضی که گیاهان علفی و بوته ای پوشش غالب آن ها را تشکیل می دهد (خودرو یا دست کاشت) و برای چرای دام استفاده می شوند.
کشاورزی	محصولات زراعی و باغی یک یا چند ساله، درخت و درخچه های دست کاشت
سایر	آب، خاک، سنگ، کوه و مناطق نا معلوم

(مآخذ: دولتشاهی و همکاران، ۱۳۸۵؛ حاجی نوروزی، ۱۳۸۵؛ خدمتگزار دولتی، ۱۳۹۰ و نگارندگان)

### ۲) تلفیق باندها:

باندهای هر تصویر به صورت جداگانه با یکدیگر تلفیق شده و به جای چند باند مجزا از یک تصویر، یک تصویر چند باندهی تشکیل شد.

### ۳) برش تصویر:

در یک تصویر ماهواره ای، برخی از قسمت های آن ممکن است بیرون از محدوده ی مطالعاتی ما باشد پس لازم است که قسمت های اضافه تصاویر بریده شود. این امر باعث پایین آوردن حجم فایل ذخیره شده گشته و در هنگام فراخوانی مجدد فایل مورد نظر نیز وقت کم-تری صرف می شود. (لرستانی و شهریار، ۱۳۹۰)

### ۴) تصحیح هندسی:

تصاویر اولیه و خام داده های ماهواره ای به دلیل گردش زمین، انحنای زمین، تغییر در ارتفاع و سرعت سکوی سنجنده و پستی و بلندی دارای یکسری انحرافات بوده و نمی توانند به

عنوان نقشه مورد استفاده قرار گیرند و قابل استفاده با سایر داده های ماهواره ای و مقایسه با یکدیگر نیستند. (رود گرمی و همکاران، ۱۳۸۸؛ براتی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸) به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر می بایست تصحیح هندسی صورت پذیرد.

لذا ابتدا تعدادی نقاط کنترل زمینی از منطقه ی مطالعاتی با استفاده از نقشه Google Earth (مربوط به سال ۲۰۱۳) انتخاب شد. در نهایت با حذف بعضی از نقاط با خطای زیاد (شتایی و عبدی، ۱۳۸۶)، برای سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب ۷، ۱۱ و ۲۰ نقطه با پراکنش مناسب مورد استفاده قرار گرفت و سعی شد اغلب نقاط انتخاب شده تقاطع خیابان ها و جاده ها باشد. (سفیانیان و مدنیان، ۱۳۹۰) جهت انجام تصحیح هندسی از معادله درجه اول<sup>۷</sup> و برای عمل نمونه برداری مجدد<sup>۸</sup> از روش نزدیک ترین همسایه<sup>۹</sup> استفاده گردید.

### (ب) طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

هدف از طبقه بندی در این بررسی تبدیل داده های تصویری به فضای کلاس های مشخص است تا بتوان پیکسل ها را با حداکثر اطمینان و مقبولیت، به آن کلاس نسبت داد و مشخص نمود. (خدمتگزار دولتی، ۱۳۹۰)

لذا در این تحقیق به منظور انجام طبقه بندی نظارت شده، ابتدا نواحی کوچکی در تصویر که از حیث مقادیر بازتابی ارقام آنها حالت یک نواختی داشته و از پراکنش خوبی برخوردار بودند، به عنوان نمونه های تعلیمی انتخاب شد تا از آنها برای طبقه بندی استفاده گردد. (سفیانیان و مدنیان، ۱۳۹۰) برای انتخاب نمونه های تعلیمی از تصاویر رنگی کاذب و حقیقی، بازدید میدانی و سوال از افراد بومی استفاده گردید با توجه به اهداف مورد نظر و اطلاعات موجود در این پژوهش از روش طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال استفاده شد که از دقت قابل قبولی برخوردار است.

### (۱) روش حداکثر احتمال<sup>۱۰</sup>

از میان روش های طبقه بندی نظارت شده، روش حداکثر احتمال یکی از کاراترین روش های طبقه بندی تصاویر محسوب می شود. (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۰) در بسیاری از تحقیقات

7 . First order transformation equation

8 . Resampling

9 . Nearest Neighbor

10 . Maximum Likelihood

و مطالعات این روش به عنوان دقیق ترین و پر کاربرد ترین روش طبقه بندی معرفی شده است. (لرستانی و شهریار، ۱۳۹۰؛ یوسفی و همکاران، ۱۳۹۰؛ احمدی ندوشن و همکاران، ۱۳۸۸؛ بخشنده و کتانی، ۱۳۸۶) روش طبقه بندی حداکثر احتمال یک روش ساده مبتنی بر پیکسل است که اغلب برای کشف تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار می گیرد. (Dittrich و همکاران، ۲۰۱۰) در روش مذکور فرض بر این است که همه مناطق آموزشی دارای پراکنش نرمال هستند. در حقیقت نمونه های کلاس های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند، بنابراین تا حد امکان باید از تعداد نمونه های بیش تری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی های طیفی، در این گستره پیوسته قرار گیرند. (احمدی ندوشن و همکاران، ۱۳۸۸) در طبقه بندی حداکثر احتمال، احتمال تعلق یک پیکسل به یک کلاس خاص مورد محاسبه قرار می گیرد. (رسولی و همکاران، ۱۳۸۸) در واقع پیکسل مورد نظر به کلاسی نسبت داده می شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد. (احمدی ندوشن و همکاران، ۱۳۸۸).

### ج) ارزیابی دقت طبقه بندی

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از درستی و صحت آن است. (یوسفی همکاران، ۱۳۹۰) ارزیابی نتایج طبقه بندی آخرین مرحله از تولید نقشه های حاصل از طبقه بندی است. در ارزیابی مشخص می شود که داده های به دست آمده متناسب با کاربرد مورد نظر، از دقت لازم برخوردار هستند یا خیر. (خدمتگزار دولتی، ۱۳۹۰)

به منظور ارزیابی دقت طبقه بندی، از نمونه های تعلیمی که در روند طبقه بندی دخالت داده نشده اند استفاده گردید. به این ترتیب که نمونه های تعلیمی برای هر کلاس به دو قسمت ۷۵٪ و ۲۵٪ تقسیم شدند. ۷۵٪ پیکسل ها در طبقه بندی مورد استفاده قرار گرفتند و ارزیابی درستی طبقه بندی بر روی ۲۵٪ باقی مانده پیکسل ها انجام شد. در واقع، کنار گذاشتن ۲۵٪ پیکسل های نمونه های تعلیمی و عدم استفاده از آن ها در طبقه بندی اولیه باعث مستقل کردن دو فرآیند طبقه بندی و ارزیابی درستی طبقه بندی می شود. (ماهینی و همکاران، ۱۳۹۱).

روش معمول و استاندارد برای تعیین دقت نقشه های طبقه بندی شده، استفاده از ماتریس خطا است. (رضایی لیواری، ۱۳۹۱) ماتریس خطا<sup>۱۱</sup> به صورت جدول ارائه می شود. پیکسل هایی

که درست طبقه بندی شده اند روی قطر اصلی قرار می گیرند و عناصر غیر قطری، مجموعه خطاها می باشند. (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱) بر اساس ماتریس خطا، صحت کلی<sup>۱۲</sup> و ضریب کاپا<sup>۱۳</sup> محاسبه می شود. (سفیانیان و خداکرمی، ۱۳۹۰).

### محاسبه مساحت کاربری ها

در محیط نرم افزار Arc GIS مساحت تک تک کاربری ها در سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ محاسبه شدند و نقشه های طبقه بندی شده کاربری اراضی با فرمت وکتوری استخراج گردید.

سپس مساحت ها به محیط نرم افزار Excel منتقل گردید و درصد مساحت هر یک از کاربری ها و نمودار مربوطه ترسیم گردید.

### یافته های تحقیق

جهت تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب ۷، ۱۱ و ۲۰ نقطه با پراکنش مناسب مورد استفاده قرار گرفت. همچنین جهت انجام تصحیح هندسی از معادله درجه اول<sup>۱۴</sup> و به منظور عمل نمونه برداری مجدد<sup>۱۵</sup> از روش نزدیک ترین همسایه<sup>۱۶</sup> استفاده گردید. مقادیر RMSE به دست آمده برای سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ به ترتیب برابر با ۰/۲۷۴۷، ۰/۵۲۴ و ۰/۲۴۶۲ پیکسل برآورد گردید. با استفاده از ۷۵٪ نمونه های تعلیمی برای هر کلاس، طبقه بندی تصاویر با الگوریتم نظارت شده حداکثر احتمال انجام شد. نقشه های کاربری اراضی تولید شده در سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ در شکل (۳) ارائه شده است.

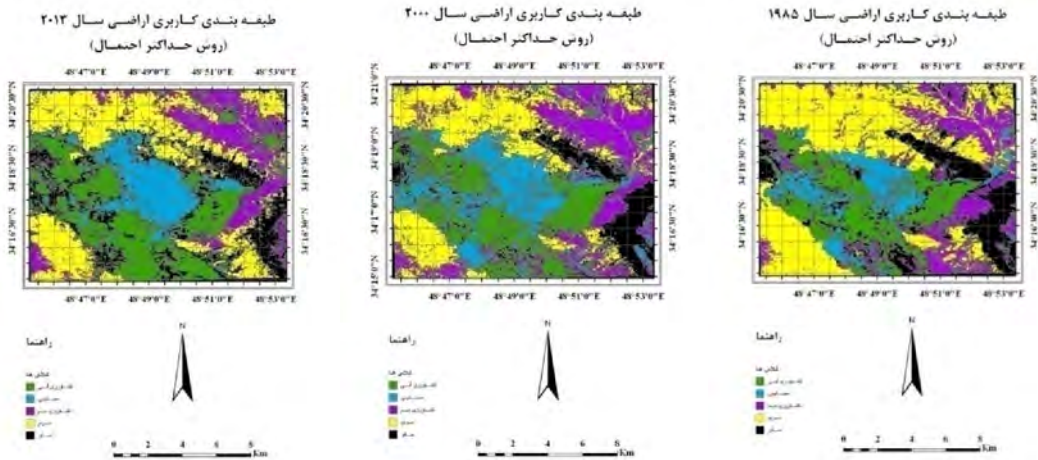
12 . Overall Accuracy

13 . Kapa Coefficient

14 . First order transformation equation

15 . Resampling

16 . Nearest Neighbor



شکل ۳: طبقه بندی کاربری اراضی شهر ملایر با روش حداکثر احتمال برای سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳

(مأخذ: نگارندگان)

به منظور ارزیابی دقت طبقه بندی، از نمونه های تعلیمی که در روند طبقه بندی دخالت داده نشده اند استفاده گردید. در نتیجه ارزیابی درستی طبقه بندی بر روی ۲۵٪ باقی مانده پیکسل ها انجام شد. (ماهینی و همکاران، ۱۳۹۱)

در این پژوهش در مرحله ارزیابی دقت طبقه بندی علاوه بر محاسبه ی ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا، مقادیر مربوط به خطای گماشته شده<sup>۱۷</sup>، خطای حذف شده<sup>۱۸</sup>، صحت تولید کننده و صحت کاربر نیز محاسبه شدند که در جداول (۳) تا (۵) ارائه شده است.

جدول ۳: ماتریس خطای طبقه بندی کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال (سال ۱۹۸۵)  
ضریب کاپا: ۹۳/۱۱٪ صحت کلی: ۹۴/۵۲٪

خطای Omission (%)	خطای Commision (%)	سایر	کشت دیم	کشت آبی	مرتع	مسکونی	طبقه کاربری اراضی
-	-	۰	۰	۰	۰	۰	طبقه بندی نشده
۱۱/۶۰	۰/۹۰	۲	۰	۰	۰	۲۲۱	مسکونی
۲	۱/۶۱	۰	۲	۰	۲۴۵	۲	مرتع
۸/۳۷	۰/۸۶	۰	۰	۲۳۰	۰	۲	کشت آبی
۱/۵۵	۱۱/۸۱	۱۳	۲۵۴	۲۱	۰	۰	کشت دیم
۴/۳۹	۸/۹۱	۳۲۷	۲	۰	۵	۲۵	سایر
-	-	۳۴۲	۲۵۸	۲۵۱	۲۵۰	۲۵۰	جمع (پیکسل ها)
		۹۵/۶۱	۹۸/۴۵	۹۱/۶۳	۹۸	۸۸/۴۰	صحت تولید کننده (%)
		۹۱/۰۹	۸۸/۱۹	۹۹/۱۴	۹۸/۳۹	۹۹/۱۰	صحت کاربر (%)

(مأخذ: نگارندگان)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۴: ماتریس خطای طبقه بندی کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال (سال ۲۰۰۰)

ضریب کاپا: ۰/۹۰٪ صحت کلی: ۰/۹۲٪

خطای Ommision (%)	خطای Commision (%)	سایر	کشت دیم	کشت آبی	مرتع	مسکونی	طبقات کاربری اراضی
-	-	۰	۰	۰	۰	۰	طبقه بندی نشده
۶/۱۱	۴/۲۸	۱۱	۰	۰	۰	۲۴۶	مسکونی
۱۴/۸۴	۱۳/۸۳	۱۵	۱۱	۰	۲۱۸	۹	مرتع
۱/۲۰	۰	۰	۰	۲۴۷	۰	۰	کشت آبی
۴/۸۶	۱۱/۲۰	۹	۳۳۳	۰	۳۲	۱	کشت دیم
۱۳/۷۸	۸/۷۵	۲۱۹	۶	۳	۶	۶	سایر
-	-	۲۵۴	۳۵۰	۲۵۰	۲۵۶	۲۶۲	جمع (پیکسل ها)
		۸۶/۲۲	۹۵/۱۴	۹۸/۸۰	۸۵/۱۶	۹۳/۸۹	صحت تولید کننده (%)
		۹۱/۲۵	۸۸/۸۰	۱۰۰	۸۶/۱۷	۹۵/۷۲	صحت کاربر (%)

(مأخذ: نگارندگان)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۵: ماتریس خطای طبقه بندی کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال (سال ۲۰۱۳)  
ضریب کاپا: ۹۳/۱۹٪ صحت کلی: ۹۴/۶۱٪

خطای Omission (%)	خطای Commision (%)	سایر	کشت دیم	کشت آبی	مرتع	مسکونی	طبقات کاربری اراضی
-	-	۰	۰	۰	۰	۰	طبقه بندی نشده
۰/۳۱	۶/۷۴	۲۱	۱	۱	۰	۳۱۸	مسکونی
۱/۶۴	۹/۰۹	۱۰	۱۴	۰	۲۴۰	۰	مرتع
۰/۶۰	۰	۰	۰	۱۶۷	۰	۰	کشت آبی
۹/۱۵	۱/۹۰	۵	۲۵۸	۰	۰	۰	کشت دیم
۱۴/۶۳	۷/۰۸	۲۱۰	۱۱	۰	۴	۱	سایر
-	-	۲۴۶	۲۸۴	۱۶۸	۲۴۴	۳۱۹	جمع (پیکسل ها)
		۸۵/۳۷	۹۰/۸۵	۹۹/۴۰	۹۸/۳۶	۹۹/۶۹	صحت تولید کننده (%)
		۹۲/۹۲	۹۸/۱۰	۱۰۰	۹۰/۹۱	۹۳/۲۶	صحت کاربر (%)

(مأخذ: نگارندگان)

مقادیر مربوط به مساحت کاربری ها در شهر ملایر بر حسب کیلومتر مربع و درصد در جداول (۶) تا (۸) و نمودار (۱) ارائه شده است.



جدول ۶: مساحت کاربری های تصویر ماهواره  
ای سال ۲۰۰۰

مساحت		نام کاربری ها
درصد	کیلومتر مربع	
۱۷/۱۳	۲۵/۰۶	مسکونی
۲۵/۷۵	۳۷/۶۶	مرتع
۱۷/۳۲	۲۵/۳۴	کشت آبی
۱۹/۳۵	۲۸/۳۱	کشت دیم
۲۰/۴۵	۲۹/۹۱	سایر
۱۰۰	۱۴۶/۲۸	کل منطقه

(مأخذ: نگارندگان)

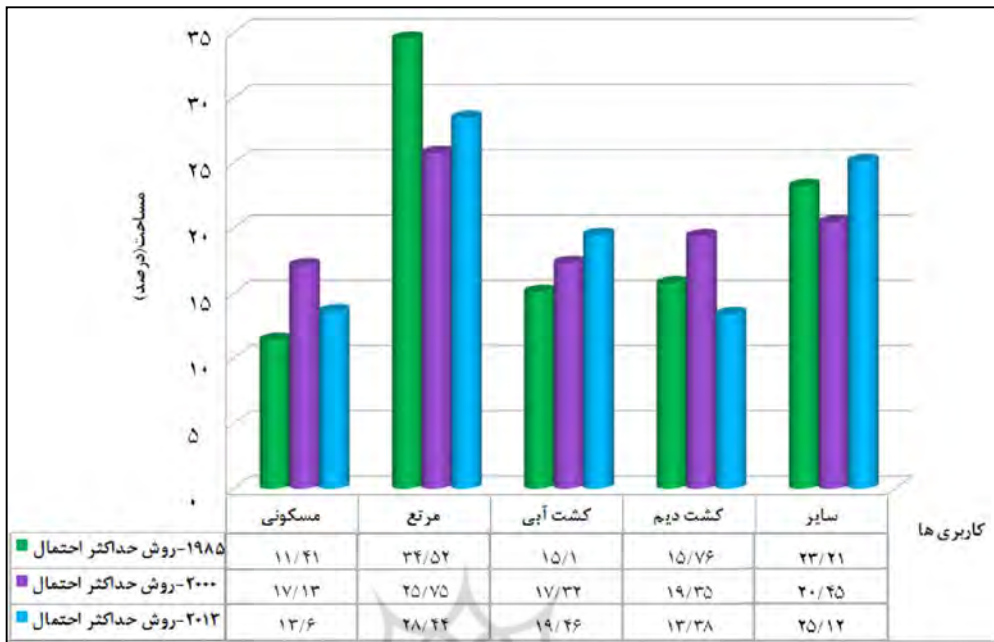
جدول ۷: مساحت کاربری های تصویر ماهواره  
ماهواره ای سال ۱۹۸۵

مساحت		نام کاربری ها
درصد	کیلومتر مربع	
۱۱/۴۱	۱۶/۶۹	مسکونی
۳۴/۵۲	۵۰/۵	مرتع
۱۵/۱	۲۲/۰۹	کشت آبی
۱۵/۷۶	۲۳/۰۵	کشت دیم
۲۳/۲۱	۳۳/۹۵	سایر
۱۰۰	۱۴۶/۲۸	کل منطقه

(مأخذ: نگارندگان)

جدول ۸: مساحت کاربری های تصویر ماهواره ای سال ۲۰۱۳

مساحت		نام کاربری ها
درصد	کیلومتر مربع	
۱۳/۶	۱۹/۹	مسکونی
۲۸/۴۴	۴۱/۶	مرتع
۱۹/۴۶	۲۸/۴۷	کشت آبی
۱۳/۳۸	۱۹/۵۷	کشت دیم
۲۵/۱۲	۳۶/۷۴	سایر
۱۰۰	۱۴۶/۲۸	کل منطقه



نمودار ۱: درصد مساحت کاربری ها در سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ (مأخذ: نگارندگان)

در جدول (۹) مساحت کاربری ها در سه بازه ی زمانی مورد بررسی قرار گرفت. در این رابطه کاربری های مسکونی، مرتع، کشت آبی - کشت دیم (کشاورزی) و سایر کاربری ها مورد بررسی قرار گرفت و تغییرات مربوط به هر یک در طی سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ و ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ از لحاظ وسعت مورد تقابل قرار گرفت.

جدول ۹: تغییر مساحت انواع کاربری های در دوره های زمانی مختلف بر حسب کیلو متر مربع و درصد

نام کاربری	تغییر مساحت از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰		تغییر مساحت از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳		تغییر مساحت از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳	
	Km2	%	Km2	%	Km2	%
مسکونی	۸/۳۷	۵/۷۲	-۵/۱۶	-۳/۵۲	۳/۲۱	۳/۱۹
مرتع	-۱۲/۸۴	-۸/۷۷	۳/۹۴	۲/۶۹	-۸/۹	-۶/۰۸
کشت آبی	۳/۲۵	۲/۲۲	۳/۱۳	۲/۱۴	۶/۳۸	۴/۳۶
کشت دیم	۵/۲۶	۳/۵۹	-۸/۷۴	-۵/۹۷	-۳/۴۸	-۲/۳۸
سایر	-۴/۰۴	-۲/۷۶	۶/۸۳	۴/۶۷	۲/۷۹	۱/۹۱

(مأخذ: نگارندگان)

## نتیجه گیری

با استناد به Coppin و همکاران (۲۰۰۴) مقادیر RMSe کم تر از یک پیکسل برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای قابل قبول می باشد. (خسروانی و همکاران، ۱۳۹۱) بنابراین این مقادیر RMSe به دست آمده در تصحیح هندسی کلیه تصاویر که کم تر از ۰/۶ محاسبه شده بود، قابل قبول است.

با استناد به منابعی نظیر Landis و Koch (۱۹۷۷) و نظریات آندرسون به نقل از Howard (۱۹۹۱)، روش طبقه بندی حداکثر احتمال با صحت کلی و ضریب کاپای بالای ۰/۹۰ یک روش مناسب برای طبقه بندی منطقه مورد مطالعه محسوب می شود. (Cunningham, ۲۰۰۹؛ براتی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸؛ خدمتگزار دولتی، ۱۳۹۰)

بر اساس جدول ۹ اراضی مسکونی بین سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ به میزان ۵/۷۲٪ (معادل ۸/۳۷ کیلومتر مربع) افزایش یافته است که به دلیل افزایش جمعیت بوده و بیش ترین افزایش این کاربری مربوط به جهت غرب و شمال غربی شهر بوده است.

بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ اراضی مسکونی به میزان ۳/۵۳٪ (معادل ۵/۱۶ کیلومتر مربع) کاهش یافته است که به دلیل وضع قانون منع تغییر کاربری اراضی بوده که به موجب آن

شهر به جای رشد افقی، رشد عمودی داشته است. بعلاوه مناطق مسکونی طرف غرب و جنوب غربی شهر هم با گذشت زمان فرسوده شده و به شکل بافت قدیم و غیر مسکونی در آمده است. مراتع بین سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ به میزان  $۸/۷۷\%$  (معادل  $۱۲/۸۴$  کیلومتر مربع) کاهش یافته است که می تواند به دلیل افزایش کاربری های مسکونی و کشاورزی (دیم و آبی) باشد.

بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ مراتع به میزان  $۲/۶۹\%$  (معادل  $۳/۹۴$  کیلومتر مربع) افزایش یافته است که می تواند به دلیل کاهش اراضی مسکونی به دلیل وضع قانون منع تغییر کاربری اراضی و کاهش اراضی دیم به دلیل کم شدن نزولات جوی (وجود خشکسالی) در این سال ها باشد که باعث تبدیل این دیم زار های رها شده به مراتع فقیر شده است.

کشاورزی آبی و دیم در بین سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ به میزان  $۲/۲۲\%$  (معادل  $۳/۲۵$  کیلومتر مربع) و  $۳/۵۹\%$  (معادل  $۵/۲۶$  کیلومتر مربع) افزایش یافته است که می تواند به دلیل افزایش جمعیت و نیاز بیش تر به مواد غذایی و همچنین مناسب بودن وضعیت نزولات جوی در این سال ها باشد.

بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ کشاورزی آبی به میزان  $۲/۱۴\%$  (معادل  $۳/۱۳$  کیلومتر مربع) افزایش و کشاورزی دیم به میزان  $۵/۹۷\%$  (معادل  $۸/۷۴$  کیلومتر مربع) کاهش یافته است. در این بازه زمانی جمعیت افزایش قابل توجهی داشته و نیاز به مواد غذایی بیش تر داشتند. از طرفی در این دوره وضعیت نزولات جوی نامناسب بوده و به همین دلیل اراضی دیم کاهش یافتند. از طرف دیگر برای تامین آب مورد نیاز برای کشاورزی، چاه های بسیاری در این منطقه حفر گردید که موجب افزایش کشاورزی آبی در این بازه زمانی شده است.

به طور کلی بین سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ اراضی مسکونی و کشاورزی آبی به میزان  $۲/۱۹\%$  (معادل  $۳/۲۱$  کیلومتر مربع) و  $۴/۳۶\%$  (معادل  $۶/۳۸$  کیلومتر مربع) ، کشاورزی دیم و مراتع به میزان  $۲/۳۸\%$  (معادل  $۳/۴۸$  کیلومتر مربع) و  $۶/۰۸\%$  (معادل  $۸/۹$  کیلومتر مربع) کاهش یافته است. ادامه چنین روندی موجب تخریب اراضی و تغییر در توسعه فضای شهری به شکل ناموزون خواهد گردید که توجه مسوولین و مدیران شهری را نسبت به این امر ضروری می سازد.

## پیشنهادها

- جهت یکسان بودن شرایط تصاویر برای بررسی تغییرات کاربری اراضی بهتر است تصاویر ماهواره ای مربوط به یک تاریخ و یک سنجنده باشند.
- می توان از تصاویر ماهواره های دیگر با قدرت تفکیک مکانی متفاوت مانند SPOT و IRS استفاده و نتایج حاصل از طبقه بندی آن ها را با نتایج پژوهش فعلی که مربوط به ماهواره لندست بود، مقایسه کرد.
- توجه بیش تر به تغییرات انجام شده در سال های گذشته و اجرای طرح آمایش سرزمین و تهیه طرح جامع شهری جهت توسعه به ویژه با توجه به منابع موجود به خصوص منابع محیطی.



## منابع و مآخذ

- ۱- احمدی ندوشن، م.، سفیانیان، ع.، خواجه الدین، س.ج. ۱۳۸۸. تهیه نقشه پوشش اراضی شهر اراک با استفاده از روش های طبقه بندی شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۶۹ : ۹۸-۸۳.
- ۲- بخشنده، ب.، کتانی، ۱۳۸۶. تعیین تغییر کاربری اراضی جنوب شهر اصفهان با استفاده از تصاویر ماهواره ای. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی-گرایش محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی بهبهان. ۹۱ صفحه.
- ۳- براتی قهفرخی، س.، سلطانی کوپایی، س.، خواجه الدین، س.ج.، رایگانی، ب. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوزه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور (دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۵۴). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷(الف): ۳۶۵-۴۳۹.
- ۴- پروانه، ب. ۱۳۸۹. بر آورد فاصله ای روزهای یخ بندان ملایر با استفاده از قانون چی بی شف. فصل نامه جغرافیایی آمایش محیط، ۹(۳): ۱۴۵-۱۲۹.
- ۵- حاجی نوروزی، ن. ۱۳۸۵. تهیه و تجزیه و تحلیل نقشه ی کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده های سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه ی موردی: شهرستان پاکدشت). پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه تربیت معلم. ۸۵ صفحه.
- ۶- حقیقی زیدهی، ب.، جباریان امیری، ب.، ابراهیم پور، ر. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کاربری / پوشش سرزمین شهرستان لاهیجان با به کارگیری تکنیک سنجش از دور و نرم افزار IDRISI. سومین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران، ۵ آذر. ۱۰ صفحه. کد مقاله ۱۱۰۰۰.
- ۷- خدمتگزار دولتی، س.م. ۱۳۹۰. تهیه ی نقشه ی کاربری اراضی با استفاده از آنالیز موءلفه- های اصلی بر روی تصاویر ماهواره ای (منطقه سفارود). پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی گروه جنگلداری، دانشگاه گیلان. ۹۵ صفحه.
- ۸- خسروانی، ز.، خواجه الدین، س.ج.، سفیانیان، ع.ر.، محبی، م.، پارسامهر، ا.ح. ۱۳۹۱. پهنه- بندی کاربری اراضی منطقه ی شرق اصفهان با استفاده از تصویر ماهواره ای IRS-P6. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی-علوم آب و خاک، شماره ۵۹ (۱۶): ۲۴۴-۲۳۳.

- ۹- دولتشاهی، ع.ر.، اسفندیاری، خ.، کاظمی، س.ح.، سعیدنیا، ا.، پالوج، م. ۱۳۸۵. ضوابط و دستورالعمل پردازش رقومی تصاویر ماهوار های ETM<sup>+</sup> در استخراج نقشه ی کاربری و پوشش اراضی مطالعات ساماندهی دشت. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، وزارت جهاد کشاورزی. ۶۲ صفحه.
- ۱۰- رسولی، ع.ا. ۱۳۸۷. مبانی سنجش از دور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره-ای. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تبریز. ۷۷۷ صفحه.
- ۱۱- رضایی لیواری، و. ۱۳۹۱. کاربرد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در تغییرات زمانی مشخصات کمی بدلند. پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی-گرایش آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۴ صفحه.
- ۱۲- رود گرمی، پ.، خراسانی، ن.ا.، منوری، س.م.، نوری، ج. ۱۳۸۸. پیش بینی اثرات محیط زیستی توسعه با استفاده از تصاویر ماهواره ای و تکنیک های سنجش از دور. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۱(۱): ۱۷۲-۱۶۱.
- ۱۳- زاهدی، ص.ا. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز سد قشلاق با استفاده از داده های سنجش از دور. سومین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران. ۵ آذر. ۱۰ صفحه. کد مقاله ۲۰۱۲۷.
- ۱۴- سفیانیان، ع.ر.، خداکرمی، ل. ۱۳۹۰. تهیه ی نقشه ی کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه بندی فازی (مطالعه ی موردی سه زیر حوزه ی آبخیز کبودر آهنگ، رزن -قهاوند و خونجین -تلخاب در استان همدان). آمایش سرزمین، ۴(۳): ۱۱۴ - ۹۵.
- ۱۵- سفیانیان، ع.ر.، مدنیان، م.ا.، ۱۳۹۰. مقایسه روش های طبقه بندی کننده حداکثر مشابهت و حداقل فاصله از میانگین در تهیه نقشه پوشش اراضی (مطالعه موردی :استان اصفهان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ، ۵۷(۱۵): ۲۶۴-۲۵۳.
- ۱۶- شتایی، ش.، عبدی، ا. ۱۳۸۶. تهیه ی نقشه ی کاربری اراضی در مناطق کوهستانی زاگرس با استفاده از داده های سنجنده ETM<sup>+</sup> (منطقه ی مورد مطالعه: حوزه سرخاب خرم آباد لرستان). مجله ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۱): ۱۰ صفحه.
- ۱۷- شمس، م.، حجی ملایری، پ. ۱۳۸۸. توسعه ی فیزیکی و تاثیر آن در تغییرات کاربری اراضی شهر ملایر (۱۳۶۵ و ۸۵). فصلنامه جغرافیایی آمایش، ۷(۲): ۹۱-۷۵.
- ۱۸- لرستانی، ق.، شهریار، ع. ۱۳۹۰. کاربرد ENVI در سنجش از دور (تحلیل و تفسیر تصاویر ماهواره ای). چاپ اول. نشر انتخاب تهران. ۲۴۰ صفحه.

- ۱۹- ماهینی، ع.ا. س.، نادعلی، آ.، فقهی، ج.، ریاضی، ب. ۱۳۹۱. طبقه بندی مناطق جنگلی استان گلستان به روش حداکثر احتمال با استفاده از تصاویر ماهوار های ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۰۱. علوم و تکنولوژی محیط زیست ، ۳ (۱۴): ۴۷-۵۶.
- ۲۰- یوسفی، ص.، تازه، م.، میرزایی، س.، مرادی، ح. ر.، توانگر، ش. ۱۳۹۰. مقایسه الگوریتم های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره های در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه ی موردی: شهرستان نور). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۲): ۱۵-۲۵.
- 21- Abd Al-Razzaq Abd, H., Abdulrasool Alnajjar, H., 2013. Maximum Likelihood for Land-Use/Land-Cover Mapping and Change Detection Using Landsat Satellite Images: A Case Study “South Of Johor”. International Journal of Computational Engineering Research, 6(3):27-33.
- 22- Al-Ahmadi, F. S., Hames, A. S. 2009. Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia, JKAU; Earth Sci, 1(20):167-191.
- 23- Azari, M., Ahadnejad Reveshty, M., Kamelifar, M.J., Ranjbarnia, B. 2012. Land Use Change Detection of Maragheh City and Its Implication for Agricultural Area and the Orchards by Using the Multi-Temporal Satellite Imagery. J. Civil Eng. Urban. 2(4):154-158.
- 24- Cunningham, M. 2009. More than Just the Kappa Coefficient: A Program to Fully Characterize Inter-Rater Reliability between Two Raters. SAS Global Forum 2009. PAPER 242. PP 1-7.
- 25- Dittrich, A., Buerkert, A., Brinkmann, K. 2010. Assessment of land use and land cover changes during the last 50 years in oases and surrounding rangelands of Xinjiang, NW China, Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics , 2(111): 129-142.
- 26- Gholami, A. 2010. Study of Remote Sensing and Satellite Images ability in preparing Agriculture Land Use Map. Advances in Environmental Biology, 5(6): 1089-1094
- 27- Nalina, P., Meenambal, T., Sathyanarayan S. R. 2014. LAND USE LAND COVER DYNAMICS OF NILGIRIS DISTRICT, INDIA INFERRED FROM SATELLITE IMAGERIES. American Journal of Applied Sciences , 3(11): 455-461.