

این اختلافات به طور کلی کمتر از ۷ درصد بوده که این رقم، مفید و قابل استفاده بودن مدل مارکوف و همچنین صحت آن را در پیش بینی تغییرات کاربری به خوبی توجیه می کند.

کلید واژه ها: تصاویر لندست، تهران، طبقه بندی تصاویر، کشف تغییرات، مدل زنجیره ای مارکوف.

مقدمه

در سال های اخیر رشد شهرنشینی در ایران و افزایش مهاجرت به شهرهای بزرگ کشور به ویژه تهران، باعث گسترش ناگهانی و غیرطبیعی این شهرها و تخریب زمین های حاصل خیز و منابع طبیعی شده و آسیب های جبران ناپذیری به طبیعت وارد کرده است. با افزایش جمعیت شهر تهران، رشد زیادی در اراضی ساخته شده در منطقه به وجود آمده است و باعث تغییرات زیاد کاربری ها در پیرامون شهر و تخریب زمین های حاصل خیز موجود در حومه شهر شده است؛ به گونه ای که ادامه این روند می تواند آسیب های جبران ناپذیری به منابع زیست محیطی منطقه وارد آورد.

آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت های انسانی در قسمت های مختلف آن و به بیان دیگر نحوه استفاده از زمین، به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه ریزی های مختلف از اهمیت ویژه ای برخوردار است. نقشه های پوشش اراضی حاصل از تصاویر ماهواره ای نقش مهمی در ارزیابی های منطقه ای و ملی ایفا می کنند [۱۴]. در طول دهه های گذشته داده های سنجنش از دور به علت تکرار دوره ای، تنوع طیفی و رادیومتریکی، دید یکپارچه و فرمت رقومی مناسب برای پردازش در کامپیوتر، منبع داده شگرف برای کاربردهای گوناگون از جمله تهیه نقشه های پوشش اراضی محسوب می شوند [۲۴]. با توجه به اینکه هدف اساسی فناوری سنجنش از دور شناسایی و تفکیک پدیده های زمین است، بنابراین طبقه بندی تصاویر ماهواره ای مهم ترین مرحله تفسیر اطلاعات ماهواره ای محسوب می شود. روش های مختلفی برای تهیه نقشه پوشش اراضی وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و محدودیت هایی هستند. انتخاب روش به هدف مطالعه و داده های در دسترس بستگی دارد [۱۹]. نرخ بالا و روزافزون تغییرات مکانی در بافت های مختلف از جمله شهری و ثابت بودن پوشش گیاهی به ویژه در کشورهای در حال توسعه، نیاز به یافتن تکنیکی کارآمد، سریع و قابل اعتماد جهت مدل سازی و مدیریت این تغییرات به ویژه باهدف بهنگام سازی پایگاه داده

بررسی کارایی مدل زنجیره ای مارکوف در برآورد تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره ای Landsat

پیام ابراهیمی^۱، مهدی اصلاح^۲ و جمیله سلیمی کوچی^۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۳۱

چکیده

در دهه های اخیر تغییرات سریع کاربری اراضی و پوشش زمین در حومه شهرهای بزرگ ایران به ویژه شهر تهران به عنوان پایتخت، با پیامدهای مهمی مثل تخریب منابع طبیعی، آلودگی های زیست محیطی و رشد نامناسب شهرها همراه بوده است. اطلاع از تغییرات کاربری و بررسی علل و عوامل آن ها در یک دوره زمانی خاص، می تواند بسیار مورد توجه برنامه ریزان و مدیران باشد. هدف از این تحقیق بررسی کارایی مدل زنجیره ای مارکوف درجه اول جهت برآورد تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای شهر تهران و حومه آن طی بازه زمانی ۳۰ سال می باشد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای چندزمانه لندست مربوط به سال های ۱۹۷۵، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۵ میلادی استفاده شده است. در ابتدا تصاویر موجود در سال های مذکور در شش کلاس و به روش حداکثر مشابهت طبقه بندی شدند. در مرحله ی بعد با استفاده از نقشه های پوشش زمین به دست آمده برای هر دوره ۱۵ ساله، ماتریس تبدیل وضعیت کلاس های پوشش زمین بین هر دو دوره زمانی محاسبه شد. در نهایت با استفاده از ماتریس تبدیل وضعیت دوره اول، نتایج تغییرات کاربری برای سال ۲۰۰۵ میلادی با کمک مدل زنجیره ای مارکوف پیش بینی شد. دقت پیش بینی با مدل زنجیره ای مارکوف، به کمک نقشه های کاربری موجود برای سال ۲۰۰۵ بررسی شدند. نتایج حاکی از آن است که بیشترین درصد اختلاف مربوط به کلاس اراضی مزروعی (۶۶/۶۲۲ درصد) بوده و کمترین درصد اختلاف در کلاس فضای سبز (۰/۰۵۵۱ درصد) دیده می شود. شایان ذکر است که در تمامی موارد بزرگی

۱- نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: ebrahimi1393@ut.ac.ir

۲- کارشناس ارشد سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

۳- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران

مکان مرجع در سیستم‌های اطلاعات را ایجاد می‌کند. با این وجود در عمل، بیشتر فرآیندهای آنالیز تغییرات مبتنی بر روش‌های سنتی نظیر کشف دستی تغییرات بر روی صفحه نمایش با مقایسه دو منبع توسط عامل انسانی می‌باشند که اغلب فرآیندی پرهزینه، زمان‌بر و وابسته به تخصص شخص خبره می‌باشد. با ارائه نسل جدید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا در حد یک متر و کمتر، افق جدیدی در زمینه کشف اتوماتیک تغییرات و بهنگام سازی پایگاه داده‌های مکانی گشوده شده است. اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی‌ها می‌باشد. با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی نموده و اقدامات مقتضی را انجام داد. در زمینه تعیین کاربری و پوشش اراضی تاکنون مطالعات زیادی در کشورمان صورت گرفته و استفاده از داده‌های ماهواره‌هایی همچون لندست و اسپات و IRS در تهیه این‌گونه نقشه‌ها تاکنون توسط بسیاری از متخصصین مورد تأیید قرار گرفته است. علوی پناه و همکاران برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه کوهستانی موک استان فارس از داده‌های رقومی سنجنده TM ماهواره لندست و سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره بردند که در این تحقیق باندهای ۳ و ۴ و ۵ و ۷ تصویر با روش حداکثر مشابهت در تولید نقشه مورد استفاده قرار گرفت و میزان صحت کلی نقشه ایجاد شده ۹۱/۷ درصد بود [۳].

فیضی زاده و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ نقشه کاربری اراضی شهرستان ملکان را استخراج نمودند. آنها برای طبقه‌بندی تصاویر از الگوریتم حداکثر مشابهت استفاده کرده و در نتیجه‌گیری قابلیت این روش را در طبقه‌بندی پوشش کاربری اراضی تأیید نمودند [۱۰].

همچنین در خصوص کارایی مدل زنجیره‌ای مارکوف بایستی مطرح کرد که با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف، نسبت تبدیل کاربری‌های مختلف و امکان پیش‌بینی آنها در آینده فراهم می‌شود [۱، ۱۶].

صادقی و همکاران برای آشکارسازی خودکار تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه مبتنی بر حد آستانه‌گذاری با الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات روش پیشنهادی همراه با چندین روش متداول حد آستانه‌گذاری روی دو سری داده تصاویر دوزمانه سنجنده TM مطرح نمودند. برای ارزیابی قابلیت تکنیک ارائه شده در این پژوهش از سه پارامتر زمان محاسبات، صحت آشکارسازی تغییرات و پایداری الگوریتم در برآورد حد آستانه بهینه استفاده شد [۱۸]. در برخی پژوهش‌ها کاهش‌ها و افزایش هر کاربری، تغییر خالص^۲، مناطق بدون تغییر^۳ و انتقال^۴ از هر کاربری به کاربری دیگر در طبقات گوناگون پوشش اراضی به صورت نقشه با قسمت آنالیز تغییرات مدل ارزیابی می‌شود [۲۱]. از این رو در این پژوهش با

1. Gain and Losses
2. Net Change
3. Persistence
4. Transition

استفاده از زنجیره مارکوف اقدام به پیش‌بینی تغییرات گذشته شده است زیرا در سال‌های اخیر کارایی این مدل در برآورد تغییرات کاربری و پوشش به اثبات رسیده است. با پیش‌بینی تغییرات کاربری می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص کرده و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد [۹، ۱۲، ۱۳].

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه واقع در استان تهران و دربرگیرنده بخش اعظم شهرستان‌های تهران، اسلامشهر، شهر ری و قسمت‌هایی از شهرستان‌های پاکدشت، رباط‌کریم، شمیرانات و شهریار می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از طول جغرافیایی ۱۷° ۰۵' تا ۳۶° ۳۷' شمالی و عرض جغرافیایی ۳۳° ۱۰' تا ۳۵° ۵۰' شمالی امتداد یافته است که دارای مساحتی در حدود ۲۱۴۲۵۱/۹ هکتار است و ارتفاع متوسط آن ۱۶۲۴ متر بالای سطح آزاد دریاها می‌باشد. بدیهی است که اهمیت شهر تهران به‌عنوان پایتخت کشور ایران، در دسترس بودن تصاویر و اطلاعات منطقه، رشد زیاد منطقه شهری در این ناحیه در دهه‌های اخیر و تبدیلات سریع کاربری‌ها در حومه شهر دلایل اصلی در انتخاب این منطقه بوده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

داده‌های مورد استفاده

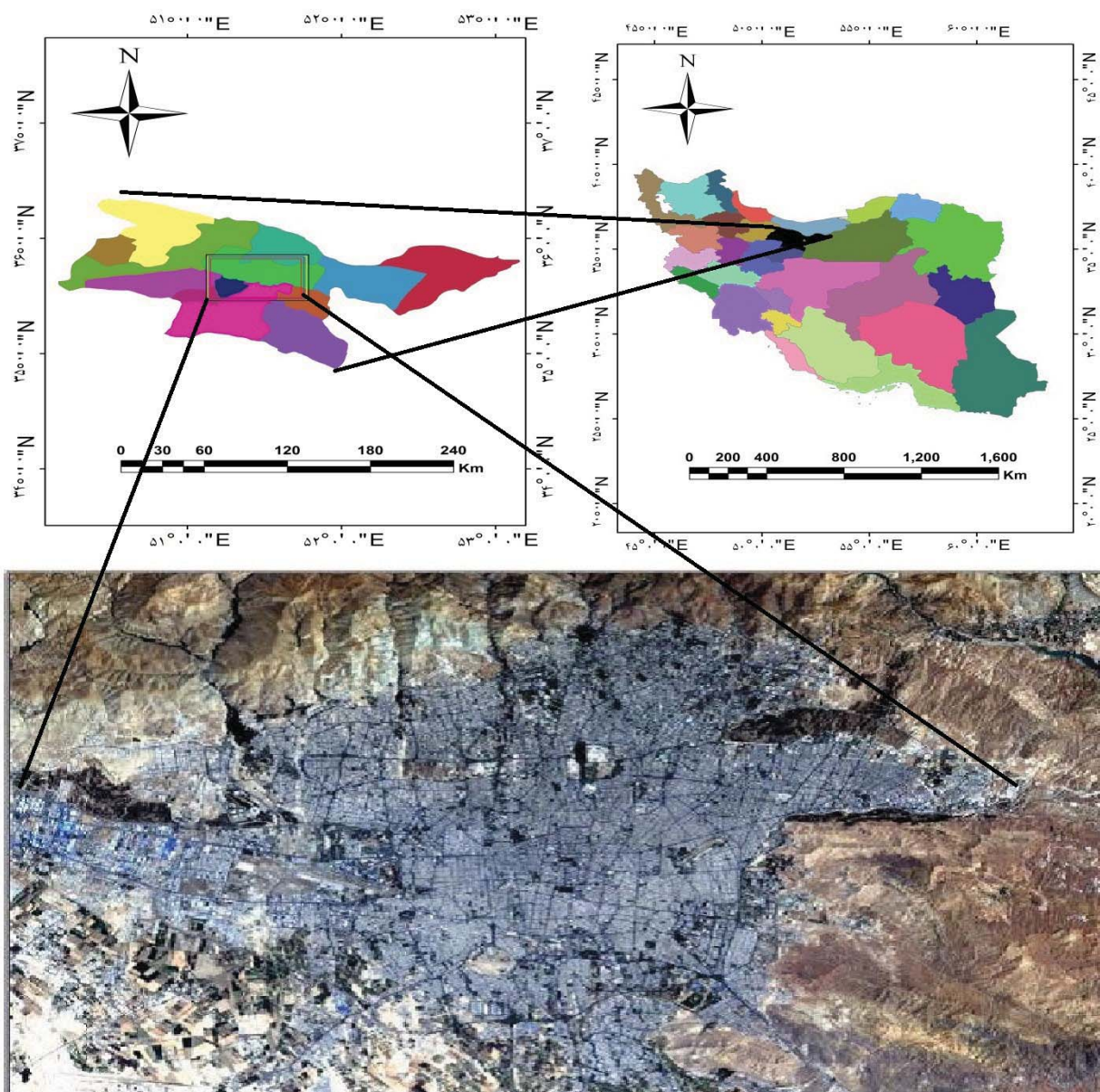
در این تحقیق از تصاویر سنجنده MSS ماهواره‌ی لندست مربوط به سال ۱۹۷۵ میلادی و سنجنده TM مربوط به سال ۱۹۹۰ میلادی و سنجنده ETM+ همین ماهواره مربوط به سال ۲۰۰۵ میلادی استفاده شده است.

روش کار

در این تحقیق از ماتریس تغییرات کاربری و مدل زنجیره‌ای مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین استفاده شده است.

اعمال تصحیحات

ارزش عددی هر پیکسل در تصاویر حاصل از سنجنش‌ازدور ثبت واقعی تابندگی پدیده‌های سطح زمین نیست. زیرا بر اثر جذب علامت‌ها تضعیف شده و یا اینکه پدیده‌های سطح زمین بر اثر پراکنش مسیر آنها تغییر می‌کند. تصاویر خام سنجنش‌ازدور همیشه دارای خطایی در مقدار ثبت شده برای پیکسل‌ها می‌باشند که خطای اتمسفری نامیده می‌شود. به‌منظور حذف خطاهای اتمسفری از روش نسبی یعنی تفریق تیره‌ترین پیکسل استفاده شد. برای این منظور ابتدا مناطق آبی موجود در تصاویر همانند دریاچه‌ها (دریاچه ورزشگاه آزادی و...) که در تصویر دیده می‌شدند را به‌عنوان تاریک‌ترین پیکسل در نظر گرفته و سپس با استفاده از نرم‌افزار ErdasImagin 9.1 اقدام به تصحیح اتمسفری شد. از آنجایی که تصاویر از قبل تصحیح هندسی نشده بود، مرحله تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ENVI 4.8 انجام شد. با توجه به اینکه هیچ نوع خطای رادیومتریکی در تصویر منطقه دیده نشد این مرحله حذف شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Geographical location of the study area.

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^3 SD_i}{\sum_{j=1}^3 |CC_j|} \quad (1)$$

مجموع انحراف معیارهای ۳ باند : $\sum_{i=1}^3 SD_i$
مجموع قدرمطلق ضرایب همبستگی بین ۲ باند از ۳ باند : $\sum_{j=1}^3 |CC_j|$
طبقه‌بندی تصاویر

به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آنها که دارای رفتار طیفی یکسانی باشد، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گفته می‌شود. به عبارتی طبقه‌بندی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هریک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی می‌باشد [۳]. در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای پیکسل‌هایی با

تعیین شاخص مطلوبیت

به‌منظور انتخاب بهترین ترکیب رنگی مناسب از شاخص مطلوبیت (OIF) استفاده می‌شود. ابتدا انحراف معیار باندهای تصاویر محاسبه و سپس میزان همبستگی آنها با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی^۱ مشخص شد. با داشتن مقادیر مذکور یعنی همبستگی و واریانس بین باندهای تصویر شاخص OIF برآورد شد. بالاترین مقدار OIF مربوط به بهترین تصویر رنگی بوده که دارای ضریب همبستگی کمتر و واریانس بالاتری است. شاخص مطلوبیت با توجه به رابطه زیر محاسبه می‌شود [۳]:

1. Principle Component Analysis

ارزش عددی یکسان در یک گروه قرار می گیرند. طبقه بندی تصاویر ماهواره ای به دو روش نظارت شده یا نظارت نشده^۱ انجام می گیرد. در طبقه بندی نظارت شده برای رده بندی پیکسل ها از نمونه های آموزشی^۲ استفاده می گردد، بدین معنی که با تعریف پیکسل های مشخصی از تصویر برای هر کدام از کلاس ها، عمل طبقه بندی در قالب کلاس های در نظر گرفته شده انجام می شود. سپس با استفاده از الگوریتم های خاصی عمل طبقه بندی انجام می شود که می توان به الگوریتم های حداکثر احتمال^۳، حداقل فاصله تا میانگین^۴ و بسیاری دیگر از روش های پارامتریک و ناپارامتریک اشاره کرد. در این پژوهش از روش حداکثر مشابهت استفاده شده است. در این روش ارزش بازتابی هر پیکسل ناشناخته بر اساس واریانس و کوواریانس آن به طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می شود و فرض بر این است که توزیع داده های هر طبقه بر اساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته اند. این فرض بر اساس تجارب حاصل از بازتاب انرژی از اجسام پذیرفته شده است. در عمل واریانس و کوواریانس و میانگین طبقه های مختلف هر تصویر ماهواره ای، برای طبقه بندی پدیده ها محاسبه می شود تا هر یک از پیکسل ها به طبقه ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است [۱۷، ۲۰].

آشکارسازی تغییرات^۵

جهت پی بردن به این مطلب که طی بازه ۳۰ ساله، تغییرات منطقه چگونه بوده و کدام کلاس ها گسترش و کدام یک کاهش داشته اند، از نقشه های طبقه بندی استفاده شده است. با مقایسه این نقشه ها و جدول تقاطعی بدست آمده، نقشه و تغییرات هر کلاس مشخص و محاسبه شده است.

مدل زنجیره ای مارکوف

تحلیل زنجیره ای مارکوف

زنجیره های مارکوف کاربردهای گسترده ای در مدل کردن تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای مناطق شهری و غیرشهری داشته اند [۲۳]. در بیشتر پژوهش ها درجه مارکوف برابر با یک و حالت ایستایی با زمان را برای مدل مارکوف قائل بوده اند [۲] و فقط تعداد محدودی از آنها ایستایی یا درجه مارکوف را برای منطقه مطالعاتی آزمایش کرده اند [۷]. در تحلیلی زنجیره مارکوف از کلاس های پوشش به عنوان حالت یا همان وضعیت های زنجیر استفاده شده است. در این تحلیل همواره از دو نقشه رستری استفاده می شود که ورودی های مدل نامیده می شوند. علاوه بر این دو نقشه، فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش بینی نیز در مدل در نظر گرفته می شود. خروجی مدل نیز شامل احتمالات تبدیل وضعیت،

ماتریس مساحت های تبدیل شده^۶ هر کلاس و درنهایت تصاویر احتمالات شرطی^۷ برای تبدیل کاربری های مختلف است [۱۱، ۲۲].

ورودی های اولیه مدل مارکوف

تصاویر طبقه بندی شده سال های ۱۹۷۵ و ۱۹۹۰ و ۲۰۰۵ میلادی به عنوان نقشه های پوشش برای تهیه ماتریس تبدیل وضعیت به کاربرده شده است. فاصله زمانی هر دو تصویر ۱۵ سال بود که همین بازه زمانی نیز برای پیش بینی تغییر کاربری استفاده شده است.

ماتریس تبدیل وضعیت

با استفاده از نقشه های پوشش زمین بدست آمده برای هر دوره، ماتریس تبدیل وضعیت کلاس های پوشش زمین بین هر دو دوره زمانی محاسبه شده است. از نقشه های پوشش سال های ۱۹۷۵ و ۱۹۹۰ میلادی ماتریس تبدیل وضعیت اول و از نقشه های پوشش سال های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۵ میلادی ماتریس تبدیل وضعیت دوم و درنهایت بین سال های ۱۹۷۵ و ۲۰۰۵ میلادی نیز یک ماتریس تبدیل وضعیت کلی محاسبه شده است. این ماتریس ها حاوی اطلاعات درصد تبدیل هر کلاس به سایر کلاس ها هستند.

نتایج و بحث

دقت طبقه بندی تصاویر

دقت طبقه بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه استخراج شده می باشد [۵]. معمول ترین عوامل دقت شامل دقت کلی، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و ضریب کاپا می باشد [۱۵]. از نظر تئوری احتمالات دقت کلی نمی تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتیجه طبقه بندی باشد چراکه در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. دقت کلی از جمع عناصر اصلی خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل ها و طبق رابطه زیر بدست می آید [۴]:

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ij} \quad (2)$$

OA: دقت کلی

N: تعداد پیکسل های آزمایشی

P_{ij} : جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا

به دلیل ایرادات وارده بر دقت کلی اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه بندی مدنظر است از شاخص کاپا استفاده می شود. چون شاخص کاپا پیکسل های نادرست طبقه بندی شده را مدنظر قرار می دهد. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می شود [۸].

$$kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} * 100 \quad (3)$$

P_o : درستی مشاهده شده

P_c : توافق مورد انتظار

نتایج مربوط به برآورد دقت طبقه بندی ها در جدول شماره ۱ آمده است. دقت طبقه بندی ها به طور کلی بیش از ۸۵ درصد و برای استفاده

1. Supervised & Unsupervised
2. Training Data
3. Maximum Likelihood
4. Minimum Distance
5. Change Detection

6. Transition Areas Matrix
7. Conditional Probability Images

جدول ۱- دقت کلی و شاخص کاپا برای تصاویر مورد استفاده

Table 1. Overall accuracy and Kappa index for image use			
سال	تصویر	دقت کلی	شاخص
Year	Image	Overall	Kappa
		Accuracy	Coefficient
1975	MSS	0.90	0.88
1990	TM	0.91	0.89
2005	ETM+	0.91	0.89

در مدل مارکوف مناسب است.

آشکارسازی تغییرات

تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امکان آشکارسازی تغییرات آن را در طول یک دوره فراهم می‌سازد. روش‌های مختلفی نیز برای آشکارسازی تغییرات وجود دارد برای ارزیابی دقت تکنیک‌های آشکار سازی تغییرات، از نقشه واقعیت زمینی و بازدیدهای زمینی استفاده شد و دقت کل و ضریب کاپا برای هر کدام محاسبه شد. آشکارسازی صحیح و آنی تغییرات پوشش

و کاربری اراضی از موضوعات مهم حوزه برنامه‌ریزی و مدیریت اراضی به‌شمار می‌آید. یکی از روش‌های متداول شناسایی تغییرات، آنالیز تصاویر سنجش از دوری با تکنیک‌هایی نظیر حد آستانه‌گذاری تصویر اختلاف است. روش‌های متداول حد آستانه‌گذاری، عموماً مبتنی بر جست‌وجوی فراگیر و مستلزم صرف هزینه محاسباتی بالایی هستند. از طرفی، ماهیت تک‌بعدی آنها سبب می‌شود تا در حل مسائل چندبعدی - همچون حد آستانه‌گذاری تصاویر چندطیفی سنجش از دوری - زمان محاسبات به‌طور نمایی افزایش یابد. آمار مربوط به مساحت و میزان تغییرات به وقوع پیوسته در زمان‌های مختلف در جدول شماره ۲ و شکل ۲ نشان داده شده است.

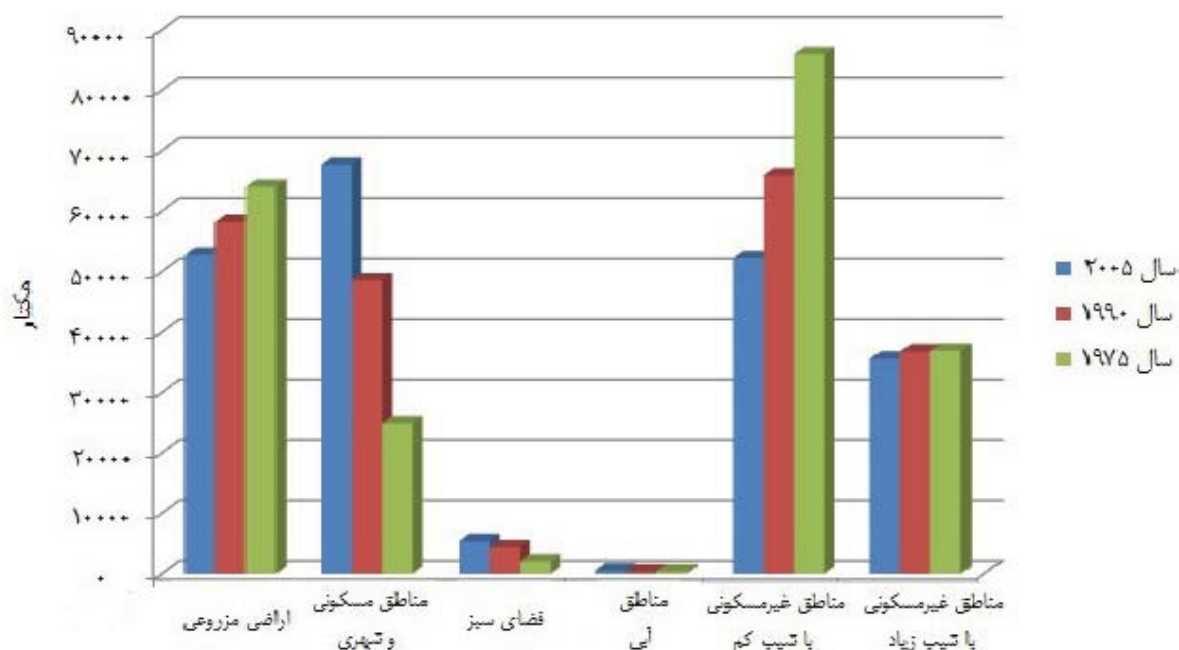
نتایج تحلیل زنجیره‌های مارکوف

درنهایت با استفاده از ماتریس تبدیل وضعیت دوره اول، نتایج تغییرات کاربری برای سال ۲۰۰۵ میلادی پیش‌بینی شد. در جدول ۳ نتایج مربوط به ارزیابی دقت پیش‌بینی با مدل زنجیره‌ای مارکوف، به کمک نقشه‌های کاربری موجود برای سال ۲۰۰۵ آورده شده است. درصد اختلاف بین کلاس‌های مختلف متفاوت می‌باشد. بیشترین درصد اختلاف مربوط به کلاس اراضی مزروعی بوده و کمترین

جدول ۲- مساحت کلاس‌های مختلف کاربری در سه تاریخ موردبررسی (هکتار)

Table 2. User classes in the history of the area studied (ha)

2005		1990		1975		سال year
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	نام کلاس Class Name
Percent	Area	Percent	Area	Percent	Area	
0.246	52784.42	0.271	58241.52	0.298	64051.85	اراضی مزروعی Agriculture
0.315	67693.89	0.226	48559.47	0.116	24891.99	مناطق مسکونی و شهری City
0.025	5412.33	0.020	4416.11	0.009	2065.02	فضای سبز Green Space
0.002	534.85	0.001	379.65	0.001	386.55	مناطق آبی Water
0.243	52232.74	0.307	65897.68	0.401	85970.96	مناطق غیرمسکونی با شیب کم Non-residential areas with low slope
0.166	35593.69	0.171	36757.44	0.172	36885.50	مناطق غیرمسکونی با شیب زیاد Non-residential areas with High slope
1	214251.9	1	214251.9	1	214251.9	مجموع SUM



شکل ۲- تغییرات کلاس‌های مختلف کاربری نسبت به هم در سه تاریخ موردبررسی (هکتار)

Figure 2. User classes in the history of the area studied (ha)

جدول ۳- مقایسه مساحت‌های پیش‌بینی شده توسط مدل مارکوف و مساحت‌های استخراج شده از نقشه کاربری در سال ۲۰۰۵ میلادی (هکتار)

Table 3. Compare areas predicted by Markov model and the areas extracted from land use map in 2005 (ha)

مجموع SUM	مناطق غیرمسکونی با شیب زیاد Non-residential areas with High slope	مناطق غیرمسکونی با شیب کم Non-residential areas with low slope	مناطق آبی Water	فضای سبز Green Space	مناطق مسکونی و شهری City	اراضی مزرععی Agriculture	نام کلاس Class Name
214251.9	35593.69	52232.74	534.85	5412.33	67693.89	52784.42	مساحت استخراج شده از نقشه کاربری Area extracted from land use map
214251.9	35899.91	52986.95	522.99	5400.52	68041.61	51399.88	مساحت پیش‌بینی شده توسط مدل Area predicted by the model
0	306.22	754.21	-11.86	-11.81	347.72	-1384.54	اختلاف بین مساحت‌ها The difference between the areas
0	0.142925	0.35202	-0.00554	-0.00551	0.162295	-0.6422	درصد اختلاف Difference%

مفید و قابل استفاده بودن مدل مارکوف و همچنین صحت آن را در پیش‌بینی تغییرات کاربری به خوبی توجیه می‌کند [۶].

نتیجه‌گیری

رشد روزافزون شهر تهران و مهاجرت‌های گسترده به آن طی سال‌های اخیر، تخریب جبران‌ناپذیری را به اراضی کشاورزی و اراضی دست‌نخورده‌ی حومه شهر وارد آورده است. این اطلاعات

درصد اختلاف در کلاس فضای سبز دیده می‌شود. مقادیر منفی درصد اختلاف کلاس‌ها، نشان‌دهنده‌ی این است که مدل مارکوف مساحت کلاس را کمتر از مساحت تعیین شده توسط نقشه‌های موجود برآورد کرده است و مقادیر مثبت بر این دلالت دارد که مدل مذکور این مساحت را بیش از مساحت تعیین شده توسط نقشه‌های موجود پیش‌بینی نموده است. شایان ذکر است که در تمامی موارد بزرگی این اختلافات به طور کلی کمتر از ۷ درصد بوده که این رقم،

(In Persian).

2. Afgahi, M. H. 1997. Introduction to random processes. Tehran Press. 252pp. (In Persian).

3. Alavi panah, S. K., and Masoudi, M. 1996. Digital satellite mapping land use data from Landsat and GIS in Mook Case Study of Fars Province. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 7 (1): 76-65(In Persian).

4. Alavi panah, S. K. 2005. Application Remote Sensing in the Earth sciences. Tehran University Press, 487 pages. (In Persian).

5. Anderson, J. R.; E. Hady; E.J. Roach, T. Wetter and E. Richard. 1976. Lands cover classification system for use with remote sensor data. United States Government Printing Office, Washington. Pages 80– 85

6. Baker W. L. 1989. A review of models of landscape change. Landscape Ecology 2, pp. 111-133.

7. Bell, E. J. 1974. Markov analysis of land use change: Application of stochastic processes to remotely sensed data. Socioeconomic Planning Sciences 8, pp. 311–316.

8. Bonyad. A. A., and Vaji ghaderi, T. 2007. Natural forest map of Zanjan Province Using Landsat ETM + data Landsat 7 Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 42 (11), 638-627. (In Persian).

9. Brown, D. G, B. C. Pijanowski, and J. D. Duh. 2000. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. Journal of Environmental Management 59, 247-263.

10. Fayzi zadeh, B., Aziz, H., and Valizadeh, K. 2007. extracted using satellite images Landsat 7. MALEKAN city land use planning magazine. 3: 1-10. (In Persian).

11. Gilks W. R. 1996. Markov Chain Monte Carlo in Practice. Chapman & Hall/CRC.

12. Hathout, S. 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. Journal of Environmental Management 66, PP. 229-238.

13. Jenerette, G. Darrel, Wu, Jianguo. 2001. Analysis and simulation of land use change in the central

با نگاهی گذرا به نتایج آشکارسازی تغییرات در دوره مطالعاتی ۳۰ ساله مشهود است و ادامه این روند می تواند تشدید آسیب های زیست محیطی و کاهش هرچه بیشتر سطح زمین های کشاورزی در منطقه را منجر شود.

چنانچه در مطالعه تغییرات کاربری های اراضی در یک منطقه تا حد امکان سعی شود از تصاویری که در یک ماه از سال گرفته شده اند استفاده شود، تغییرات مربوط به فصل رشد گیاه حداقل بوده و به عنوان تخریب تلقی نمی گردد. حتی اگر شرایط جوی آب و هوا در سال های قبل که تصاویر در آن تهیه شده اند را مورد بررسی قرار دهیم بسیار مناسب خواهد بود چراکه ممکن است در ماه خاصی از سال مورد نظر شرایط آب و هوایی دچار دگرگونی شده باشد و در نتایج نهایی خلل ایجاد کند.

در بررسی میزان پوشش گیاهی شهر تهران توجه به نکته ایی حائز اهمیت است و آن هم این است که مناطق کشاورزی که در اطراف شهر تهران قرار دارند از لحاظ تصاویر ماهواره ای جزو پوشش گیاهی محسوب می شوند ولی در عمل پوشش گیاهی درخت و پارک تفاوت بسیاری با پوشش گیاهی منطقه کشاورزی دارد، از این رو در صورتی که تصاویری با قدرت تفکیک بالاتر در اختیار قرار گیرد می توان این مناطق را تفکیک و طبقه بندی و در نهایت دقت پیش بینی های را بالا برد.

هر چند که نتایج پیش بینی با ماتریس تبدیل کاربری با داده های نقشه های موجود اختلافاتی را نشان می دهد، اما به دلیل قابل توجه نبودن خطاها، به جرئت می توان گفت که مدل مارکوف برای پیش بینی تغییر کاربری قابلیت خوبی دارد. چنانچه انتظار می رود ماتریس تبدیل کاربری با زمان عدم ایستایی دارد که ناشی از شبیه نبودن تغییرات و فرآیندهای تبدیل کاربری در دوره های مختلف است. البته با توجه به اینکه اغلب هدف پیش بینی تغییر کاربری، ارزیابی پیامدهای سناریوهای مختلف به ویژه ادامه روند موجود است؛ نتایج این پیش بینی ها به رغم اختلاف نسبت به آنچه در آینده اتفاق خواهد افتاد، می تواند هشدار برای وضعیت کاربری ها در آینده باشد.

در پیش بینی تغییرات کاربری و پوشش با استفاده از مدل زنجیره ای مارکوف، چنانچه بازه های زمانی بین دو تصویر مورد استفاده جهت تشکیل ماتریس تبدیل وضعیت طولانی تر بوده و داده های مورد استفاده دقت و صحت بالاتری داشته باشند، همچنین از چندین دوره ماتریس تبدیل وضعیت استفاده گردد نتایج پیش بینی شده توسط مدل به واقعیت های زمینی نزدیک تر خواهند بود.

منابع

1. Abdulmajid, N. 2002. Analysis and evaluation of land use and land cover changes using Remote Sensing data and geographical information systems in Golestan province. Graduate thesis Remote Sensing and GIS. Tarbiat Modares University. 107pp.

21. Vaclavik, T. and Rogan, J., 2009. Identifying trends in land use / land cover changes in the context of post socialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. *GIS science & Remote Sensing* 46 (1), 54–76.
22. Weng, Q. 2002. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modeling. *Journal of Environmental Management* 64, PP. 273-284.
23. Wu, Qiong, Li, Hong-qing, Wang, Ru-song., Paulussen, Juergen, He, Yong, Wang, Min, Wang, Bi-hui, Wang, zhen. 2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS, *Landscape and urban planning*, Article in press.
24. Zhang, Zh., V. Lieven, C. Eva De, X. Ou and De.W. Robert. 2008. Vegetation change detection using artificial neural networks with ancillary data in Xishuangbanna, Yunnan Province, China. *Chin. Sci. Bull.* 52 (2): 232-243.
- Arizona-Phoenix region, USA. *Landscape ecology* 16: PP. 611-626.
14. Knorn, J., A. Rabe, C.V. Radeloff, T. Kuemmerle, J. Kozak and P. Hostert. 2009. Land cover mapping of larg areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sens. Environ.* 113: 957– 964.
15. Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E. and Moran, E. 2004. Change detection techniques. *INT. J. remote sensing*, 20 june, 2004, VOL. 25, NO. 12, 2365–2407.
16. Muller, M. R. and J. Middleton. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology* 9, PP. 151-157.
17. Rabii, H. 1993. *Remote Sensing, Principles and Applications*. Samt Press. Tehran. 302pp.
18. Sadeghi, V., Ebadi, H., Sahebi, M., Maghsoudi, Y., and Farnoud Ahmadi, F. 2014. Automatic detection of changes in the threshold-based multi temporal satellite images with Particle Swarm Optimization algorithm. *Journal of Remote Sensing and GIS Iran*. 17-34. (In Persian).
19. Safanian, A., and Modnian, M. 2010. classification methods of maximum likelihood and minimum distance to mean the mapping of land cover (Case Study: Isfahan Province). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences*, 15, 57: 253-264. (In Persian).
20. Tso. B. and P.M. Mather. 2009. *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. Chapter 2-3. 2nd ed., Taylor and Francis Pub., America.

*Abstract***Investigation of Markov Chain Model Efficiency for Estimating Land use and Land cover Changes Using Landsat Satellite Images**P. Ebrahim¹, M. Eslah² and J. Salimi Kochi³

Received: 2015/11/21 Accepted: 2016/08/21

In recent decades, rapid changes of land use and land cover in the suburbs of major cities in Iran, especially Tehran, has been growing with important consequences such as the degrading of natural resources, environmental pollution and poor growth of cities. Land use changes and investigation of their causes and factors in a certain time period can be very important for planners and managers. Purpose of this research is investigation of first grade Markov chain model efficiency for estimating land use changes and land cover for Tehran and its suburbs during the period of 30 years. In this research, multi-temporal LANDSAT satellite images of 1975, 1990 and 2005 were used. Initially, these images were classified into six classes and to the maximum likelihood method. Then, using land cover maps obtained for each period of 15 years, the transformation matrix for land cover classes were calculated between each both time periods. Finally, using the matrix of the first period, the results of land use change for 2005 was predicted by Markov chain model. Accuracy of the prediction model with Markov chain model was checked using the existing land use maps for 2005. The results showed that the highest percentage of difference is related to erodible land class (0.64622 percent) and the lowest percentage of difference is seen in green space class (0.00551 percent). It is worth to be noted that in all cases the magnitude of these differences was generally less than 7%, that this number is justified the useful and usable Markov model and its accuracy to predict changes well.

Keywords: *Changes detection, Images classification, Landsat images, Markov chain model, Tehran.*

1. Ph.D Student of Watershed Management, Tehran University, Natural Resources College. Corresponding Author, Email: Ebrahimi1393@ut.ac.ir.

2. MA. of Geographic Information System & Remote Sensing.

3. Ph.D Student of Watershed Management, Tehran University, Natural Resources College.