



## پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از مدل مارکوف (مطالعه موردی: منطقه ۴ شهرداری تهران)

منا سرودی<sup>۱\*</sup>، سید علی جوزی<sup>۲</sup>

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران  
۲. استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

### مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۷ مرداد ۱۳۹۰

پذیرش: ۲۳ شهریور ۱۳۹۰

دسترسی اینترنتی: ۲۵ مهر ۱۳۹۰

واژه‌های کلیدی:

پوشش گیاهی

سنجش از دور

مدل مارکوف

شاخص NDVI

منطقه ۴ شهرداری تهران

### چکیده

با توجه به کارکردهای مختلف پوشش گیاهی، بررسی تغییرات زمانی- مکانی آن، جزء اساسی از مطالعات محیط زیست شهری و حومه شهری است. در این مطالعه، با هدف بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه ۴ شهرداری تهران، از شاخص NDVI و تصاویر TM و IRS متعلق به سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ میلادی استفاده و نقشه‌های پوشش گیاهی منطقه با تأکید بر درجات مختلف سرسبزی تهیه گردید. مقایسه وسعت کلاس‌های سرسبزی نقشه‌های پوشش گیاهی منطقه نشان داد که وسعت اراضی بدون پوشش به میزان ۱۷۷۹/۹۱۷ هکتار و اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی متوسط ۲۷۲/۷۹۳۸ هکتار افزایش و وسعت اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف به میزان ۲۰۵۲/۷۱۰۸ هکتار کاهش یافته است. همچنین به منظور بررسی رویه تغییرات، تکنیک بررسی تغییرات پس از طبقه‌بندی اجرا گردید. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که با تبدیل اراضی بدون پوشش به اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف و متوسط، بر وسعت اراضی تحت پوشش گیاهی منطقه به میزان ۱۰۸/۴۴۱۶ هکتار افزوده شده که با توجه به تبدیل ۱۸۸۸/۳۵۸۶ هکتار از اراضی دارای پوشش گیاهی به اراضی بدون پوشش، نهایتاً از وسعت اراضی تحت پوشش گیاهی ۱۷۷۹/۹۱۷ هکتار کاسته شده است. همچنین به کارگیری مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی منطقه تا افق ۱۴۰۴ نشان می‌دهد که بیشترین احتمال تخریب در اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف دیده می‌شود و مقدار عددی آن ۰/۰۱۶۷ می‌باشد.

## مقدمه

مطابق با مطالعات بانک جهانی، تا سال ۲۰۳۰ گسترش شهرهای جهان، ۲/۵ برابر خواهد شد (۷). به طوری که تا سال ۲۰۱۵ بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی خواهند کرد (۲۴). همزمان با رشد روز افزون شهرنشینی و توسعه فیزیکی شهرها و با توجه به کارکردهای مختلف پوشش گیاهی، بررسی تغییرات زمانی- مکانی (Spatial-temporal distribution) آن، جزء بنیادی از محیط زیست شهری و حومه شهری است. به طوری که امروزه از جمله مشکلات حاد موجود، می توان به تغییرات بدون برنامه- ریزی کاربری اراضی- پوشش گیاهی اشاره نمود. با توجه به آنکه تغییرات در کاربری اراضی- پوشش گیاهی در سطوح وسیع و گسترده صورت می گیرد لذا فناوری سنجش از دور یک ابزار مهم در بررسی و پایش تغییرات آن می باشد (۱). این فناوری به کمک تصاویر ماهواره ای، منبع مهمی از داده های مربوط به کاربری و پوشش اراضی (Land use/ Land cover) را فراهم می کند که می تواند در نظارت بر تغییرات آن ها به گونه ای مؤثر مورد استفاده قرار گیرد (۲۲). خصوصیات نظیر فراهم ساختن دید وسیع و یک پارچه از منطقه، تکرار پذیری، تسهیل جمع آوری اطلاعات و صرفه جویی در زمان از جمله ویژگی هایی است که استفاده از اطلاعات کسب شده به کمک فناوری سنجش از دور را برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی نسبت به سایر روش ها ارجحیت می بخشد (۱۴). از جمله روش های موجود در بررسی این تغییرات با استفاده از فناوری سنجش از دور، بکارگیری شاخص های پوشش گیاهی است. در این میان، شاخص NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) یکی از پرکاربردترین شاخص های گیاهی در مطالعات گوناگون در دو دهه گذشته است (۱۵، ۱۸ و ۱۹). تجزیه و تحلیل سری های زمانی NDVI، جهت نظارت دقیق و دراز مدت تغییرات پوشش گیاهی مناسب می باشد (۲۰). مطالعات زیادی با استفاده از شاخص مذکور بر روی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق شهری انجام شده است که از آن جمله می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

عبدالهی و همکاران (۵) با تهیه نقشه های پوشش گیاهی با استفاده از NDVI و تعریف درجات مختلف سرسبزی، اقدام به مطالعه نحوه تغییر کاربری اراضی، تغییر پوشش گیاهی و تغییرات دما در دو منطقه شهری و غیرشهری اردکان در استان یزد در طی سال های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ نمودند. همچنین در مطالعه ای دیگر عبدالهی و همکاران (۴) با به کارگیری روش مذکور، تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی در شهرهای اردکان، تفت، طبس و مهریز در طی سال های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ بررسی نمودند.

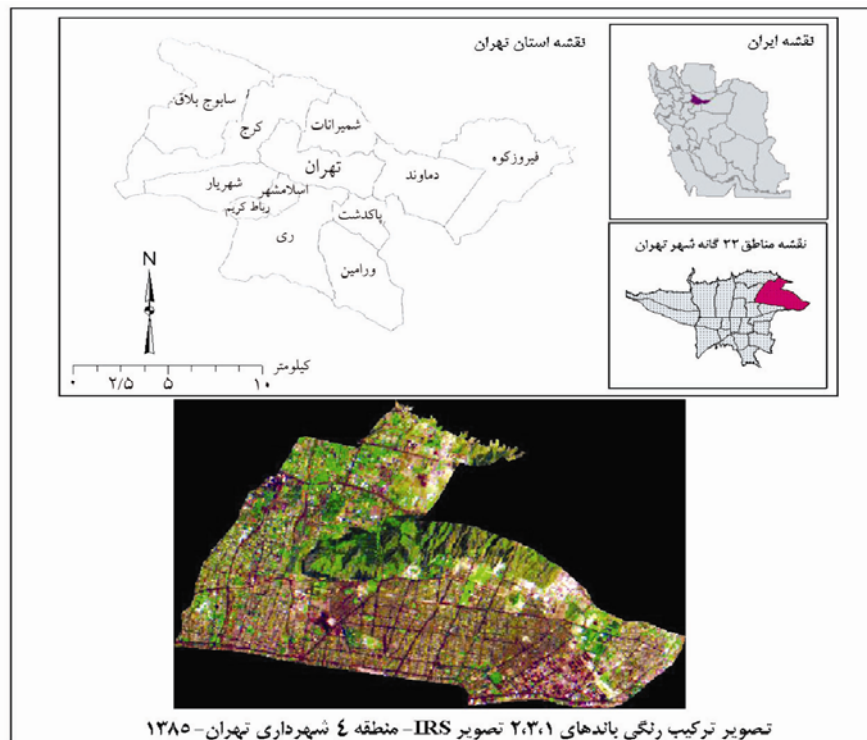
رفیعی و همکاران (۲۲)، در ارزیابی تغییرات فضای سبز شهر مشهد، جولین و همکاران (۱۶)، در بررسی رابطه میان تغییرات دمای سطح زمین و مقادیر NDVI در اروپا در فاصله سال های ۱۹۸۲ و ۱۹۹۹، ویس و همکاران (۲۵)، در نظارت درازمدت پوشش گیاهی در نواحی نیمه خشک نیومکزیکو، چن و همکاران (۱۰) در ارزیابی رابطه میان پدیده جزیره حرارتی شهری و تغییرات کاربری و پوشش اراضی، رودگرمی و همکاران (۳) در پایش بینی اثرات زیست محطی توسعه در شهر رباط کریم با اهداف مختلف و روش های گوناگون از شاخص NDVI در مطالعه پوشش گیاهی شهری بهره برده اند. در مطالعه دیگری مویبا و همکاران (۲۱) با استفاده از مدل مارکوف به پایش بینی تغییرات پوشش گیاهی در ناکورا، بلات (۹) و بالتر (۸) به بررسی پویایی پوشش گیاهی پرداختند.

هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات پوشش گیاهی با تأکید بر تغییرات سرسبزی پوشش گیاهی منطقه ۴ شهرداری تهران در یک دوره زمانی ۱۶ ساله (۱۳۸۵-۱۳۶۹) با استفاده از تصاویر ماهواره ای و پایش بینی تغییرات با استفاده از مدل مارکو تا افق ۱۴۰۴ که ایران به عنوان قطب علمی و اقتصادی منطقه مطرح خواهد شد، است.

## مواد و روش ها

## منطقه مورد مطالعه

منطقه ۴ به عنوان یکی از پرجمعیت ترین، مهاجرپذیرترین، پرساخت و سازترین مناطق تهران شناخته شده است. این منطقه بین طول های ۵۱° ۳۱' ۰۰" تا ۵۱° ۳۲' ۳۷" شرقی و عرض های ۳۵° ۲۶' ۲۶" تا ۳۵° ۴۸' ۴۲" شمالی واقع شده است. موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح کشور، استان و شهر تهران در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

### پیش پردازش تصاویر

در این مطالعه تصاویر بدون ابر سنجنده TM ماهواره لندست با قدرت تفکیک ۲۸/۵ متر و سنجنده LISSIII ماهواره IRS با قدرت تفکیک ۲۳/۵ متر، به ترتیب متعلق به ماه June سال‌های (۱۳۶۹) ۱۹۹۰ و ۲۰۰۶ (۱۳۸۵) میلادی تهیه شد. لازم به ذکر است که در این زمان، پوشش گیاهی منطقه تقریباً در شرایط حداکثر رشد می‌باشد. در این مطالعه، تصحیح هندسی تصویر سال ۱۳۶۹ با استفاده از تصویر سال ۱۳۸۵ که خود زمین مرجع شده و دارای سیستم تصویر UTM (Universal Transverse Mercator) بود با استفاده از روش Affine و در محیط نرم افزار ERDAS IMAGIN 9.1 صورت پذیرفت. مقدار ریشه متوسط مربع خطا (Root mean square errors) برابر ۰/۲۸ محاسبه و دو تصویر بر یکدیگر منطبق گردید. در تصحیح هندسی، مقدار ریشه متوسط مربع خطا قابل قبول، کمتر از ۰/۵ پیکسل می‌باشد (۲۳). در ادامه عملیات نمونه‌گیری مجدد با استفاده از تابع نزدیکترین همسایه (Nearest Neighborhood) به منظور یکسان سازی اندازه پیکسل‌های تصاویر و تبدیل آن‌ها به ۳۰ متر انجام گرفت. همچنین

به منظور کاهش اثر گرد و غبار و ذرات معلق از مدل کاست (Cost Model) در نرم افزار IDRISI ANDES 15.0 استفاده گردید.

### شاخص NDVI

جهت بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه، از شاخص NDVI استفاده گردید. این شاخص به طور گسترده و مبتنی بر ارزش‌های طیفی در شناسایی شرایط رشد پوشش گیاهی به کار گرفته شده است (۱۵، ۱۸، ۱۹). نسبت باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک که به ترتیب نشان دهنده بازتابش امواج در باند موج قرمز مرئی و باند موج مادون قرمز رادیومتری ماهواره می‌باشد، در بررسی شرایط و نقشه سازی پوشش گیاهی به کار برده می‌شود. زیرا این دو طول موج قویاً به وسیله گیاهان بازتابیده و جذب می‌شوند. در این روش نسبت گیری، دامنه تغییرات مقادیر NDVI -۱ تا +۱ می‌باشد. مقدار عددی زیاد نشان دهنده پوشش گیاهی سالم بوده و مقدار عددی کم دلالت بر پوشش گیاهی ناسالم و یا تحت استرس همانند شرایط اراضی بدون پوشش گیاهی دارد (۱۷).

جدول ۱. طبقه‌بندی مقادیر NDVI به کلاس‌های سرسبزی

سرنجنده	اراضی بدون پوشش گیاهی	پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف	پوشش گیاهی با درجه سرسبزی متوسط
TM	-۰/۱۸-۰	۰-۰/۳	۰/۳-۰/۵۹
IRS	-۰/۵۴-۰	۰-۰/۲۲	۰/۲۲-۰/۴۷

### ارزیابی دقت نقشه‌ها

به منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تهیه شده، با توجه به آشنایی با منطقه مورد مطالعه و به کمک تفسیر چشمی تصویر رنگی کاذب (TM(RGB:432) و IRS(RGB:231) اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های تعلیمی با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه (۱:۲۵۰۰۰) متعلق به سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ گردید. بدین ترتیب با در اختیار داشتن ۲۰۰ نمونه تعلیمی و در نظر گرفتن دو کلاس کلی اراضی فاقد پوشش گیاهی و اراضی دارای پوشش گیاهی، از روش پیشنهادی دلپیان و اسمیت (۱۱) صحت نقشه‌های تولیدی ارزیابی گردید (رابطه ۱).

$$OA = \frac{1}{N(\sum P_{ii})} \quad [1]$$

که در این رابطه: OA دقت کلی، N تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی،  $\sum P_{ii}$  مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده است. همچنین ضریب کاپا از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad [2]$$

که در آن  $P_o$  درستی مشاهده شده و  $P_c$  توافق مورد انتظار می‌باشند (۱).

### مدل مارکو (Markov)

مدل مارکو شامل زنجیره متوالی از متغیرهای تصادفی  $X_1, X_2, X_3, \dots$  می‌باشد به عبارت دیگر، اگر مجموعه‌ای از حالات را به صورت  $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_r\}$  داشته باشیم،  $P_{ij}$  از رابطه محاسبه می‌گردد:

$$p_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^r P_{ik} P_{kj} \quad [3]$$

در این رابطه:  $P_{ij}^{(n)}$  احتمال رفتن از حالت i به حالت j را پس از n گام نشان می‌دهد.

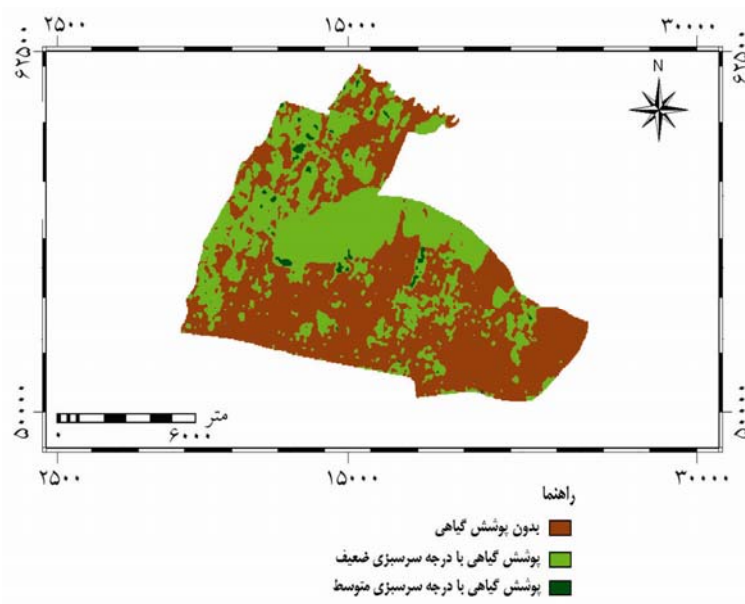
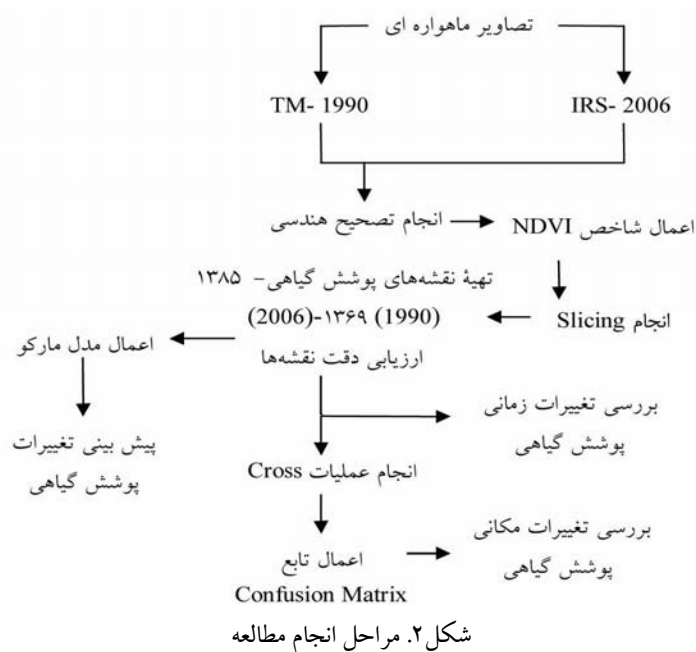
به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه ۴ شهرداری تهران اقدام به تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه با تأکید بر درجات مختلف سرسبزی گردید. بدین منظور و با هدف افزایش دقت، مقادیر NDVI به کلاس‌های مساوی تقسیم نگردید بلکه با توجه به تغییرات شیب هیستوگرام‌های به دست آمده از اعمال شاخص NDVI بر روی تصاویر، تقسیم‌بندی مقادیر این شاخص مطابق با جدول ۱ به سه کلاس بدون پوشش، پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف و متوسط با استفاده از روش طبقه‌بندی (Slicing) در محیط نرم افزاری ILWIS 3.3 صورت پذیرفت. این روش از جمله روش‌های پر کاربرد بوده و در مطالعات عبدالهی و همکاران (۴ و ۵)، اسدالهی (۲) و فاطمی و رضایی (۶) نیز از این روش استفاده شده است. در این روش می‌توان با دقت و با توجه به تغییر شیب هیستوگرام‌های به دست آمده که نشان دهنده تغییر رفتار طیفی پوشش گیاهی می‌باشد، تقسیم‌بندی مقادیر NDVI را انجام داد.

همچنین به منظور بررسی رویه تغییرات پوشش گیاهی از تکنیک بررسی تغییرات پس از طبقه‌بندی (Post Classification Change Detection Technique) استفاده شد. بدین منظور عملیات Cross بر روی نقشه‌های پوشش گیاهی به دست آمده انجام و تابع Confusion Matrix در محیط نرم افزاری ILWIS 3.3 اعمال گردید. لازم به ذکر است که تکنیک بررسی تغییرات پس از طبقه‌بندی، در بسیاری از تحقیقات پیرامون محیط زیست شهری به گونه موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۲). در این روش، تصویر حاصل در بر دارنده کلاس‌هایی است که نشان دهنده تبدیلات هر یک از کلاس‌ها به کلاس‌های دیگر در بازه زمانی مورد مطالعه می‌باشد. بدین ترتیب مساحتی از هر کلاس که در گذر زمان تغییر نیافته و یا به کلاس‌های دیگر سرسبزی و یا کلاس بدون پوشش تبدیل شده است، قابل بررسی می‌باشد.

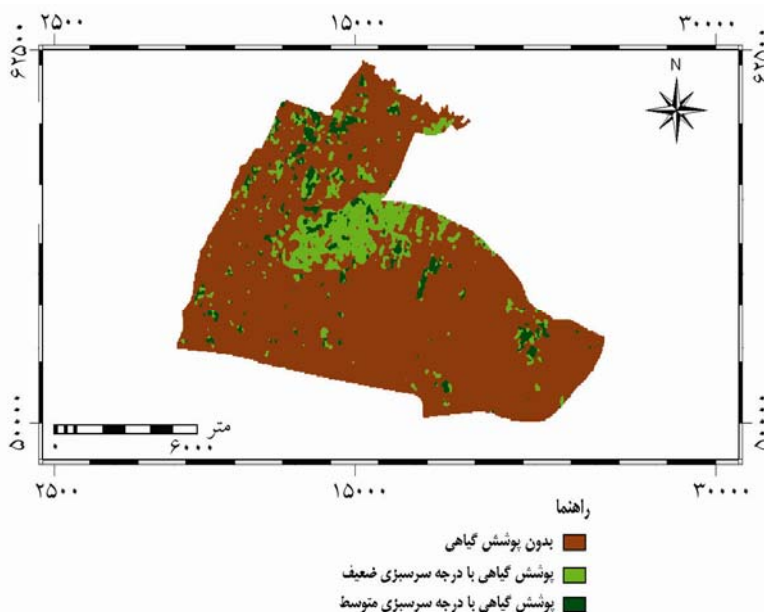
## نتایج و بحث

با اعمال شاخص NDVI بر روی تصاویر TM و IRS و با توجه به هیستوگرام‌های به دست آمده، نقشه‌های پوشش گیاهی منطقه ۴ شهرداری تهران با تعریف درجات مختلف سربیزی تهیه گردید (شکل‌های ۳ و ۴).

در این مدل دو نقشه مربوط به دو دوره زمانی به صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به طوری که بر اساس حداکثر احتمال، پیش‌بینی می‌شود که هر پیکسل در هر کلاس با چه احتمالی در همان کلاس مانده یا به کلاسی دیگر تبدیل می‌شود (۱۳). در این مطالعه به منظور پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه از مدل مارکو در محیط نرم‌افزاری IDRISI ANDES 15.0 استفاده شده است. در شکل ۲ مراحل انجام این مطالعه آورده شده است.



شکل ۳. نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۶۹



شکل ۴. نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۵

جدول ۲. وسعت کلاس‌های سرسبزی نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

پوشش اراضی	سال ۱۳۸۵		تغییرات وسعت (هکتار)
	وسعت (هکتار)	سال ۱۳۶۹	
اراضی بدون پوشش گیاهی	۶۱۷۸/۳۰۴	۴۳۹۸/۳۸۷	+۱۷۷۹/۹۱۷
پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف	۷۸۰/۶۹۷۲	۲۸۳۳/۴۰۸	-۲۰۵۲/۷۱۰۸
پوشش گیاهی با درجه سرسبزی متوسط	۳۴۹/۳۸۹	۷۶/۵۹۵۲	+۲۷۲/۷۹۳۸
اراضی دارای پوشش گیاهی	۱۱۳۰/۰۸۶۲	۲۹۱۰/۰۰۳۲	-۱۷۷۹/۹۱۷

جدول ۳. پیش بینی احتمال تبدیل کلاس‌های مختلف پوشش گیاهی تا سال ۱۴۰۴

احتمال	پوشش گیاهی با درجه		
	اراضی بدون پوشش گیاهی	پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف	پوشش گیاهی با درجه سرسبزی متوسط
اراضی بدون پوشش گیاهی	۰/۹۷۰۷	۰/۰۱۶۷	۰/۰۱۲۶
پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف	۰/۷۶۰۹	۰/۱۳۷۰	۰/۱۰۲۱
پوشش گیاهی با درجه سرسبزی متوسط	۰/۴۶۷۶	۰/۰۹۴۸	۰/۴۳۷۶

نتایج نشان می‌دهد که در این بازه زمانی وسعت اراضی منطقه ۴ شهرداری تهران که تحت پوشش گیاهان با درجه سرسبزی ضعیف و متوسط بوده‌اند در مجموع به میزان ۱۷۷۹/۹۱۷ هکتار کاهش و به همین میزان به وسعت اراضی فاقد پوشش گیاهان افزوده شده است. لازم به ذکر است که نتایج پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی با مدل مارکوف تا سال ۱۴۰۴ در جدول ۳ آورده شده است.

دقت نقشه‌های پوشش گیاهی بدست آمده و ضریب کاپا به ترتیب ۸۷/۵ و ۸۸/۸ درصد و ۰/۸۲ و ۰/۹۱ برای سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ تعیین گردید. نتایج بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه و وسعت هر یک از کلاس‌های سرسبزی نقشه‌های پوشش گیاهی در دو مقطع زمانی ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ در جدول ۲ ارائه شده است.

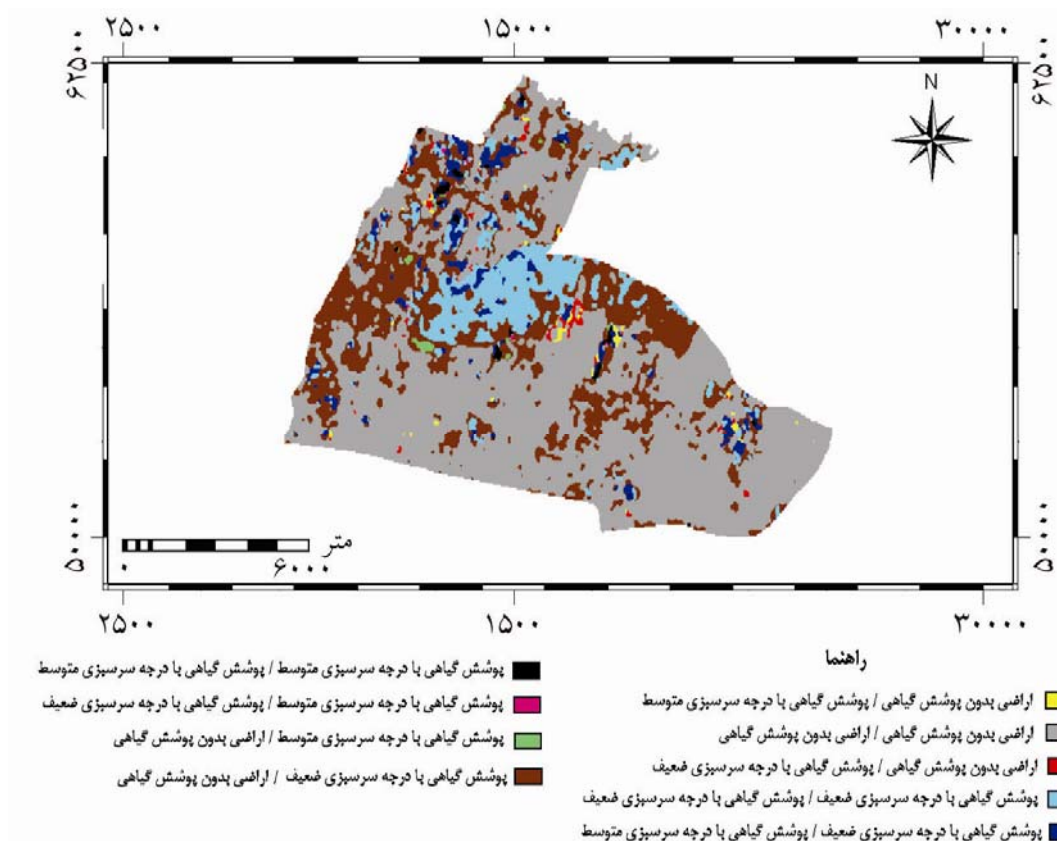
MatrixConfusion(F:\busher\_jj\cross4.tbt,sl190f2,sl12006f2,Area) - ILWIS

File Edit View Help

Confusion Matrix  
for column sl190f2 against column sl12006f2.

	بدون پوشش گیاهی	سرسبزی ضعیف	سرسبزی متوسط	کل
بدون پوشش گیاهی	۴۲۸۹۹۴۵۶	۶۳۰۷۸۴	۴۵۳۶۳۲	۴۳۹۸۳۸۷۲
درجه سرسبزی ضعیف	۱۸۵۹۰۷۲۲	۷۱۱۰۶۵۴	۲۶۳۲۷۰۴	۲۸۳۳۴۰۸۰
درجه سرسبزی متوسط	۲۹۲۸۶۴	۶۶۵۶۰	۴۰۶۵۲۸	۷۶۵۹۵۲

شکل ۵. تبدیل کلاس‌های پوشش گیاهی در فاصله زمانی (۱۳۶۹-۱۳۸۵)



شکل ۶. نقشه نهایی تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه در فاصله زمانی ۱۳۶۹-۱۳۸۵

۰/۰۱۶۷ را نشان می‌دهد. نتایج بررسی رویه تغییرات با استفاده از تابع Confusion Matrix در شکل ۵ و نقشه نهایی تغییرات در شکل ۶ نشان داده شده است. توجه به شکل ۵ و نقشه نهایی تغییرات (شکل ۶)، کلاس‌های پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف و متوسط

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین احتمال تخریب تا افق ۱۴۰۴ به ترتیب در اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف و متوسط مشاهده می‌شود. همچنین تبدیل اراضی فاقد پوشش گیاهی به اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف بیشترین احتمال یعنی

افزایش یافته است. بیشترین افزایش وسعت در ناحیه ۳ و کمترین در ناحیه ۲ دیده می‌شود. وسعت کلاس اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف در تمام نواحی کاهش یافته به طوری که بیشترین کاهش در ناحیه ۳ و کمترین کاهش در ناحیه ۲ رخ داده است. در بازه زمانی مورد مطالعه وسعت اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی متوسط در تمامی نواحی منطقه ۴ شهرداری تهران افزایش یافته است. آمارها نتایج نشان می‌دهد که بیشترین افزایش وسعت این اراضی در ناحیه ۱۰ و کمترین افزایش در ناحیه ۵ بوده است.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که در هر یک از نواحی ۱۰ گانه منطقه، اراضی فاقد پوشش گیاهی بیشترین وسعت را به خود اختصاص داده‌اند. مقایسه نمودارها نشان می‌دهد که در بازه زمانی مورد مطالعه وسعت اراضی فاقد پوشش در نواحی افزایش و در مقابل وسعت اراضی دارای پوشش گیاهی در مجموع کاهش یافته است. این در حالی است که مقایسه سال ۱۳۸۵ و ۱۳۶۹ نشان می‌دهد که اگرچه از وسعت اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف کاسته شده اما وسعت اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی متوسط افزایش داشته است. نتیجه این تحقیق نشان می‌دهد که پوشش گیاهی منطقه ۴ شهرداری تهران از نظر کمی روند منفی و از نظر کیفی (ارتقای درجه سرسبزی) روند مثبتی را طی نموده است.

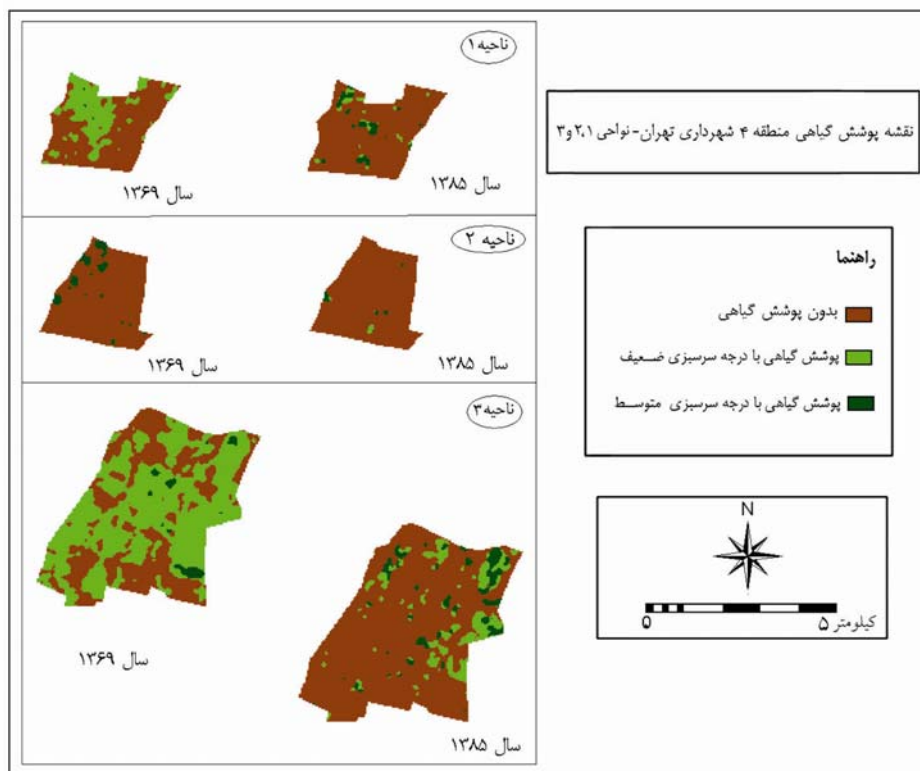
به ترتیب ۱۸۵۹/۰۷۲۲ و ۲۹/۲۸۶۴ هکتار به کلاس اراضی فاقد پوشش گیاهی تبدیل شده است که این امر نشان دهنده تخریب صورت گرفته در پوشش گیاهی منطقه به میزان ۱۸۸۸/۳۵۸۶ هکتار است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که ۶۳/۰۷۸۴ و ۴۵/۳۶۳۲ هکتار از سطح اراضی بدون پوشش گیاهی به ترتیب به اراضی تحت با درجه سرسبزی ضعیف و متوسط تبدیل شده است. بنابراین می‌توان بیان نمود که میزان تخریب نهایی در وسعت پوشش گیاهی منطقه ۱۷۷۹/۹۱۷ هکتار می‌باشد. بیشترین وسعت تخریب صورت گرفته در کلاس اراضی با درجه سرسبزی ضعیف بوده که به صورت پراکنده در منطقه دیده می‌شود. در راستای افزایش سطوح تحت پوشش گیاهی، بیشترین تبدیل از کلاس فاقد پوشش به کلاس پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف صورت گرفته است. نقشه نهایی تغییرات (شکل ۶) نشان دهنده موقعیت و پراکندگی مکانی کلاس‌های مختلف پوشش می‌باشد. که با ارزیابی این تغییرات می‌توان بهتر برای مدیریت منطقه برنامه ریزی کرد.

منطقه ۴ شهرداری تهران دارای ۱۰ ناحیه می‌باشد. به منظور بررسی دقیق‌تر، نقشه و مساحت هر یک از کلاس‌های درجه سرسبزی پوشش گیاهی، در دو مقطع زمانی ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵، به تفکیک در شکل‌های ۷ تا ۹ و در جدول ۴ نشان داده شده است. وسعت کلاس اراضی فاقد پوشش گیاهی در نواحی ۱۰ گانه منطقه مورد مطالعه در فاصله سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۵

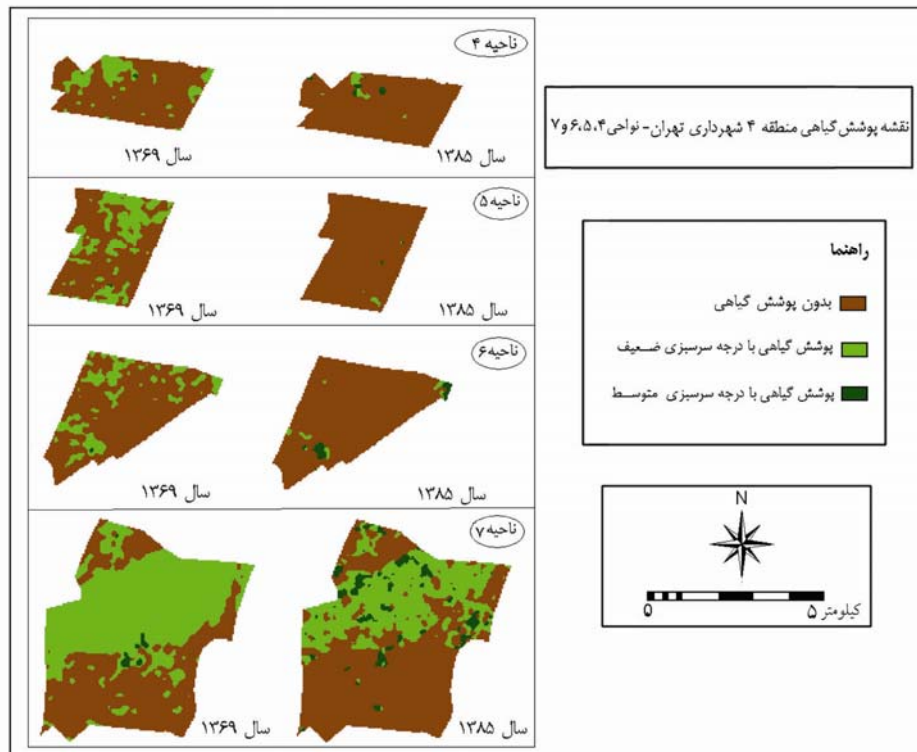
جدول ۴. وسعت کلاس‌های سرسبزی نقشه پوشش گیاهی نواحی ۱۰ گانه در سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵

نواحی منطقه ۴	سال ۱۳۶۹ وسعت (هکتار)			سال ۱۳۸۵ وسعت (هکتار)			وسعت تغییرات (هکتار)		
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
ناحیه ۱	۲۲۸/۱۴۷۲	۱۰۹/۷۷۲۸	۰/۷۱۶۸	۳۰۹/۰۴۳۲	۱۱/۵۷۱۲	۱۸/۰۲۲۴	+۸۰/۸۹۶	-۹۸/۲۰۱۶	+۱۷/۳۰۵۶
ناحیه ۲	۳۰۲/۲	۲۱/۵۰۴۰	۰	۳۲۲/۹۶۹۶	۲/۰۴۸۰	۳/۶۸۶۴	+۲۰/۷۶۹۶	-۱۹/۴۵۶	+۳/۶۸۶۴
ناحیه ۳	۶۲۹/۴۹۸۵	۶۵۹/۷۶۳۲	۲۰/۳۷۷۶	۱۱۳۶/۳۷۸۵	۱۰۹/۱۵۸۴	۶۴/۱۰۲۴	+۵۰۶/۸۸	-۵۵۰/۶۰۴۸	+۴۳/۷۲۴۸
ناحیه ۴	۳۰۳/۶۱۶۰	۶۲/۰۵۴۴	۰/۶۱۴۴	۳۵۳/۸۹۴۴	۷/۷۸۲۴	۴/۶۰۸۰	+۵۰/۲۷۸۴	-۵۴/۲۷۲	+۳/۹۹۳۶
ناحیه ۵	۲۷۲/۰۷۶۸	۱۲۶/۱۵۶۸	۰/۵۱۲۰	۳۹۵/۶۷۳۶	۲/۲۵۲۸	۰/۸۱۹۲	+۱۲۳/۵۹۶۸	-۱۲۳/۹۰۴	+۰/۳۰۷۲
ناحیه ۶	۴۰/۸۶۸۴	۹۵/۹۴۸۸	۰/۶۱۴۴	۱۱۶/۸۴۹۲	۸/۷۰۴۰	۱۱/۸۷۸۴	+۷۵/۹۸۰۸	-۸۷/۲۴۴۸	+۱۱/۲۶۴
ناحیه ۷	۷۷۵/۷۲۵۷	۷۱۱/۶۸۰۰	۱۰/۵۴۷۲	۹۹۸/۲۴۰۹	۴۲۸/۹۵۳۶	۷۰/۷۵۸۴	+۲۲۲/۵۱۵۲	-۲۸۲/۷۲۶۴	+۶۰/۲۱۱۲
ناحیه ۸	۶۴۵/۳۲۴۸	۷۵/۲۶۴۰	۰/۸۱۹۲	۶۹۰/۴۸۳۲	۱۴/۷۴۵۶	۱۶/۱۷۹۲	+۴۵/۱۵۸۴	-۶۰/۵۱۸۴	+۱۵/۳۶
ناحیه ۹	۶۴۰/۹۲۱۶	۴۳۱/۸۲۰۸	۱۴/۰۲۸۸	۹۶۶/۱۴۴۰	۷۰/۳۴۸۸	۵۰/۲۷۸۴	+۳۲۵/۲۲۲۴	-۳۶۱/۴۷۲	+۳۶/۲۴۹۶
ناحیه ۱۰	۵۸۷/۳۶۶۴	۵۰۷/۳۹۲۰	۲۸/۰۵۷۶	۸۹۶/۶۱۴۴	۱۱۸/۹۸۸۸	۱۰۷/۲۱۲۸	+۳۰۹/۲۴۸	-۳۸۸/۴۰۳۲	+۷۹/۱۵۵۲

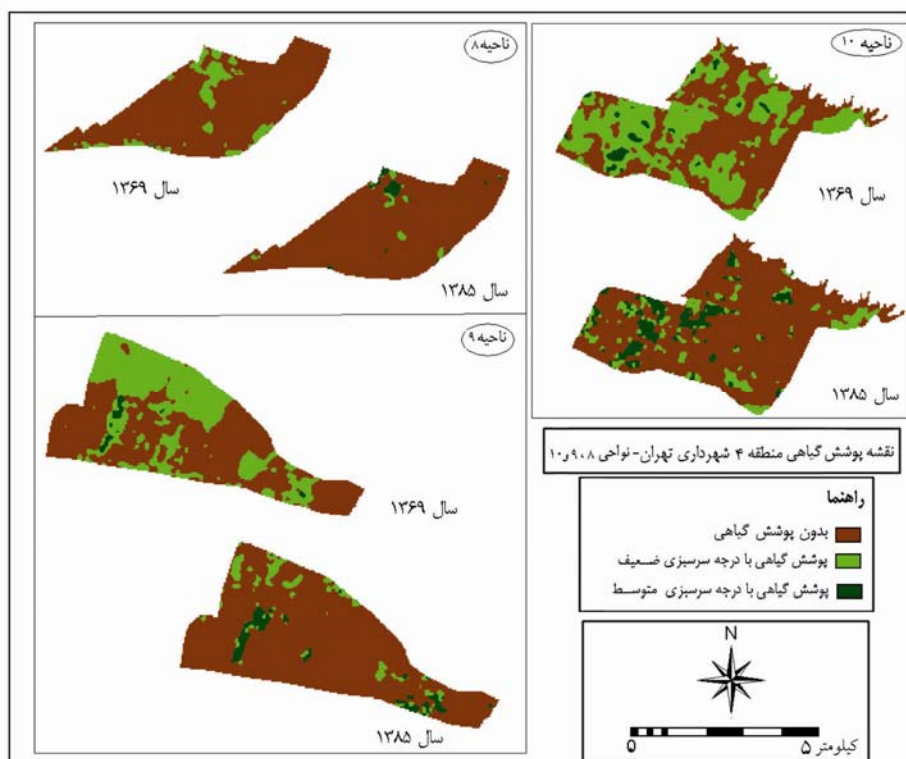




شکل ۷. نقشه پوشش گیاهی نواحی ۱، ۲ و ۳ منطقه مورد مطالعه



شکل ۸. نقشه پوشش گیاهی نواحی ۴، ۵، ۶ و ۷ منطقه مورد مطالعه



شکل ۹. نقشه پوشش گیاهی نواحی ۸، ۹ و ۱۰ منطقه مورد مطالعه

توجه به تبدیل این کلاس به کلاس اراضی شهری، اراضی بایر و فضای سبز امکان پذیر است. بدین ترتیب در صورت تبدیل اراضی فضای سبز و زراعی به اراضی شهری، علت اصلی تخریب، توسعه شهری بوده و در صورت تبدیل این اراضی به کلاس اراضی بایر، می توان عدم حافظت از اراضی تحت پوشش گیاهی را به عنوان یکی از دلایل تخریب دانست. مقایسه نتایج این تحقیق با مطالعه مشابهی که توسط عبدالهی و همکاران (۴ و ۵) در بررسی پوشش گیاهی شهرستان های اردکان، تفت، طبس و مهریز صورت نشان می دهد که مطالعه انجام شده توسط عبدالهی و همکاران (۵) طبقه بندی مقادیر NDVI به شش کلاس مساوی صورت گرفته است که در مطالعه حال حاضر این مقادیر با هدف افزایش دقت نتایج حاصله، با توجه به تغییرات شیب هیستوگرام به دست آمده از اعمال شاخص، طبقه بندی شده است. آنچه که روش انجام این مطالعه را در مقایسه با مطالعات عبدالهی و همکاران (۴ و ۵) گسترده تر می نماید آن است که در مطالعه حاضر رویه تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه با اعمال تابع confusion matrix نیز بررسی شده است. بدین ترتیب می توان تغییر

بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه در طی سال های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۵ نشان می دهد که، در این دوره به میزان ۱۷۷۹/۹۱۷ هکتار بر وسعت اراضی فاقد پوشش گیاهی افزوده و به همین میزان از وسعت اراضی دارای پوشش گیاهی کاسته شده است. که این امر تخریب صورت گرفته در پوشش گیاهی منطقه به علت تغییر کاربری اراضی را نشان می دهد. با توجه به کاربری های موجود در منطقه کلاس اراضی فاقد پوشش گیاهی شامل اراضی شهری و اراضی بایر بوده و کلاس پوشش گیاهی کلیه اراضی فضای سبز، اراضی زراعی و باغات منطقه را شامل می شود. بنابراین جهت شناخت علل اصلی تخریب پوشش گیاهی در منطقه ۴ شهرداری تهران به علت تغییر کاربری و به تکنیک اراضی فضای سبز، اراضی زراعی و باغات، تهیه نقشه های کاربری اراضی منطقه در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ و تهیه نقشه نهایی تغییرات با استفاده از تکنیک بررسی تغییرات پس از طبقه بندی با اعمال تابع Cross Tabulation پیشنهاد می شود. بدین ترتیب می توان تبدیل کلاس فضای سبز به اراضی بایر، اراضی شهری و اراضی زراعی منطقه را بررسی نمود. همچنین مطالعه تغییرات در کلاس اراضی زراعی با

غیرشهری با به‌کارگیری سنجش از دور، مجله محیط شناسی. ۳۴ (۴۵): ۱۰-۱۸.

۶. فاطمی، س. ب.، ی. رضایی. ۱۳۸۴. مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده.

7. Angel, S., S. Sheppard and D. Civco. 2005. The Dynamics of Global Urban Expansion, Department of Transport and Urban Development. The World Bank.
8. Balzter, H. 2000. Markov-chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modeling*. 126 (2-3): 139-154.
9. Blatt, S. E., J. A. Janmaat and R. Harmsen. 2001. Modeling successions to include an herbivore effect, *Ecological Modeling*. 159:145-160.
10. Chen, X., H. Zhao, P. Li and Z. Yin. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and Land use/cover changes, *Remote Sensing of Environment*. 133-146.
11. Dellepian, S. G. and P. C. Smith. 1999. Quality assessment of image classification algorithms for land cover mapping: A review and a proposal for a cost based approach, *International Journal of Remote Sensing*. 20: 1461-1486.
12. Dewan, A. and Y. Yamaguchi. 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization, *Applied Geography*. 390-401.
13. Eastman, J. Ronald. 2006. Instruction to remote sensing. The Guilford press.
14. Huete, A. 2004. Remote sensing for natural resources management and environmental monitoring: Manual of remote sensing, third edition. University of Arizona.
15. Jiang, Z., A. Huete, J. Chen, Y. Chen, J. Li, G. Yan and X. Zhang. 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction, *Remote Sensing of Environment*. 366-378.
16. Julien, Y., J. Sobrino and W. Verhoef. 2006. Changes in land surface temperatures and NDVI values over Europe between 1982 and 1999, *Remote Sensing of Environment*. 43-55.
17. Lee, T. and H. Yeh. 2009. Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of Danshui River estuary mangrove communities, Taiwan, *Ecological Engineering*. 487-496.
18. Leeuwen, W., B. Orr, S. Marsh and S. Herrmann. 2006. Multi-sensor NDVI data continuity: uncertainties and implications for vegetation monitoring applications, *Remote Sensing of Environment*. 67-81.
19. Leprieur, C., Y. H. Kerr, S. Mastorchio and J. C. Meunier. 2000. Monitoring vegetation cover across semi-arid regions scales,

کاربری اراضی مانند تبدیل اراضی دارای پوشش گیاهی به اراضی فاقد پوشش و بلعکس را بررسی نمود که این امر در نواحی شهری با توجه به افزایش روزافزون جمعیت شهرنشینان، افزایش قیمت اراضی و نیاز به توسعه فیزیکی شهرها مهم می‌باشد. این تکنیک، همچنین امکان نمایش پراکندگی مکانی تغییرات و عدم تغییرات را در یک نقشه فراهم می‌سازد که این امر در طرح‌های توسعه فضاهای شهری، به عنوان ابزاری کارا در جهت توجه به اراضی تحت پوشش گیاهی و جلوگیری از تخریب و تغییرات کاربری اراضی آن‌ها مفید می‌باشد. همچنین به کارگیری مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی از دیگر جنبه‌های نوآوری این مطالعه محسوب می‌شود.

#### منابع مورد استفاده

۱. آرخی، ص. وی. نیازی. ۱۳۸۹. مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی - پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: حوزه دره شهر - استان ایلام)، کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم طبیعی. ۱(۱): ۶۱-۷۸.
۲. اسدالهی، ز.، ذ. اسدالهی. ۱۳۸۹. استخراج و بررسی تغییرات نقشه شاخص NDVI با استفاده از GIS و RS (مطالعه موردی: تالاب چغاخور)، اولین کنفرانس ملی ژئوماتیک نوین در خدمت جامعه. ۵-۱.
۳. رودگرمی، پ.، ن. خراسانی، س. م. منوری و ج. نوری. ۱۳۸۸. پیش‌بینی اثرات محیط زیست توسعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور، علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۱ (۱): ۱-۱۲.
۴. عبدالهی، ج.، م. ح. رحیمیان، ک. دشتکیان و م. شادان. ۱۳۸۵. بررسی اثرات زیست محیطی تغییر کاربری اراضی روی پوشش گیاهی مناطق شهری با به‌کارگیری تکنیک سنجش از دور، علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲۹: ۱-۶.
۵. عبدالهی، ج.، س. ع. م. چراغی و م. ح. رحیمیان. ۱۳۸۷. مقایسه آثار زیست محیطی تغییر کاربری اراضی بر تغییر پوشش گیاهی و دمای سطحی در مناطق شهری و

- spaces of Mashad city using satellite data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 431-438.
23. Shalaby, A. and R. Tateishi. 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt, Applied Geography. 28-41.
24. UNECE. 2003. Trends in Europe and North America-The statistical Year book of the Economic Commission for Europe.
25. Weiss, J., D. Gutzler, J. Allred Coonrod, and C. Dahm. 2004. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semi-arid setting, central New Mexico, USA. Journal of Arid Environments. 249-272.
- International Journal of Remote Sensing. 21: 281-300.
20. Martinez, B. and M. Gilabert. 2009. Vegetation dynamics from NDVI time series analysis using wavelet transform, Remote Sensing of Environment. 1823-1842.
21. Mubea, K. W., T. G. Ngigi, and C. N. Mundia. 2010. Assessing application of Markov chain analysis in predicting land cover change: A case study of Nakuru Municipality. <http://www.gisdevelopment.net/application/environment/conservation/Nakurumunicipality.htm>
22. Rafiee, R., A. Mahiny and N. Khorasani. 2009. Assessment of changes in urban green



## Prediction of vegetation changes using a Markov model (Case study: District 4 of Tehran municipality)

M. Soroudi <sup>1\*</sup>, S. A. Jozi <sup>2</sup>

1. Graduated MSc. of Environmental Science, College of Environmental and Energy, Islamic Azad University, Research and Science Branch, Tehran

2. Assis. Prof. College of Engineering and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch

### ARTICLE INFO

#### *Article history:*

Received 8 August 2011

Accepted 14 September 2011

Available online 17 October 2011

#### *Keywords:*

Vegetation cover

Remote sensing

Markov model

NDVI Index

District 4 of Tehran municipality

### ABSTRACT

Regarding the role of vegetation cover the analysis of the spatial extent and temporal changes of land cover is a fundamental component in urban and sub-urban environment studies. In this study, to estimate the changes of Vegetation cover, the NDVI Index was applied on TM and IRS images of 1990 and 2006 and Vegetation cover maps of District 4 of Tehran municipality by underlining the different greenness levels were generated. The comparison between the areas of greenness classes of vegetation cover maps revealed that non-vegetated and moderate greenness level vegetated area increased by 1779.917 and 272.7938 ha respectively, decreased poor greenness level vegetated area by 2052.7108 ha was noticed. Further more, Post-classification change detection technique was conducted to investigate the procedure of changes of the study area's vegetation cover based on the conversion of classes. It showed that although the vegetated area has been increased by 108.4416 ha due to the conversion of non-vegetated to the vegetated area, according to the conversion of the vegetated area to non-vegetated one by 1888.3586 ha, it has been decreased by 1779.917, finally. The vegetation changes were also projected for the next nineteen years when IRAN envisages achieving Vision 1404 using Markov chain analysis. A statistic Results shows that maximum probability of vegetation destruction belongs to poor greenness level vegetated area by 0.0167.

\* Corresponding author e-mail address: soroudi.m@gmail.com