

سنجش از دور و اجرای مدل مارکوف برای بررسی تغییرات فضای سبز شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱ شهرداری تهران)

منا سرودی*^۱، سید علی جوزی^۲

۱- دانشجوی دکتری تخصصی علوم محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران : sajozi@yahoo.com
۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۹

چکیده

با توجه به نقش فضای سبز به عنوان یکی از مهم‌ترین کلاس‌های کاربری اراضی در اکوسیستم شهری، مطالعه تغییرات آن مهم است. در این مطالعه، با هدف بررسی تغییرات فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران، از شاخص NDVI و تصاویر TM و IRS متعلق به سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ استفاده و نقشه‌های فضای سبز منطقه با تأکید بر درجات مختلف سرسبزی تهیه شد. مقایسه وسعت کلاس‌های سرسبزی نشان داد که وسعت اراضی بدون پوشش به میزان ۱۵۳۸/۲۸ هکتار افزایش و وسعت اراضی تحت پوشش با درجه سرسبزی ضعیف، متوسط و خوب به ترتیب ۲۲/۵۹، ۱۵/۳ و ۰/۳۶ هکتار کاهش یافته است. همچنین، بررسی رویه تغییرات با استفاده از تکنیک بررسی تغییرات پس از طبقه‌بندی با استفاده از Confusion Matrix حاکی از آن است که با تبدیل اراضی بدون پوشش به اراضی تحت پوشش فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف و متوسط، بر وسعت اراضی تحت پوشش گیاهی منطقه به میزان ۳۸/۲۵ هکتار افزوده شده که با توجه به تبدیل ۱۵۷۶/۵۳ هکتار از اراضی دارای پوشش گیاهی به اراضی بدون پوشش، سرانجام از وسعت اراضی تحت پوشش گیاهی ۱۵۳۸/۲۸ هکتار کاسته شده است. اعمال مدل مارکوف و سلول‌های خودکار مارکوف در پیش‌بینی تغییرات فضای سبز منطقه، به ترتیب بیشترین احتمال تخریب با مقدار عددی ۰/۷۷۴۳ در اراضی تحت پوشش با درجه سرسبزی ضعیف و پراکندگی مکانی احتمالی فضای سبز منطقه را ۱۴۰۴ تا افاق نشان می‌دهد که این موضوع به برنامه‌ریزی هر چه بهتر در زمینه حفظ و گسترش فضای سبز منطقه کمک می‌کند.

کلید واژه

فضای سبز، سنجش از دور، مدل مارکوف، شاخص NDVI، منطقه ۱ شهرداری تهران.

سر آغاز

اندازه‌گیری‌های لازم را بر روی منابع بیوفیزیکی زمین در مقیاس مکانی و زمانی فراهم می‌آورد (زبردست و همکاران، ۱۳۸۹).

از جمله روش‌های موجود در بررسی تغییرات فضای سبز به عنوان یکی از کاربری‌های مهم در محیط زیست شهری، استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی است. کسب اطلاعات پیرامون میزان و پراکنش پوشش گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌آورد.

به منظور کاهش آثار عوامل ناخواسته مانند آثار جوی بر روی پوشش گیاهی، از شاخص‌های گیاهی استفاده می‌شود. در حقیقت، این شاخص‌ها برای ایجاد تمایز میان پوشش گیاهی و پدیده‌های دیگر که با تک باندها امکان پذیر نیست، به کار می‌روند (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۵). در این میان، شاخص NDVI^۱ یکی از

توسعه فیزیکی شهرها فرایند پیچیده‌ای است که با مطالعه روابط متقابل میان عوامل بیوفیزیکی و انسانی شناخته می‌شود (He, et al., 2006). مطالعات نشان می‌دهد که روند توسعه اجتماعی-اقتصادی شهرها، پس از انقلاب صنعتی، در سراسر جهان سرعت یافت (Park, et al., 2011).

از جمله نتایج گسترش شهرها می‌توان به تغییر کاربری اراضی اشاره کرد. گفتنی است که کاربری اراضی، همواره از جمله مهم‌ترین شاخصه‌هایی بوده که انسان با استفاده از آن، در کنار فراهم ساختن موجبات رشد و توسعه اقتصادی-اجتماعی خود، ساختارها و فرایندهای محیط زیست را تغییر داده است. یکی از منابع اطلاعات مفید در شناسایی این تغییرات، داده‌های سنجش از دور است (نیازی و همکاران، ۱۳۸۹) به طوری که استفاده از فناوری، امکان بررسی و

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

منطقه ۱ شهرداری، منطقه ای کوهستانی است که با جمعیت ۲۴۰۰۰ نفر و به وسعت تقریبی ۳۵۰۰۰ متر مربع در منتهی‌الیه شمالی شهر تهران و در طول جغرافیایی ۵۱°۲۵'۴۲" تا ۵۱°۲۹'۲۷" شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵°۴۶'۴۱" تا ۳۵°۴۹'۳۳" شمالی واقع شده است (سالنامه آماری استان تهران، ۱۳۹۰).

پیش پردازش تصاویر

در این مطالعه، تصاویر بدون ابرسنجنده TM ماهواره لندست با قدرت تفکیک ۲۸/۵ متر و سنجنده LISS III ماهواره IRS با قدرت تفکیک ۲۳/۵ متر، به ترتیب متعلق به ماه June سالهای ۱۳۶۹ (۱۹۹۰) و ۱۳۸۵ (۲۰۰۶) میلادی تهیه شد. شایان ذکر است که در این زمان، پوشش گیاهی منطقه به رشد تقریبی حداکثر خود دست می‌یابد.

در این مطالعه، تصحیح هندسی تصویر سال ۱۳۶۹ با استفاده از تصویر سال ۱۳۸۵ که خود زمین مرجع شده و دارای سیستم تصویر UTM^۲ بود، با استفاده از روش Affine و در محیط نرم افزار ERDAS IMAGIN 9.1 صورت پذیرفت. مقدار ریشه متوسط مربع خطا^۳ برابر ۰/۲۸ محاسبه و دو تصویر بر یکدیگر منطبق شدند. گفتنی است در تصحیح هندسی، مقدار ریشه متوسط مربع خطای قابل قبول، کمتر از ۰/۵ پیکسل است (Shalaby, et al., 2007).

در ادامه، عملیات نمونه گیری مجدد با استفاده از تابع نزدیکترین همسایه^۴ 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^۵ در نرم افزار IDRISI ANDES 15.0 استفاده شد.

استفاده از شاخص NDVI

برای بررسی تغییرات فضای سبز منطقه مورد مطالعه، از شاخص NDVI استفاده شد.

(۱)

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

در این رابطه:

ρ_{NIR} به عنوان بازتابش در باند مادون قرمز نزدیک^۶ و

ρ_{RED} به عنوان بازتابش در باند قرمز مرئی است که به علت

پرکاربردترین شاخص‌های گیاهی است (Jiang, et al., 2006 and Leeuwen, et al., 2006). تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی NDVI، برای نظارت دقیق و دراز مدت تغییرات پوشش گیاهی مناسب است (Martinez and Gilabert, 2009). مطالعات زیادی با استفاده از شاخص مذکور بر روی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق شهری انجام شده است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

عبدالمی و همکاران (۱۳۸۷) با تهیه نقشه‌های 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 غیر شهری اردکان استان یزد طی سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ کردند. این محققان در مطالعه دیگری در سال ۱۳۸۵ با استفاده از روش مذکور، تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی در شهرهای اردکان، تفت، طبس و مهریز را در طی سالهای ۱۳۶۹ لغایت ۱۳۸۱ بررسی کردند (عبدالمی، ۱۳۸۵). Rafie و همکاران (۲۰۰۹)، برای ارزیابی تغییرات فضای سبز شهر مشهد و Julien و همکاران (۲۰۰۶)، در بررسی رابطه میان تغییرات دمای سطح زمین و مقادیر NDVI در اروپا در فاصله سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۹۹ از NDVI استفاده کردند.

همچنین در مطالعات Weiss و همکاران (۲۰۰۴) و Chen و همکاران (۲۰۰۶)، به ترتیب در نظارت دراز مدت پوشش گیاهی در نواحی نیمه خشک نیومکزیکو و ارزیابی رابطه میان پدیده جزیره حرارتی شهری و تغییرات کاربری و پوشش اراضی با اهداف مختلف و روشهای گوناگون، از این شاخص در مطالعه پوشش گیاهی شهری بهره گرفته شده است. در مطالعات دیگری Mubea و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از مدل مارکوف به پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی در نیجریه پرداختند. همچنین Balzter (۲۰۰۰) با استفاده از این مدل پویایی پوشش گیاهی را بررسی کرد.

هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات پوشش گیاهی با تأکید بر تغییرات سرسبزی فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران در یک دوره زمانی ۱۶ ساله (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پیش بینی تغییرات با استفاده از مدل مارکوف تا افق ۱۴۰۴ که ایران به عنوان قطب علمی و اقتصادی منطقه مطرح خواهد شد، است.

بدین ترتیب با بررسی تغییر شیب هیستوگرام‌های به دست آمده و تغییر در رفتار طیفی فضای سبز، تقسیم بندی مقادیر NDVI به انجام رسید.

جدول شماره (۲): طبقه بندی مقادیر NDVI به کلاس‌های

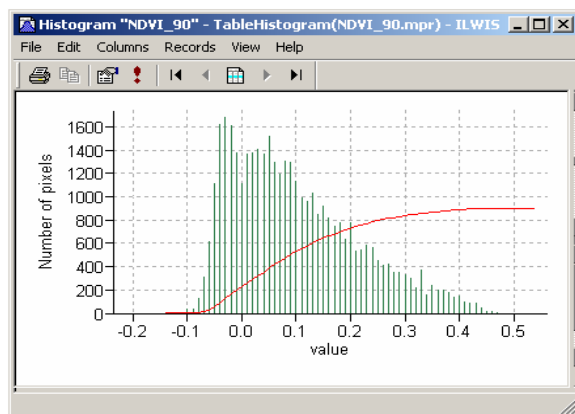
سنجنده	سر سبزی			
	۱	۲	۳	۴
TM	-۰/۲-۰	۰-۰/۲	۰/۲-۰/۴	۰/۴-۰/۵۴
IRS	-۰/۳-۰	۰-۰/۱	۰/۱-۰/۳	۰/۳-۰/۴۵

(۱-اراضی بدون پوشش / ۲- فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف/۳- فضای سبز با درجه سرسبزی متوسط / ۴- فضای سبز با درجه سرسبزی خوب)

همچنین به منظور بررسی رویه تغییرات فضای سبز از تکنیک بررسی تغییرات پس از طبقه بندی^۷ استفاده شد. بدین منظور عملیات Cross بر روی نقشه‌های فضای سبز به دست آمده (اشکال ۴ و ۵) انجام و تابع Confusion Matrix در محیط نرم افزار ILWIS 3.3 اعمال شد.

شایان ذکر است که تکنیک بررسی تغییرات پس از طبقه بندی، در بسیاری از تحقیقات پیرامون محیط زیست شهری به گونه موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار گرفته است (Dewan and Yamaguchi, 2009).

در این روش، تصویر حاصل در بر دارنده طبقاتی است که نشان دهنده تبدیلات هر یک از طبقات به طبقات دیگر در بازه زمانی مورد مطالعه است. بدین ترتیب مساحتی از هر طبقه که در گذر زمان تغییر نیافته، و یا به کلاس‌های دیگر سرسبزی و یا کلاس بدون پوشش تبدیل شده است، قابل بررسی است.



شکل شماره (۱): هیستوگرام به دست آمده از اعمال این شاخص

بر تصویر TM

استفاده از تصاویر TM و IRS، مطابق با جدول شماره (۱)، جایگزین می‌شود.

جدول شماره (۱): روابط محاسبه NDVI مطابق با تصویر

سنجنده TM و IRS

سنجنده	رابطه محاسبه NDVI
TM	$(\text{BAND4}-\text{BAND3})/(\text{BAND4}+\text{BAND3})$
IRS	$(\text{BAND3}-\text{BAND2})/(\text{BAND3}+\text{BAND2})$

این شاخص به طور گسترده و مبتنی بر ارزشهای طیفی در شناسایی شرایط رشد پوشش گیاهی استفاده شده است. نسبت بازتابندگی باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک که به ترتیب نشان دهنده بازتابش امواج در باند موج قرمز مرئی و باند موج مادون قرمز رادیومتر ماهواره است، در بررسی شرایط و نقشه سازی پوشش گیاهی استفاده می‌شود. زیرا این دو طول موج به شکل فزاینده‌ای توسط گیاهان به ترتیب، جذب و بازتابیده می‌شوند.

در این روش، محاسبه نسبت، دامنه تغییرات و مقادیر NDVI از ۱- تا ۱+ است. مقدار عددی زیاد نشان دهنده پوشش گیاهی سالم بوده و مقدار عددی کم دلالت بر پوشش گیاهی ناسالم، و یا تحت فشار همانند شرایط اراضی بدون پوشش دارد (Lee, Yeh, 2009). با در اختیار داشتن نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ برخی از نواحی منطقه و روی هم گذاری آن با نقشه‌های به دست آمده اقدام به تصحیح نقشه در موارد لزوم گردید.

به منظور بررسی تغییرات فضای سبز در منطقه ۱ شهرداری تهران اقدام به تهیه نقشه فضای سبز منطقه مورد مطالعه با تأکید بر درجات مختلف سرسبزی شد. بدین منظور و با هدف افزایش دقت، مقادیر NDVI به کلاس‌های مساوی تقسیم نشد، بلکه با توجه به تغییرات شیب هیستوگرام‌های به دست آمده (اشکال ۱ و ۲)، از اعمال شاخص NDVI بر روی تصاویر، تقسیم بندی مقادیر این شاخص مطابق با جدول شماره (۲) به چهار کلاس بدون پوشش، پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف، متوسط و خوب با استفاده از روش Slicing و در محیط نرم افزار ILWIS 3.3 صورت پذیرفت. گفتنی است که این روش از جمله روشهای پر کاربرد بوده و در مطالعات عبداله‌ای و همکاران (۱۳۸۵ و ۱۳۸۷)، اسداله‌ای (۱۳۸۹) و فاطمی (۱۳۸۴) به کار گرفته شده است.

$$S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_r\} \quad (4)$$

داشته باشیم، رابطه ذیل چگونگی به دست آمدن P_{ij} را نشان

می دهد:

$$p_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^r p_{ik} p_{kj} \quad (5)$$

در معادله فوق، $P_{ij}^{(n)}$ احتمال رفتن از حالت i به حالت

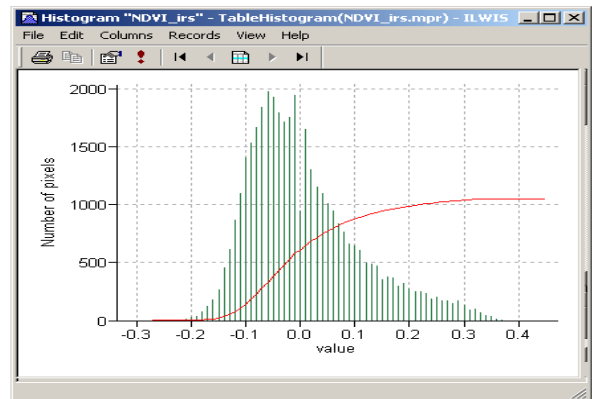
j را پس از n گام نشان می دهد.

در این مدل دو نقشه مربوط به دو دوره زمانی به صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می شوند. به طوری که بر اساس حداکثر احتمال، پیش بینی می شود که هر پیکسل در هر کلاس با چه احتمالی در همان کلاس مانده یا به کلاسی دیگر تبدیل می شود (EASTMAN, 2006). در این مطالعه به منظور پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی منطقه ۱ شهرداری تهران از مدل مارکوف در محیط نرم افزاری IDRISI ANDES 15.0 استفاده شد.

اجرای مدل سلول خودکار_مارکوف^{۱۰}

به منظور تهیه نقشه پیش بینی تغییرات فضای سبز منطقه مورد مطالعه، مدل سلول خودکار_مارکوف با استفاده از نتایج به دست آمده از اعمال مدل مارکوف در محیط نرم افزاری IDRISI ANDES 15.0 اجرا شد. با استفاده از این مدل، وضعیت پیکسل ها برای پیش بینی تغییرات وضعیت آنها در آینده از قوانین خاصی پیروی می کنند.

به طور مثال پیکسل C_{ij} (پیکسل قرار گرفته در سطر i و ستون j) در زمان $t+1$ به چهار عامل، وضعیت سلول در زمان t ، پنجره همسایگی $(S_i C_{ij})$ ، وضعیت همسایگان سلول در زمان t $(\Omega_t C_{ij})$ و قوانین تبدیل (وضعیت هر یک از سلول ها در گذر زمان بر اساس قوانین تبدیل، به طور خودکار به روز می شوند). بستگی دارد. به گام های به روز رسانی از زمان t_0 (مبداء زمانی) تا t_n (زمان پایان عملیات) در اصطلاح، تکرار نامیده می شود (EASTMAN, 2006). در شکل شماره (۳) مراحل انجام این مطالعه نشان داده شده است.



شکل شماره (۲): هیستوگرام به دست آمده از اعمال این شاخص بر تصویر IRS

ارزیابی دقت نقشه ها

به منظور ارزیابی دقت نقشه های تهیه شده، با توجه به آشنایی با منطقه مورد مطالعه و به کمک تفسیر بصری تصویر رنگی کاذب TM(RGB:432) و IRS(RGB:231) اقدام به جمع آوری نمونه های تعلیمی با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه (۱:۲۵۰۰۰) متعلق به سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ شد. بدین ترتیب با در اختیار داشتن ۲۰۰ نمونه تعلیمی و در نظر گرفتن دو کلاس کلی اراضی فاقد فضای سبز و اراضی دارای فضای سبز از روش پیشنهادی "دلایان و اسمیت" (Dellepian and Smith, 1999) مطابق با رابطه (۲) ذیل استفاده شد.

(۲)

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

که در آن OA دقت کلی، N تعداد کل پیکسل های آزمایشی، $\sum P_{ii}$ مجموع پیکسل های درست طبقه بندی شده است. همچنین ضریب "کاپا" نیز از رابطه زیر محاسبه شد.

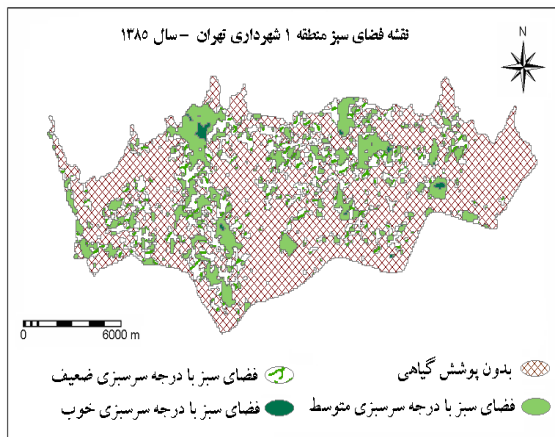
(۳)

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100$$

که در آن P_o درستی مشاهده شده و P_c توافق مورد انتظار هستند (بنیاد و حاجی قادری، ۱۳۸۶).

اجرای مدل مارکوف^۸

مدل مارکوف در سال ۱۹۰۷ توسط فردی روسی به نام "آندری آندریویچ مارکوف" ارائه شده است. زنجیره مارکوف مبین توالی متغیرهای تصادفی مانند X_1, X_2, X_3, \dots است به بیانی دیگر، اگر مجموعه ای از حالات^۹ را به صورت:



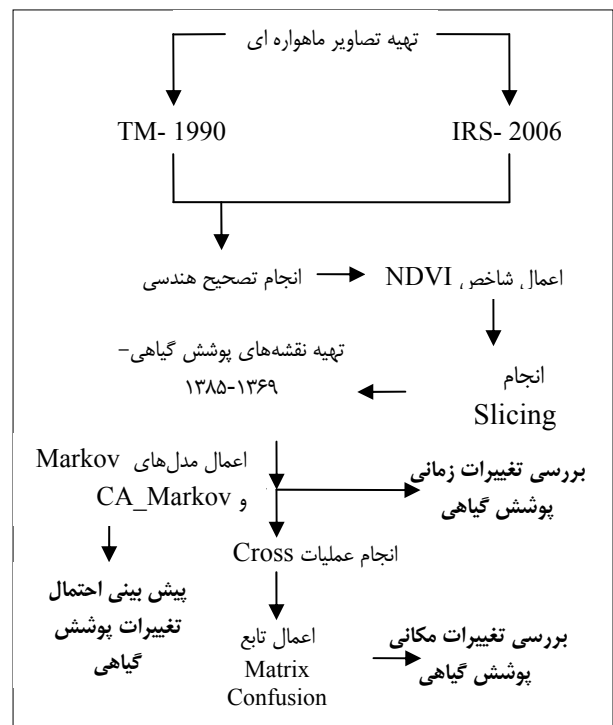
شکل شماره (۵): نقشه فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران

سال ۱۳۸۵ (منبع: نویسندگان)

دقت نقشه‌های فضای سبز به دست آمده و ضریب کاپا به ترتیب ۸۷/۱ و ۸۹/۴ درصد و ۰/۸۲ و ۰/۹۲ برای سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ تعیین شد. برای بررسی تغییرات فضای سبز منطقه مورد مطالعه، وسعت هر یک از کلاس‌های سرسبزی نقشه‌های فضای سبز در دو مقطع زمانی ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ در جدول شماره (۳) با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول شماره (۳): وسعت کلاس‌های سرسبزی نقشه فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران - سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵

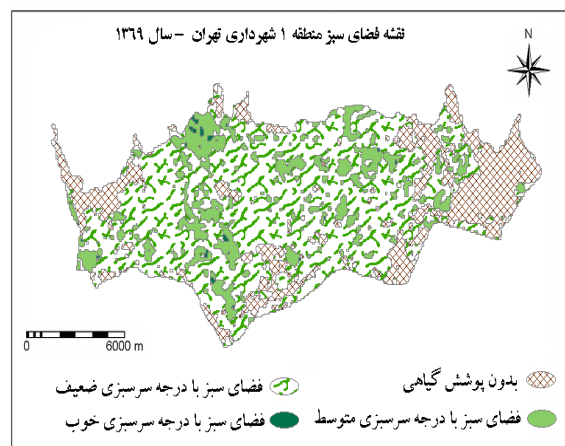
نوع تغییرات	تغییرات وسعت (هکتار)	وسعت (هکتار) در سال ۱۳۸۵	وسعت (هکتار) در سال ۱۳۶۹	
افزایشی	+۱۵۳۸/۲۸	۲۳۴۲/۴۳	۸۰۴/۱۵	اراضی بدون پوشش
کاهشی	-۱۵۲۶/۱۳	۶۴۱/۷	۲۱۶۷/۸۳	فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف
کاهشی	-۱۵/۳	۵۰۳/۰۱	۵۱۸/۳۱	فضای سبز با درجه سرسبزی متوسط
کاهشی	-۳/۱۵	۱۷/۱	۱۳/۹۵	فضای سبز با درجه سرسبزی خوب
کاهشی	-۱۵۳۸/۲۸	۱۱۶۱/۸۱	۲۷۰۰/۰۹	اراضی دارای پوشش گیاهی



شکل شماره (۳): مراحل انجام مطالعه

نتایج

با اعمال شاخص NDVI بر روی تصاویر TM و IRS و با توجه به هیستوگرام‌های به دست آمده، نقشه‌های فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران با تعریف درجات مختلف سرسبزی در سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ تهیه شد. این مهم در اشکال شماره (۴) و (۵) نمایش داده شده است.



شکل شماره (۴): نقشه فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران

سال ۱۳۶۹ (منبع: نویسندگان)

۳- در راستای افزایش سطوح تحت پوشش، بیشترین تبدیلات از کلاس فاقد پوشش به طبقه فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف بوده است. شایان ذکر است که نتایج اعمال مدل مارکوف در پیش بینی تغییرات فضای سبز تا افق ۱۴۰۴ در جدول شماره (۴) نشان داده شده است.

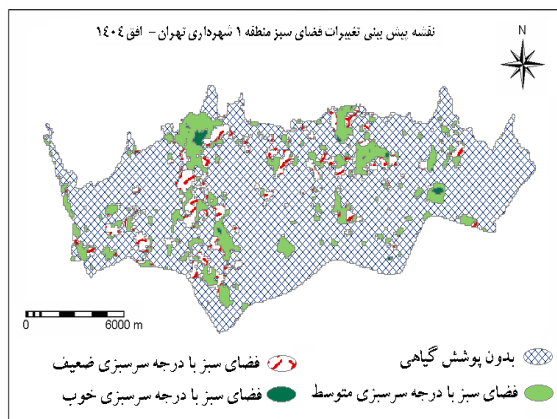
جدول شماره (۴): پیش بینی احتمال تبدیل کلاس های مختلف فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران به یکدیگر تا افق ۱۴۰۴

احتمال	۱	۲	۳	۴
۱	۰/۹۳۰۹	۰/۰۴۵۳	۰/۰۲۳۳	۰/۰۰۰۵
۲	۰/۷۷۴۳	۰/۱۳۲۲	۰/۰۹۱۲	۰/۰۰۲۳
۳	۰/۲۴۸۶	۰/۲۳۶۹	۰/۴۹۳۱	۰/۰۲۲۴
۴	۰/۰۱۲۷	۰/۱۷۲۰	۰/۷۰۴۲	۰/۱۱۱۱

(۱-) اراضی بدون پوشش / ۲- فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف / ۳- فضای سبز با درجه سرسبزی متوسط / ۴- فضای سبز با درجه سرسبزی خوب

بنابراین همان گونه که در جدول شماره (۴) نشان داده شده است بیشترین و کمترین احتمال تخریب تا افق ۱۴۰۴ به ترتیب در اراضی تحت پوشش با درجه سرسبزی ضعیف، متوسط و خوب مشاهده می شود. همچنین تبدیل اراضی فاقد پوشش به اراضی تحت پوشش با درجه سرسبزی ضعیف بیشترین احتمال یعنی ۰/۰۴۵۳ را نشان می دهد.

همچنین با اعمال مدل سلول خودکار - مارکوف با استفاده از احتمالات به دست آمده از اجرای مدل مارکوف، نقشه پیش بینی فضای سبز منطقه مورد مطالعه در سال ۱۴۰۴ (شکل شماره ۷) حاصل و وسعت احتمالی هر یک از طبقات فضای سبز منطقه (نمودار شماره ۸) تعیین شد.



شکل شماره (۷): نقشه پیش بینی فضای سبز منطقه ۱ شهرداری

تهران تا سال ۱۴۰۴ (منبع: نویسندگان)

بنابراین می توان دریافت که در این بازه زمانی وسعت اراضی منطقه ۱ شهرداری تهران که فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف و متوسط بوده اند به میزان ۱۵۳۸/۲۸ هکتار کاهش و به همین میزان به وسعت اراضی فاقد پوشش افزوده شده است. گفتنی است که نتایج بررسی رویه تغییرات با استفاده از تابع Confusion Matrix به ترتیب، در شکل شماره (۶) نمایش داده شده است.

	1	2	3	4	TOTALS
1	7659000	225900	153000	3600	8041500
2	14806800	5013000	1830600	27900	21678300
3	952200	1163700	2958300	108900	5183100
4	6300	9900	92700	30600	139500

شکل شماره (۶): تبدیل کلاس های فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران - (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۵)

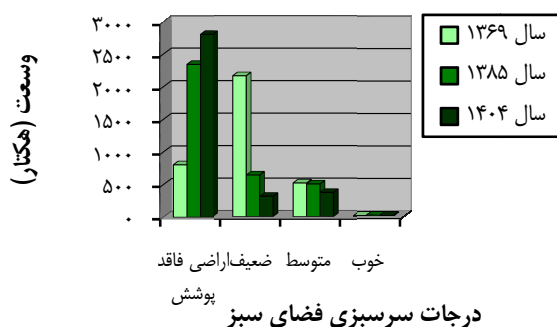
(۱-) اراضی بدون پوشش / ۲- فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف / ۳- فضای سبز با درجه سرسبزی متوسط / ۴- فضای سبز با درجه سرسبزی خوب

با توجه به جدول ارائه شده، می توان رویه تغییرات فضای سبز منطقه مورد مطالعه را در موارد ذیل بیان کرد:

۱- از وسعت کلاس های فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف، متوسط و خوب به ترتیب ۱۴۸۰/۶۸ و ۹۵/۲۲ و ۰/۶۳ هکتار به کلاس اراضی فاقد پوشش تبدیل شده است که این موضوع نشان دهنده تخریب صورت گرفته در فضای سبز منطقه به میزان ۱۵۷۶/۵۳ هکتار است. همچنین مشاهده می شود که ۲۲/۵۹، ۱۵/۳ و ۰/۳۶ هکتار از وسعت اراضی بدون پوشش به ترتیب به اراضی تحت پوشش با درجه سرسبزی ضعیف، متوسط و خوب تغییر یافته است. بنابراین می توان بیان کرد که میزان تخریب نهایی در وسعت فضای سبز، منطقه ۱۵۳۸/۲۸ هکتار است.

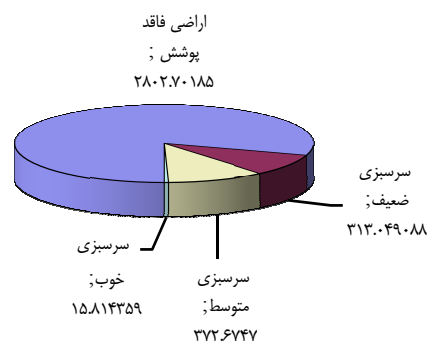
۲- بیشترین وسعت تخریب صورت گرفته در کلاس اراضی تحت پوشش با درجه سرسبزی ضعیف است که به صورت گسترده در منطقه دیده می شود و اراضی تحت پوشش با درجه سرسبزی متوسط و خوب از نظر میزان تخریب در رده بعدی قرار دارد.

تبدیل این اراضی به کلاس اراضی بایر، می‌توان عدم حفاظت از اراضی تحت پوشش را به عنوان یکی از دلایل تخریب نام برد. با توجه به نمودار شماره (۹) می‌توان دریافت که در هر سه مقطع زمانی سالهای ۱۳۶۹، ۱۳۸۵ و ۱۴۰۴ به ترتیب اراضی دارای فضای سبز با درجه سرسبزی ضعیف، متوسط و خوب، بیشترین وسعت را در بر داشته‌اند. نشان‌دهنده آن است که فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران از نظر کمی (وسعت) روند نزولی داشته است ولی از نظر کیفی (ارتقاء، و یا تنزل درجه سرسبزی غالب) تغییری نکرده است. نتایج اعمال مدل‌های مارکوف و سلول خودکار- مارکوف حاکی از پیش‌بینی تداوم این روند تا سال ۱۴۰۴ است.



نمودار شماره (۹): مقایسه تغییرات فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران در فاصله سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۵ و افق ۱۴۰۴

در نمودار شماره (۱۰) مراحل مدیریت و نظارت بر تغییرات پوشش گیاهی شهری پیشنهاد می‌شود. در بررسی راهبرد سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری به کمک ماتریس SWOT، بررسی مشخصه‌های زیر الزامی است: نقطه قوت^{۱۱}، توانمندی‌های سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری را در کاربرد موفق یک شایستگی یا بهره‌برداری از یک عامل کلیدی در جهت توسعه، شامل می‌شود. در مقابل، نقطه ضعف^{۱۲} به عدم توانمندی‌های سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری در کاربرد موفق شایستگی، یا بهره‌برداری از عاملی کلیدی برای توسعه، اشاره می‌کند. همچنین فرصت‌ها^{۱۳}، بر عواملی دلالت می‌کنند که می‌توانند بر عملکرد سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری، تأثیر مثبت داشته باشد. این در حالی است که تهدیدها^{۱۴}، دقیقاً در نقطه مقابل فرصت‌ها قرار گرفته‌اند. با شناخت عوامل فوق می‌توان راهبردهای گوناگون را مطرح کرد. برای نمونه با هدف استفاده از نقاط قوت (S) سازمان پارک‌ها و فضای سبز در بهره‌گیری از فرصت‌ها (O)، می‌توان راهبرد SO را مطرح کرد. همچنین توانایی طرح، راهبرد WO با هدف بهبود نقاط ضعف (W) سازمان با بهره‌گیری از فرصت‌ها (O) نیز وجود دارد. سازمان



نمودار شماره (۸): وسعت پیش‌بینی شده (هکتار) برای هر یک از طبقات فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران - سال ۱۴۰۴

گفتنی است که نتایج به دست آمده از اعمال مدل‌های مارکوف و سلول خودکار- مارکوف براساس احتمالاتی است که طی عملیات ریاضی و با توجه به نقشه‌های پایه سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ حاصل شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه که با هدف بررسی تغییرات فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران در طی سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۵ صورت گرفته، نشان می‌دهد در این دوره به میزان ۱۵۳۸/۲۸ هکتار بر وسعت اراضی فاقد پوشش افزوده و به همین میزان از وسعت اراضی دارای پوشش کاسته شده است که این امر تخریب صورت گرفته در فضای سبز منطقه به علت تغییر کاربری اراضی را نشان می‌دهد. با توجه به کاربری‌های موجود در منطقه، کلاس اراضی فاقد پوشش شامل اراضی شهری و ساخته شده و اراضی بایر است. همچنین کلاس فضای سبز کلیه اراضی فضای سبز عمومی و خصوصی منطقه را شامل می‌شود. بنابراین جهت شناخت علل اصلی تغییر کاربری اراضی منطقه که منجر به تخریب فضای سبز در منطقه ۱ شهرداری تهران شده است، تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه ۱ 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 می‌شود. بدین ترتیب می‌توان تبدیل کلاس فضای سبز به اراضی بایر، اراضی شهری و ساخته شده و اراضی زراعی منطقه را بررسی کرد. همچنین مطالعه تغییرات در کلاس اراضی زراعی با توجه به تبدیل این کلاس به کلاس اراضی شهری و ساخته شده، اراضی بایر و فضای سبز امکان‌پذیر است. بدین ترتیب در صورت تبدیل اراضی فضای سبز و زراعی به اراضی شهری و ساخته شده، علت اصلی تخریب، توسعه شهری بوده و در صورت

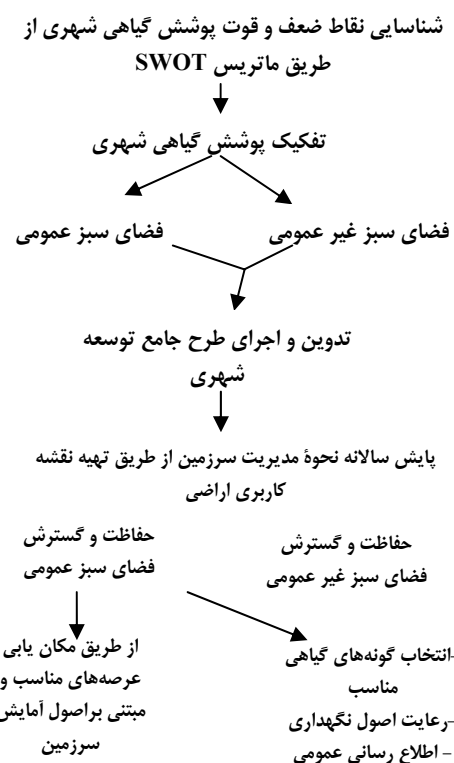
۲- آنچه روش انجام این مطالعه را در مقایسه با دو مطالعه عبدالهی و همکاران (۱۳۸۵ و ۱۳۸۷) گسترده‌تر می‌کند آن است که در مطالعه پیش رو رویه تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه با اعمال تابع confusion matrix نیز بررسی شده است. بدین ترتیب می‌توان تغییر کاربری اراضی مانند تبدیل اراضی دارای پوشش به اراضی فاقد پوشش و بالعکس را بررسی کرد که این موضوع در نواحی شهری با توجه به افزایش روزافزون جمعیت شهرنشینان، افزایش قیمت اراضی و نیاز به توسعه فیزیکی شهرها مهم می‌کند. این تکنیک، همچنین امکان نمایش پراکندگی مکانی تغییرات و عدم تغییرات را در یک نقشه فراهم می‌سازد که در طرح‌های توسعه فضاهای شهری، به عنوان ابزاری کارا در جهت توجه به اراضی تحت پوشش و جلوگیری از تخریب و تغییرات کاربری اراضی آنها مفید است.

۳- همچنین استفاده از مدل‌های مارکوف و سلول خودکار- مارکوف در پیش بینی تغییرات و تهیه نقشه پیش بینی تغییرات فضای سبز از دیگر جنبه‌های نوآوری این مطالعه در مقایسه با مطالعات عبدالهی و همکاران (۱۳۸۵ و ۱۳۸۷) محسوب می‌شود. آنچه که مطالعه حاضر را نسبت به مطالعه Mubea (۲۰۱۰) متمایز می‌کند، اعمال مدل سلول خودکار- مارکوف با استفاده از احتمالات منتج شده از اعمال مدل مارکوف برای تهیه نقشه پیش بینی تغییرات فضای سبز است. با در اختیار داشتن این نقشه موقعیت مکانی- احتمالی (طول و عرض جغرافیایی) تمام پیکسل‌های هر یک از کلاس‌های فضای سبز در اختیار است. بدیهی است که این مسئله به برنامه ریزی‌های آتی کمک شایانی می‌کند.

یادداشت‌ها

- 1-Normalized Difference Vegetation Index
- 2-Universal Transverse Mercator
- 3-Root mean square errors
- 4-Nearest Neighborhood
- 5-Cost Model
- 6-Near Infra Red
- 7-Post Classification Change Detection Technique
- 8-Markov
- 9-State
- 10-Cellular Automata Markov change prediction
- 11-Strength
- 12-Weakness
- 13-Opportunity
- 14-Threat

پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تلاش می‌کند تا با تدوین راهبردهای ST و WT، به ترتیب، آثار ناشی از تهدیدها را کاهش داده و یا از بین ببرد و نقاط ضعف را تا حد ممکن کاسته و از تهدیدات ممانعت کند. گفتنی است که هدف از تدوین راهبردهای مختلف، آن است که بتوان راهبردهای قابل اجرا را تعیین کرد. بررسی راهبردهای مختلف و تشخیص راهبردهای قابل اجرا، امکان شناخت بهتر وضعیت موجود را برای برنامه‌ریزی آتی فراهم می‌کند.



نمودار شماره (۱۰): مراحل مدیریت و نظارت بر تغییرات

فضای سبز

در پایان، با توجه به روش انجام این مطالعه و مطالعه مشابهی که توسط عبدالهی و همکاران (۱۳۸۷ و ۱۳۸۵) در بررسی فضای سبز شهرستان‌های اردکان، تفت، طبس و مهریز صورت گرفته است می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ۱- در مطالعه انجام شده توسط عبدالهی و همکاران (۱۳۸۷) طبقه بندی مقادیر NDVI به شش کلاس مساوی صورت گرفته است که در مطالعه حال حاضر این مقادیر با هدف افزایش دقت نتایج حاصل، با توجه به تغییرات شیب هیستوگرام به دست آمده از اعمال شاخص، طبقه بندی شده است.

منابع مورد استفاده

- اسدالهی، ز.، اسدالهی، ذ. 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، ۱ تا ۵.
- بنیاد، الف.، حاجی قادری، ط. ۱۳۸۶. تهیه نقشه جنگل‌های طبیعی استان زنجان با استفاده از داده‌های سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست ۷، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۲:۶۳۸-۶۲۷.
- زبردست، ل. و همکاران. ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی منطقه حفاظت شده ارسباران در فاصله زمانی ۲۰۰۲، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مجله پژوهش‌های محیط زیست، شماره ۱: ۲۳ تا ۳۳.
- عبدالهی، ج. و همکاران. ۱۳۸۵. بررسی آثار زیست محیطی تغییر کاربری اراضی روی پوشش گیاهی مناطق شهری با استفاده از تکنیک سنجش از دور، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۹: ۱ تا ۶.
- عبدالهی، ج.، چراغی، س.ع.م.، رحیمیان، م.ج. ۱۳۸۷. مقایسه آثار زیست محیطی تغییر کاربری اراضی بر تغییر پوشش گیاهی و دمای سطحی در مناطق شهری و غیر شهری با استفاده از سنجش از دور، محیط شناسی، ۳۴: ۱۰ تا ۱۸.
- علوی پناه، س.ک. و همکاران. ۱۳۸۵. بررسی تغییر پذیری طیفی پدیده‌های مختلف پوشش گیاهی و آب با استفاده از سنجش از دور، پژوهش‌های جغرافیا، ۵۸: ۸۱ تا ۹۷.
- فاطمی، س.ب.، رضایی، ی. ۱۳۸۴. مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده
- مرکز آمار ایران. ۱۳۹۰. سالنامه آماری استان تهران.
- نیازی، ی. و همکاران. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه سد لتیان)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۰: ۱۱۹ تا ۱۳۲.
- Balster, H. 2000. Markov- chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modeling*, 126: 139-154.
- Chen, X., et al. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and Land use/cover changes, *Remote Sensing of Environment*, 133-146.
- Dellepian, S.G., 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.
- Dewan, A., Y., Yamaguchi. 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization, *Applied Geography*, 390-401.
- He, C., et al. 2006. Modeling Urban expansion scenarios by coupling cellular automata model and system dynamic model in Beijing, China, *Applied Geography*, 26:323-345.
- Jiang, Z., et al. 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrivals of vegetation fraction, *Remote Sensing of Environment*, 366-378.

Julien, Y., J., Sobrino, W., Verhoef .2006. Changes in land surface temperatures and NDVI values over Europe between 1982 and 1999, *Remote Sensing of Environment*, 43-55.

Lee, T., 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.

Leeuwen, W., et al. 2006. Multi-sensor NDVI data continuity: uncertainties and implications for vegetation monitoring applications, *Remote Sensing of Environment*, 67-81.

Martinez, B. , M., Gilabert .2009. Vegetation dynamics from NDVI time series analysis using wavelet transform, *Remote Sensing of Environment*, 1823-1842.

Mubea, K.W., T.G., Ngigi, 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>

Park, S., et al. 2011. Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and urban planning*, 99:104-114.

Rafiee, R., A., Mahiny, N., Khorasani. 2009. Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 431-438.

Ronald Eastman, J. 2006. *Instruction to remote sensing*, the Guilford press.

Shalaby, A. , 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

Weiss, J., et al. 2004. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semi-arid setting, central New Mexico, USA, *Journal of Arid Environments*, 249-272.