پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۳
ص ۱۷۷-۱۹۳

برنامه‌ریزی استراتژیک از طریق پایش مکانی– زمانی آثار شهرنشینی بر اکوتون‌های کوهپایه‌ای در محدودهٔ جغرافیایی البرز مرکزی

سید محمود هاشمی* ـ دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران
احمدرضا یاوری ـ دانشیار دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران
حمیدرضا جعفری ـ استاد دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۱۴ تأیید مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۰۵

چکیده

اکوتون‌های کوهپایه‌ای که در حد فاصل کوه و دشت واقع شده‌اند و نقش مفصل ارتباطی بین این دو منطقه را ایفا می‌کنند، به لحاظ اکولوژیک، ناحیه‌ای استراتژیک محسوب می‌شوند. در این تحقیق روند تغییرات اکوتون‌های کوهپایه‌ای به‌واسطهٔ رشد کلان‌شهرهای تهران و کرج تجزیه و تحلیل شده است. تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۰ (Landsat 7 ETM+) و سال ۲۰۱۳ (Landsat 8 OLI/TIRS) برای استخراج روند تغییرات پوشش زمین استفاده شد. پوشش‌های زمین در چهار کلاس عمدهٔ پوشش گیاهی، فضای باز، ساخت‌وساز و آب طبقه‌بندی شدند. محدودهٔ اکوتونی کوهپایه‌ها در چهار واحد طولی پهنه‌بندی شد: ۱. واحد شمال تهران، ۲. واحد حومهٔ تهران- کرج، ۳. واحد شمال کرج، و ۴. واحد حومهٔ غربی کرج. نتایج نشان داد که پوشش‌های گیاهی و فضای باز مبدأ بیشتر تحولات‌اند و مقصد نهایی تبدیلات، پهنه‌های ساخت‌وسازند. به‌طور کلی، پوشش گیاهی ۱۱/۰۲ درصد کاهش، ساخت‌وسازها ۲۳/۶۸ درصد افزایش و فضاهای باز ۱۲/۸۵ درصد کاهش داشته‌اند. در مجموع، ۳۲/۹۲ درصد از نقاط این محدوده دچار تغییرات شده‌اند که به‌ترتیب پهنه‌های ۱، ۴، ۲ و ۳ شامل ۱۱/۸۰، ۸/۴۳، ۷/۷۷ و ۴/۹۳ درصد است. بیشترین درصد تغییرات از هر واحد در پهنهٔ ۲ (حومهٔ تهران- کرج) با ۵۱/۹۴ درصد، پهنهٔ ۱ (شمال تهران) با ۳۹/۹۳ درصد، پهنهٔ ۴ (حومهٔ غربی کرج) با ۲۴/۸۸ درصد و کمترین درصد تغییرات در پهنهٔ ۳ (شمال کرج) با ۲۲/۸۰ درصد اتفاق افتاده است.

کلیدواژه‌ها: اکوتون‌های شهری، برنامه‌ریزی استراتژیک، پایش اثرهای شهرنشینی، دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی، کوهپایه‌های تهران- کرج.

نویسندهٔ مسئول:
* E- mail: hashemism@ut.ac.ir

مقدمه

کاربری/ پوشش زمین و برنامه‌ریزی استراتژیک

استفاده از سرزمین ساختار و عملکرد سیستم‌های اکولوژیکی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و تغییرات سرزمین مهم‌ترین عامل در از دست رفتن تنوع زیستی در سرتاسر جهان است (Dale et al., 2001: 30). آثار تغییر سرزمین بسیار فراتر از مرزهای تغییریافته گسترش می‌یابد؛ به‌طوری که حدود یک سوم تا یک دوم سطح خشکی‌ها توسط فعالیت‌های انسانی تغییر شکل یافته‌اند (Vitousek et al., 1997: 495). تغییرات پوشش اراضی، اقلیم منطقه‌ای و چرخه‌های هیدرولوژیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاربری زمین از طرفی فراهم‌آورندهٔ منابع طبیعی و خدمات اکوسیستمی برای جوامع انسانی است و از طرف دیگر، موجب افت کیفیت و تخریب اکوسیستم‌ها و خدمات آن می‌شود (Ecosystems and human well-being, 2005: 15). تدوین سیاست‌های پایدار در زمینهٔ کاربری/ پوشش زمین و ارتقای توان بازگشت‌پذیری اکوسیستم‌ها، می‌تواند از حوادث ناگوار آینده جلوگیری کند (Foley et al., 2005: 571). کاربری زمین و مدیریت سرزمین، منشأ اصلی تغییرات زیست‌محیطی است (Dale et al., 2000: 640). برنامه‌ریزی استراتژیک زیست‌محیطی در مقیاس‌های کلان (مقیاس منطقه و سرزمین) و با توجه به ابعاد فرهنگی و اکولوژیکی به‌صورت توأم می‌تواند پایداری محیط زیست را تضمین کند (Ahern, 2005: 120). دانش اکولوژیک پیش‌نیازی ضروری در برنامه‌ریزی استراتژیک برای پایداری است (Zonneveld, 2005: 345). بعد مکانی پایداری شامل فرایندها و ارتباطات بین اکوسیستم‌ها و کاربری‌ها در مقیاس‌های مختلف و در طی زمان است (Botequilha and Ahern, 2002: 91). آینده فقط چیزی نیست که پیش روی ماست، بلکه همچنین چیزی است که ما آن را می‌سازیم (Farina, 2010: 13). آینده از طریق فرایندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی شکل می‌گیرد. اکولوژی سرزمین، نقش محوری در تدوین سیاست‌های آیندهٔ سرزمین ایفا می‌کند (Forman, 2008: 19). برنامه‌ریزی استراتژیک از طریق «راه‌حل‌های مکانی» در واقع الگوهایی از اکوسیستم‌ها یا کاربری‌هاست که ویژگی‌های اصلی و مهم آن سرزمین را حفظ و نگهداری می‌کند (Forman and Collinge, 1997: 130). سه جزء اصلی برای برنامه‌ریزی استراتژیک از طریق «راه‌حل‌های مکانی» شامل موارد زیر است: الف) الگوهای بایسته و گریزناپذیر: چیدمانی از عناصر سرزمین که غیرقابل جایگزین‌اند؛ ب) الگوی Aggregate-with-outlier: چیدمان مؤثر عناصر در سطح سرزمین؛ ج) نقاط استراتژیک: مکان‌هایی که اهمیت اکولوژیک استثنایی و بلندمدت دارند.

پایش شرایط سرزمین و تغییرات آن در طی زمان پیش‌نیازی برای تصمیم‌گیری بهتر در آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی استراتژیک است. تغییرات محلی هنگامی می‌تواند به‌خوبی ادراک شود که در بستر جغرافیایی کلان مدنظر قرار گیرد و ارتباطش با ماتریس پیرامونی بررسی شود (Antrop, 2004: 26). تعیین وضعیت و روندهای تغییر در الگوی عناصر در مقیاس سرزمین، ضرورتی برای ادراک بهتر شرایط منابع اکولوژیک است. قابلیت‌های کنونی در فناوری شامل سنجش از دور ماهواره‌ای (RS) و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) همراه با دانش اکولوژی سرزمین زمینهٔ مناسبی برای پایش کیفیت زیست‌محیطی در مقیاس سرزمین فراهم می‌آورد (O'Neil et al., 1997: 515). کمی‌سازی الگوی سرزمین و تغییرات آن طی زمان، ضرورتی برای برنامه‌ریزی استراتژیک زیست‌محیطی است (Luck and Wu, 2002: 338).

پایش تغییرات سرزمین

در تحقیقی که توسط Antrop (2004) صورت گرفته است، روند شهرنشینی در اروپا در طول تاریخ بررسی گردیده است. وسعت نسبی کنونی کاربری‌های عمده در سطح اروپا به شرح زیر است: جنگل (۳۳٪)، مناطق طبیعی و کشاورزی گسترده (۲۴٪)، زمین‌های قابل کشت و کار (۲۴٪)، مزرعه‌های دائمی (۱۶٪)، علفزار (۲٪)، شهری (۱٪). نرخ کنونی شهرنشینی در بیشتر کشورهای اروپایی از مرز ۸۰٪ گذشته است و این روند انفجاری حاکی از نیروی قوی شهرگرایی طی دهه‌های اخیر است.

تغییرات زیست‌محیطی در مقیاس‌های متعددی (از مقیاس محلی، سرزمین و منطقه‌ای گرفته تا قاره‌ای و جهانی) روی می‌دهند (Botequilha and Ahern, 2002: 90). برخی از مهم‌ترین تغییرات زیست‌محیطی در مقیاس سرزمین روی می‌دهند که می‌توان به این موارد اشاره کرد: شهرسازی و توسعهٔ شهرنشینی، جنگل‌زدایی، خشک شدن تالاب‌ها، تغییرات کاربری اراضی (O'Neil et al., 1997: 514). مقیاس سرزمین از اهمیت بسزایی در مدیریت و برنامه‌ریزی‌های کالبدی- فضایی برخوردار است ((Forman, 1995: 260); (Forman and Godron, 1986: 54)). تغییرات در مقیاس سرزمین مستقیماً فرایندهای اکولوژیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. الگوی مکانی عناصر در مقیاس سرزمین بر جابه‌جایی گونه‌ها، استفاده از منابع، شبکهٔ ارتباطات گونه‌ها و دیگر فرایندهای اکولوژیک تأثیرگذار است (Farina, 2010: 85).

در پژوهشی که توسط Rhemtulla et al., (2007)، انجام گرفته است، کاربری و پوشش زمین در دوره‌های زمانی مختلف (۱۸۵۰-۱۹۳۵-۱۹۹۳) در ویسکانسین ایالات متحده امریکا بررسی شده است. در سال‌های ۱۸۵۰ تا ۱۹۳۵ پوشش جنگلی از ۸۴٪ به ۵۶٪ کاهش یافته و اراضی زراعی ۲۴٪ افزایش یافته است. اطلاعات تاریخی از روند تغییرات کمک شایانی به ترمیم و بازسازی اکولوژیک در مقیاس منطقه‌ای می‌کند (Ndubisi, 2002: 134). علت اصلی تغییرات پوشش زمین، تغییر نوع کاربری زمین است و نیرو محرکه‌های تغییرات کاربری اراضی را باید در مسائل اقتصادی (مانند افزایش قیمت زمین) و اجتماعی (مانند شهرگرایی) جست‌وجو کرد. نتایج مطالعاتی که توسط Tasser and Tappeiner, (2002) در درهٔ Passeier، جنوب Tyrol، ایتالیا در زمینهٔ آثار تغییر کاربری بر پوشش گیاهی کوهستانی در محدودهٔ ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۲۳۰۰ متری بالاتر از سطح دریا صورت گرفت نشان می‌دهد که:

- کاربری اراضی کنونی تا اندازهٔ زیادی با دسترسی به‌واسطهٔ وسایل نقلیه کنترل می‌شود.
- پوشش گیاهی موجود قویاً با کاربری کنونی هم‌بستگی دارد.
- فرایند توالی بلافاصله پس از رهاسازی زمین شروع می‌شود که بسته به ارتفاع، سرعت روند توالی و مراحل آن تغییر می‌کند.
- تغییر کاربری اراضی به تغییر پوشش گیاهی آن منجر می‌شود.

نتایج پژوهش Laush and Herzog, (2002) نشان دادند که کاربرد روش‌ها و فنون سنجش از دور پیش‌نیاز پایش تغییرات کاربری/ پوشش اراضی است و تکنیک‌های پردازش استانداردشده ضرورتی برای مطالعات تطبیقی و مقایسه‌ای است. هدف تحقیق Pauliet et al., (2005) این بوده است که تغییرات پوشش اراضی به‌ویژه فضاهای سبز چگونه با شرایط اقتصادی- اجتماعی آن محدوده در ارتباط است. نویسندگان این مقاله پیشنهاد می‌دهند که پایش بزرگ مقیاس

توسط تصاویر ماهواره‌ای بایستی با پایش تغییرات محلی مرتبط شوند تا شبکه‌ای از پایش محیط زیست در مقیاس‌های مختلف شکل بگیرد.

طرح مسئله و اهداف

با توجه به اینکه بیش از ۵۰ درصد ایران کوهستانی است (فیروز، ۱۳۵۳: ۱۵)، نرخ کنونی شهرنشینی بیش از ۷۵ درصد است و رشد شهرنشینی در ده سال گذشته ۱/۵ درصد بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳)؛ و نیز با توجه به آسیب‌پذیری اکولوژیک کوهستان‌ها (Korner, 2007: 570); (Bogachev, 2004: 340) و اینکه بیشتر شهرهای ایران در نواحی دشتی استقرار یافته‌اند (سعیدنیا، ۱۳۶۸: ۸)؛ (رهنمایی، ۱۳۶۹: ۱۲۱)، طرح این مسئله ضرورت می‌یابد که نواحی شهری و مناطق کوهستانی چگونه در ارتباط اند؟ توسعهٔ لجام گسیخته و ناپایدار در منطقهٔ شهری تهران- کرج موجب تغییرات گسترده در ساختار سرزمین و به تبع آن در عملکردهای اکولوژیکِ مؤثر آن شده و افت کیفیت محیط زیست را به همراه داشته است (علی‌پور، ۱۳۷۳: ۷۸)؛ (مداحی، ۱۳۸۹: ۱۲۰)؛ (رزاقی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۷۳۴۰). منطقهٔ شهری تهران- کرج به عنوان متمرکزترین زیستگاه انسانی در فلات مرکزی ایران، از مشکلات عدیدهٔ ناشی از عملکرد نابسامانِ فرایندهای اکولوژیک مؤثر، همچون آلودگی هوا، آب، صدا، منظر و غیره رنج می‌برد (هورکاد، ۱۳۸۸: ۳۹). هدف اصلی این تحقیق بررسی ارتباطات، تغییرات و نحوهٔ اتصال در اکوتون‌های کوهستانی- دشتی در منطقهٔ البرز جنوبی است. اکوتون‌های کوهپایه به عنوان مفصل ارتباطی بین کوه در بالادست و دشت در پایین‌دست در نواحی شهری چگونه تغییر کرده است؟ با مقایسهٔ اکوتون‌های طبیعی، نیمهٔ دست‌خورده و دست‌نخورده می‌توان الگوی تغییرات را به‌دست آورد. شناسایی این الگوها به برنامه‌ریزی در سطوح استراتژیک کمک خواهد کرد (Botequilha and Ahern, 2005: 120); (Ahern, 2002: 92).

مواد و روش‌ها

محدودهٔ مطالعاتی

رشته‌کوه‌های البرز به‌صورت قوس بزرگی با جهت تقریبی شرقی- غربی در شمال ایران قرار دارد (محمودی، ۱۳۶۹: ۱۳۴). ارتفاع متوسط البرز ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر است و دارای دره‌هایی است که کف آنها در ارتفاع ۲۰۰۰ متری قرارگرفته است (حدیثی و جعفرپور، ۱۳۸۱: ۲۱۰). رشته‌کوه‌های البرز از لحاظ طولی توسط رودهای بزرگی که در دامنه‌های شمالی و جنوبی آن جریان دارد، به سه واحد جداگانهٔ غربی، مرکزی و شرقی تقسیم می‌شود (شهیدی و نظری، ۱۳۹۰: ۴۵). واحد مرکزی در عرض رودهای هراز، جاجرود، چالوس و کرج به سه قسمت شمالی (دیوارهٔ شمالی)، مرکزی (دیوارهٔ میانی) و جنوبی (دیوارهٔ جنوبی) تقسیم می‌شود. در دامنه‌های جنوبی دو رود اصلی و دائمی جاجرود و کرج به همراه شعبات زیادی که دارند جریان دارند (Saemian, 2012: 14). رودهای کوتاه و فصلی دیگری از جمله سولقان (کن)، درکه و جعفرآباد (تجریش) در منطقه واقع شده‌اند که از ارتفاعات منتهاالیه جنوبی البرز سرچشمه می‌گیرند (شهرداری تهران؛ ۱۳۷۰).

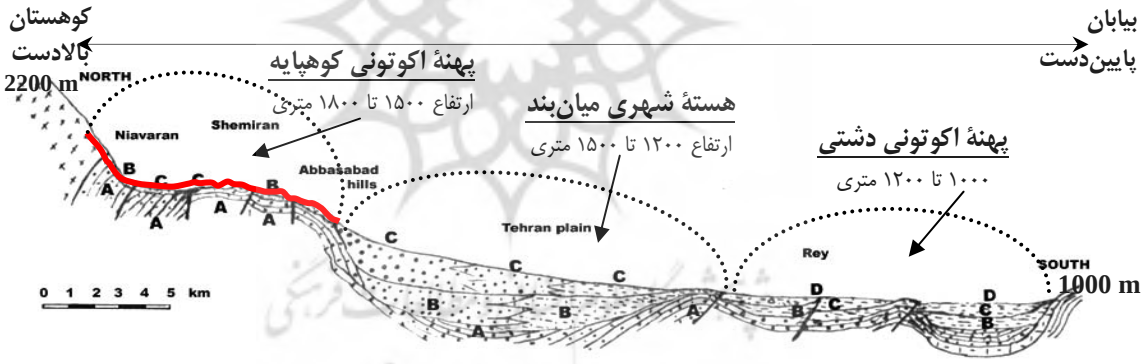
منطقهٔ تهران- کرج را می‌توان به ۳ واحد کلی و تعدادی زیر واحدهای کوچک‌تر تقسیم کرد (Yavari et al., 2007: 330):

۱. بخش کوهستانی البرز

۲. مخروط افکنه‌های پایکوهی: الف) لندفرم هزاردره در شمال (آبرفت‌های مرحلهٔ اول)؛ ب) تپه‌های کنگلومرایی نیمهٔ شمالی (آبرفت‌های مرحلهٔ دوم)؛ ج) مخروط‌های جدید (مرحلهٔ سوم)؛ د) آبرفت‌های جدید و بستر سیلابی رودها (مرحلهٔ چهارم).

۳. دشت‌های آبرفتی بخش جنوبی (شکل ۱).

جمعیت شهر تهران که در سال ۱۲۶۲، ۱۰۶ هزار نفر بود، در سال ۱۳۹۰ به ۸ میلیون و ۴۲۹ هزار و ۸۰۷ نفر رسید که نشان‌دهندهٔ افزایش ۶۰ برابری در این فاصلهٔ زمانی است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳). از سوی دیگر، رشد جمعیت موجب گسترش فیزیکی شهر گردید و شهری که تا اوایل دههٔ ۱۳۰۰ درون حصاری به وسعت ۲۴ کیلومتر مربع قرار داشت، امروزه تبدیل به کلان‌شهری با هسته‌های متعدد مسکونی و صنعتی شده است. رشد فزاینده و کنترل‌ناپذیر جمعیت شهرهای تهران و کرج و شهرک‌های اقماری آنها، ایجاد تأسیسات شهری و استقرار تعداد زیادی از واحدهای صنعتی در این محدوده، همچنین وجود واحدهای بزرگ کشاورزی در اراضی پیرامونی تهران و کرج مسائل متعدد زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی را ایجاد کرده است. (رهنمایی، ۱۳۶۹: ۲۴).



شکل ۱. مقطع شمالی- جنوبی منطقهٔ تهران در سیستم هم‌بستهٔ بالادست- پایین‌دست در دامنه‌های البرز مرکزی (After (Jahani and Reyhani 2006, 118

داده‌ها

اطلاعات پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به Landsat 7 ETM+ و Landsat 8 OLI_TIRS به‌دست آمد. این اطلاعات از طریق سایت USGS با فرمت GeoTiff، تصحیح هندسی تا سطح 1G و سیستم مختصاتی UTM WGS 1984 Zone 39N تهیه شد (Landsat Project Office, 2002) (US Geological Survey, 2013). علت انتخاب مقاطع زمانی، موجود بودن تصاویر و هدف تحقیق بوده است (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

سنجنده	تاریخ اخذ تصویر	توان طیفی	ساعت تصویربرداری (به وقت محلی)	باندهای انعکاسی مورد استفاده	توان تفکیک	زاویهٔ آزیموت خورشیدی	گذر و ردیف
ETM+	18 July 2000	۸ بیت	۱۰:۲۹:۳۱	۷-۵-۴-۳-۲-۱	۳۰ متر	۳۱/۱۱۸	PATH = 164 ROW = 035
ETM+	25 July 2000	۸ بیت	۱۰:۳۵:۳۰	۷-۵-۴-۳-۲-۱	۳۰ متر	۵۱/۱۲۰	PATH = 165 ROW = 035
OLI_TIRS	11 May 2013	۱۶ بیت	۱۰:۴۰:۰۱	۷-۶-۵-۴-۳-۲	۳۰ متر	۹۱/۱۳۰	PATH = 164 ROW = 35
OLI_TIRS	19 June 2013	۱۶ بیت	۱۰:۳۶:۱۳	۷-۶-۵-۴-۳-۲	۳۰ متر	۰۳/۱۱۹	PATH = 165 ROW = 35

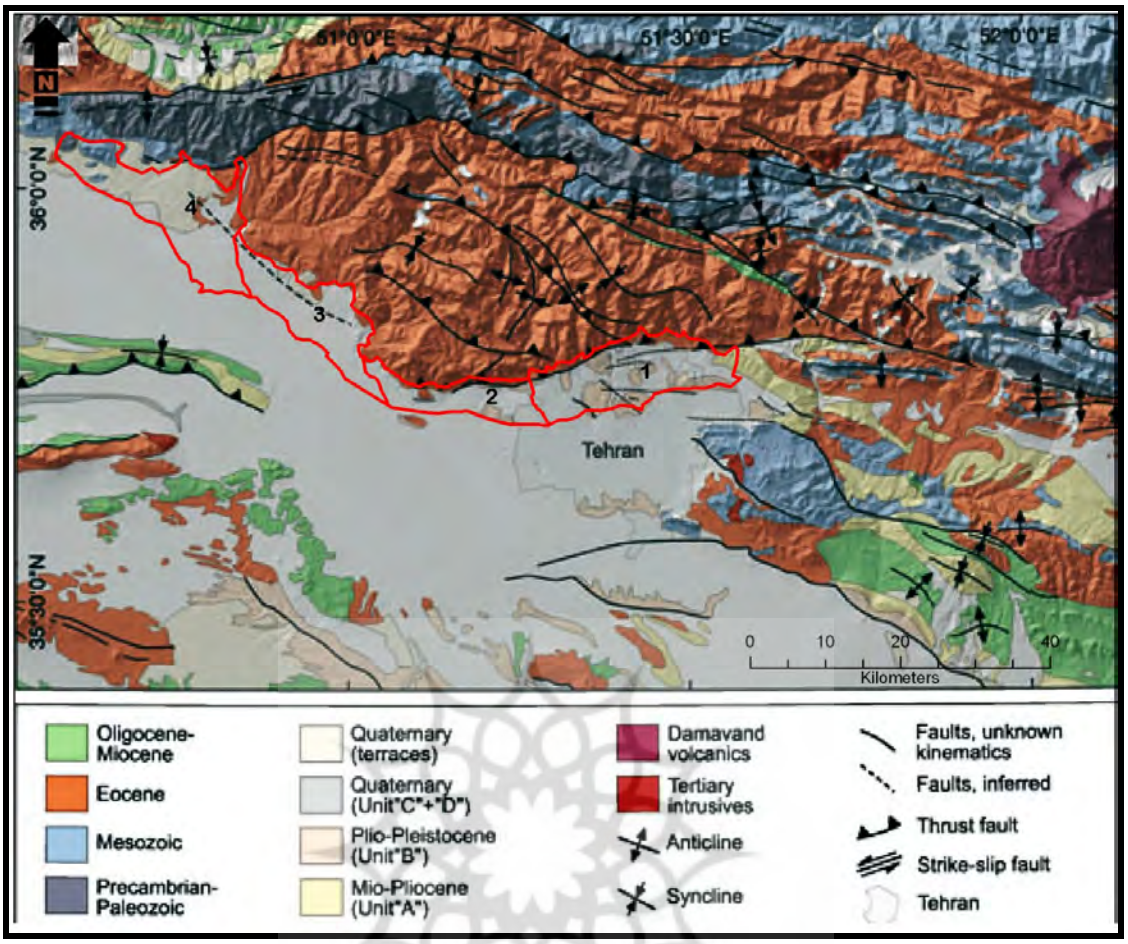
اطلاعات سازنده‌ها، شکل زمین، ژئومورفولوژی، شیب، ارتفاع و جهت با استفاده از ASTER GDEM با فرمت GeoTIFF و توان تفکیک 1 arc-second با سیستم مختصاتی WGS84/EGM96 geoid از طریق سایت USGS به‌دست آمد. نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین‌شناسی، توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ از سازمان نقشه‌برداری کشور و عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ از سازمان جغرافیایی ارتش استخراج شد (شکل ۲).

روش‌شناسی

آماده‌سازی داده‌ها و تصحیح هندسی

به دلیل جدا بودن فایل‌های مربوط به باندهای انعکاسی (باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷) قبل از انجام تصحیح هندسی، باندها به فرمت img تبدیل شدند و در یک فایل قرار گرفتند (عملیات Layer Stacking) و در محدودهٔ مورد نظر برش داده شدند.

تصحیح هندسیِ هر چهار تصویر ماهواره‌ای از طریق ارجاع و تطبیق با نقشهٔ توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری با استفاده از ۲۵ نقطهٔ کنترل زمینی (GCP) اکثراً شامل تقاطع خیابان‌ها و جاده‌ها با پراکنش مناسب در سطح تصاویر انجام گرفت (شکل ۳). در این مطالعه خطایِ RMS برای همهٔ تصاویر کمتر از نیم پیکسل بود. در ضمن سیستم مختصاتی به‌کاررفته برای تصاویر، UTM بیضوی WGS-84 زون ۳۹ شمالی است (شکل ۳).



شکل ۲. زمین‌شناسی محدودهٔ مطالعاتی (با اقتباس از Landgraf et al. 2009, 678).

طبقه‌بندی پوشش زمین و تهیهٔ موزاییک نقشه‌ها

پوشش زمین به چهار طبقه تقسیم شد: پوشش گیاهی، ساخت‌وساز، فضای باز و آب. طبقه‌بندی به شکل نظارت‌شده با معرفی نمونه‌های تعلیمی و الگوریتم حداکثر شباهت با استفاده از نرم‌افزار ERDAS IMAGINE 8.4 انجام گرفت. ۴۰ نمونهٔ تعلیمی برای هر تصویر (۱۰ نمونه برای هر پوشش) مورد استفاده قرار گرفت. مناطق کوچک‌تر از ۰/۲۷ هکتار (۳ پیکسل در یک پیکسل) در واحدهای بزرگ‌تر کناری ادغام شد. ارزیابی صحت برای تصاویر انجام گرفت و میزان آن بیشتر از ۸۰ ٪ محاسبه شد. پس از مرحلهٔ طبقه‌بندی، نقشه‌های پوشش مربوط به هر مقطع زمانی در کنار یکدیگر موزاییک شدند (شکل ۳).

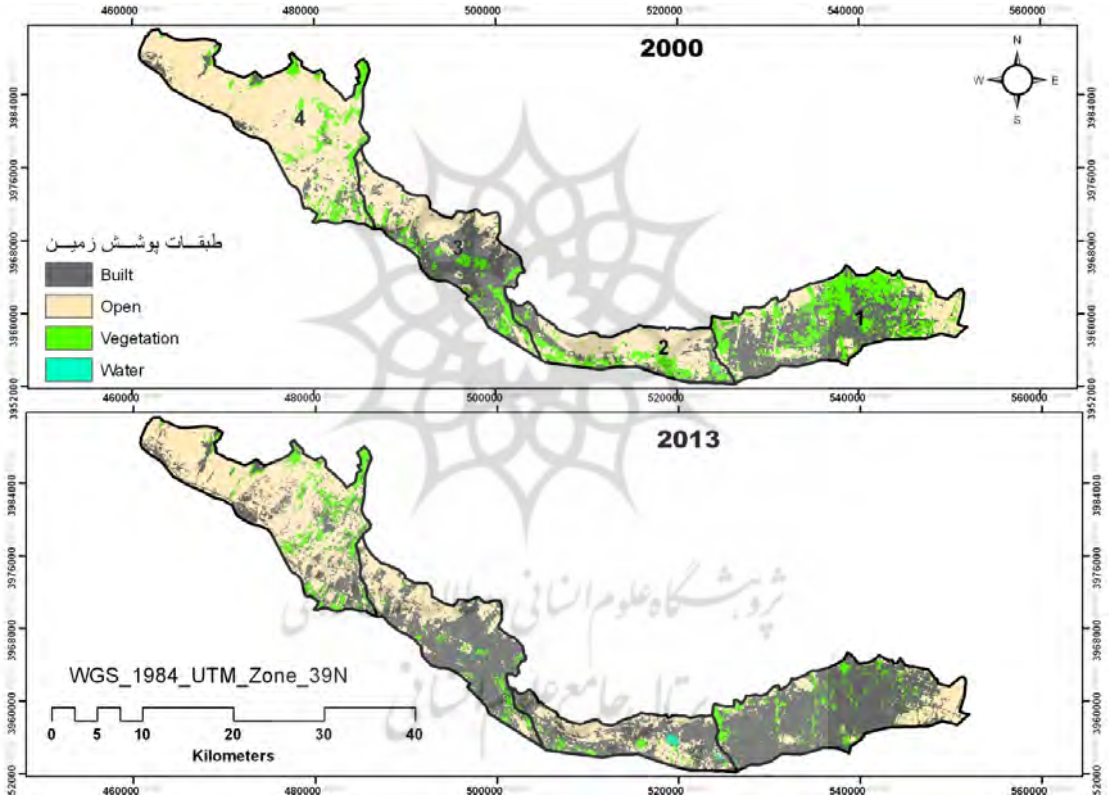
تعیین حدود اکوتون کوهپایه‌ها

مرز شمالی اکوتون کوهپایه‌ها همان خط کنیک قرار داده شد. خط کنیک مرز بین کوه و دشت‌سر یا پدیمنت است. مرز بین دشت‌سر و کوهستان را بر اساس شیبشان می‌توان تشخیص داد. مرز جنوبی با استفاده از تلفیق واحدهای ژئومورفولوژیک تپه ماهورها و خط تراز ارتفاعی ۱۳۰۰ متر تعیین شد. مرزهای شمالی و جنوبی با استفاده از عکس‌های

هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ترسیم شدند. مرز شرقی بر مرز اداری شهرداری تهران و مرز غربی بر مرز تقسیمات اداری استان البرز منطبق است. داده‌های تقسیمات اداری از مرکز سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شهر تهران (۱۳۸۵) و مطالعات طرح جامع شهر تهران (۱۳۸۶) تهیه شد. مجموع عملیات روی داده‌های وکتوری با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.2 انجام گرفت.

پهنه‌بندی طولی اکوتون

کل محدودهٔ مطالعاتی به لحاظ منابع اراضی و کاربری‌ها به چهار واحد تقسیم شد: واحد ۱. واحد شمال تهران تا رود درهٔ کن؛ واحد ۲. رود درهٔ کن تا رود کرج؛ واحد ۳. رود کرج تا رود کردان؛ واحد ۴. رود کردان تا آبیک. تحلیل‌های اطلاعات به تفکیک پهنه‌ها با استفاده از مجموعهٔ Spatial Analyst و Zonal در نرم‌افزار ArcGIS 9.2 انجام گرفت.

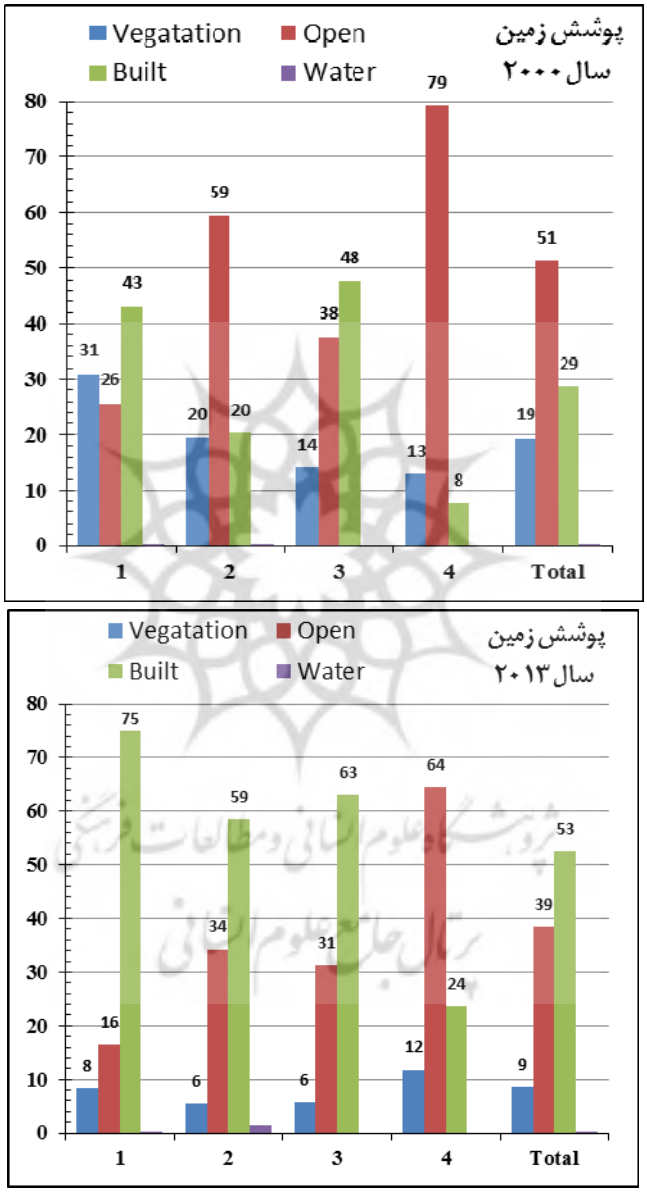


شکل ۳. موزاییک نقشهٔ پوشش زمین در مقاطع زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳.

نتایج و یافته‌ها

نتایج نشان می‌دهد که در کل پهنه‌ها در سال ۲۰۰۰ از نظر مساحت نسبی به‌ترتیب فضای باز (۵۳/۴۳ درصد)، ساخت‌وساز (۲۸/۷۳ درصد) و سپس پوشش گیاهی (۱۹/۴۸ درصد) قرار دارند، اما در سال ۲۰۱۳ با اولویت متفاوت به‌ترتیب ساخت‌وساز (۵۲/۵۹ درصد)، فضای باز (۳۸/۵۵ درصد) و سپس پوشش گیاهی (۸/۵۳ درصد) قرار گرفته‌اند. در سال ۲۰۰۰ وسعت ساخت‌وساز به‌ترتیب از پهنه‌های ۳ (شمال کرج) و ۱ (شمال تهران) به پهنه‌های ۲ (حومهٔ تهران–کرج) و ۴ (حومهٔ غربی کرج) با مقادیر نسبی ۴۷/۸۶، ۴۳/۱۲، ۲۰/۲۶ و ۷/۶۹ درصد کاهش می‌یابد. در سال ۲۰۱۳ پهنهٔ

۱ با مقدار ۷۴/۹۶ درصد ساخت‌وساز و پهنه‌های ۳، ۲ و ۴ با ۶۳/۰۱، ۵۸/۵۹ و ۲۳/۷۴ درصد به‌ترتیب قرار می‌گیرند. به لحاظ پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۰ پهنهٔ ۱ (شمال تهران) با مقدار ۳۰/۹۲ درصد و در سال ۲۰۱۳ پهنهٔ ۴ (حومهٔ غربی کرج) با ۱۱/۸۲ در مقام نخست قرار دارند. از نظر فضای باز پهنه‌های ۴، ۲، ۳ و ۱ با مقادیر ۷۹/۲۱، ۵۹/۴۴، ۳۷/۶۱ و ۲۵/۶۷ درصد در سال ۲۰۰۰ به‌ترتیب کاهش قرار دارند و در سال ۲۰۱۳ با همان ترتیب اولویت، اما به‌ترتیب با مقادیر کاهش‌یافتهٔ ۶۴/۴۲، ۳۴/۲۸، ۳۱/۲۰ و ۱۶/۴۹ درصد تبدیل شده‌اند (شکل ۴).



شکل۴. نمودار وسعت پوشش زمین در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳

در بازهٔ زمانی ۱۳ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ در محدودهٔ اکوتونی کوهپایه‌های دامنهٔ جنوبی البرز مرکزی پوشش گیاهی از ۱۹/۴۸ به ۸/۵۳ درصد، فضای باز از ۵۱/۴۳ به ۳۸/۵۵ درصد و عرصه‌های ساخته‌شده از ۲۸/۷۳ به ۵۲/۵۹ درصد تغییر کرده‌اند. کاهش پوشش گیاهی در پهنهٔ ۱ (شمال تهران) از ۳۰/۹۲ به ۸/۳۱ درصد و کاهش فضای باز پهنهٔ

۲ (حومه تهران– کرج) از ۵۹/۴۴ به ۳۴/۲۸ درصد، بارزترین تغییرات در این محدوده است. بیشترین تغییرات فضای باز در پهنهٔ ۲ (از ۵۹/۴۴ سال ۲۰۰۰ به ۳۴/۲۸ درصد در سال ۲۰۱۳) و کمترین آن در پهنهٔ ۳ (از ۳۷/۶۱ در سال ۲۰۰۰ به ۳۱/۲۰ در سال ۲۰۱۳) اتفاق افتاده است. بیشترین تغییرات پوشش گیاهی در پهنهٔ ۱ (از ۳۰/۹۲ در سال ۲۰۰۰ به ۸/۳۱ درصد در سال ۲۰۱۳) و کمترین تغییرات در پهنهٔ ۴ (از ۱۲/۸۰ در سال ۲۰۰۰ به ۱۱/۸۲ در سال ۲۰۱۳) مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲. تغییرات پوشش‌ها و نسبت تغییرات به تفکیک پهنه‌ها

تغییرات / پهنه‌ها	۱	۲	۳	۴	کل
$Dveg=(Tot_V_{2013})-(Tot_V_{2000})$	-22.67%	-14.19%	-8.50%	-1.06%	-11.02%
$Dbui=(Tot_B_{2013})-(Tot_B_{2000})$	31.65%	37.99%	14.91%	16.00%	23.68%
$Dopn=(Tot_O_{2013})-(Tot_O_{2000})$	-9.03%	-24.96%	-6.41%	-14.94%	-12.85%
$Dwat=(Tot_W_{2013})-(Tot_W_{2000})$	0.04%	1.16%	0.00%	0.00%	0.19%
میزان کل تغییرات از هر پهنه	٪۳۹/۹۳	٪۵۱/۹۴	٪۲۲/۸۰	٪۲۴/۸۸	٪۳۲/۹۲
تغییرات از کل پهنه‌ها	٪۱۱/۸۰	٪۷/۷۷	٪۴/۹۳	٪۸/۴۳	٪۳۲/۹۲
تغیر از کل تغییرات	٪۳۵/۸۵	۲۳/۵۹	٪۱۴/۹۶	٪۲۵/۶۰	٪۱۰۰/۰۰

به‌طور کلی پوشش گیاهی ۱۱/۰۲ درصد کاهش، ساخت‌وسازها ۲۳/۶۸ درصد افزایش و فضاهای باز ۱۲/۸۵ درصد کاهش داشته‌اند. مجموعاً ۳۲/۹۲ درصد از نقاط این محدوده دچار تغییرات شده‌اند که به‌ترتیب پهنه‌های ۱، ۴، ۲ و ۳ شامل ۱۱/۸۰، ۸/۴۳، ۷/۷۷ و ۴/۹۳ درصد است. بیشترین درصد تغییرات از هر واحد در پهنهٔ ۲ (حومهٔ تهران– کرج) با ۵۱/۹۴ درصد، پهنهٔ ۱ (شمال تهران) با ۳۹/۹۳ درصد، پهنهٔ ۴ (حومهٔ غربی کرج) با ۲۴/۸۸ درصد و کمترین درصد تغییرات در پهنهٔ ۳ (شمال کرج) با ۲۲/۸۰ درصد اتفاق افتاده است. بیشترین درصد تغییر از کل تغییرات در پهنهٔ ۱ (شمال تهران) با ۳۵/۸۵ درصد، پهنهٔ ۴ با ۲۵/۶۰ درصد، پهنهٔ ۲ با ۲۳/۵۹ درصد و کمترین آن در پهنهٔ ۳ با ۱۴/۹۶ درصد روی داده است (جدول ۳).

جدول ۳. ماتریس تغییرات پوشش سال ۲۰۰۰ به ۲۰۱۳ در کل پهنه‌ها

Total Landscape	V 2013	B 2013	O 2013	W 2013	Total 2000	تغییرات ۲۰۰۰
V 2000	6.45	10.20	2.89	0.02	19.56	-13.11
B 2000	0.27	26.79	1.89	0.01	28.97	-2.18
O 2000	1.82	15.65	33.81	0.16	51.44	-17.63
W 2000	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00
total 2013	8.54	52.65	38.59	0.22	100.00	-32.92
تغییرات ۲۰۱۳	2.09	25.86	4.78	0.19	32.92	-

همان‌طور که ماتریس تغییرات پوشش‌ها در کل پهنه‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد، تبدیل پوشش گیاهی سال ۲۰۰۰ (V 2000) به ساخت‌وساز ۲۰۱۳ (B 2013) ۱۰/۲۰ درصد و تبدیل فضای باز سال ۲۰۰۰ (O 2000) به ساخت‌وساز

۲۰۱۳ (B 2013) ۱۵/۶۵ درصد بوده است که نشان می‌دهد فضای باز و پوشش گیاهی ۲۰۰۰ با ۱۷/۶۳ و ۱۳/۱۱ درصد کاهش، مبدأ و منشأ بیشتر تحولات بوده‌اند. وسعت ساخت‌وساز ۲۰۱۳ (B 2013) ۵۲/۶۵ است که حدوداً نیمی از آن به‌واسطهٔ تبدیل از فضای باز و پوشش گیاهی به‌دست آمده است و مقصد اکثریت تبدیلات بوده است. ساخت‌وساز ۲۰۰۰ (B 2000) بیشترین ثبات و کمترین تبدیلات را داشته است (البته با در نظر نگرفتن عرصه‌های اندک آب). تبدیل پوشش گیاهی به فضای باز (2000 V به 2013 O) ۲/۸۹ درصد بوده است. پوشش‌های گیاهی و فضاهای باز سال ۲۰۱۳ عمدتاً بقایای همان پوشش‌ها در سال ۲۰۰۰ بوده است (۶/۴۵ از ۸/۵۴ برای پوشش گیاهی و ۳۳/۸۱ از ۳۸/۵۹ برای فضای باز).

بحث و نتیجه‌گیری

روند ۱۳ سالهٔ این تحقیق نشان می‌دهد که ۳۲/۹۳٪ از عرصهٔ این اکوتون‌های کوهپایه‌ای دچار تغییرات شده‌اند که مبدأ تغییرات پوشش‌های گیاهی و فضاهای بازند و مقصد تبدیلات عرصه‌های ساخته شده است. به‌طور کلی، پوشش گیاهی ۱۱/۰۲ درصد کاهش، ساخت‌وسازها ۲۳/۶۸ درصد افزایش و فضاهای باز ۱۲/۸۵ درصد کاهش داشته‌اند. تغییرات به‌ترتیب در پهنه‌های ۱، ۴، ۲ و ۳ شامل ۱۱/۸۰، ۸/۴۳، ۷/۷۷ و ۴/۹۳ درصد است. این روند حاکی از رشد سریع شهری شدن در پهنه‌های پایکوهی است. اکوتون‌های کوهپایه حد فاصل کوهستان و دشت قرار دارند و مفصل ارتباطی این دو منطقه به‌شمار می‌روند ((Yavari et al., 2007: 339); (Klein, 2001: 234)). اکوتون‌های پایکوهی اولین پهنه بلافاصله پس از مناطق کوهستانی در امتداد گرادیانت ارتفاعی و بالادست نواحی دشتی و شهرها محسوب می‌شوند. بنابراین پایش تحولات این محدوده نشان‌دهندهٔ نوع رابطهٔ دشت و کوه و سلامت اکولوژیکی سیستم هم‌بستهٔ بالادست- پایین‌دست است (Becker, 2007: 63). اکوتون‌های کوهپایه پس از اتمام محیط کوهستانی و در پایین‌دست آن قرار دارند و تنوع شکل زمین و شیب بستر و سرعت رودها و جریان‌های آبی به شکل ناگهانی کاهش می‌یابد و فرایندهای رسوب‌گذاری آغاز می‌شود؛ به همین دلیل است که مخروط افکنه‌ها شکل گرفته‌اند (علی‌پور، ۱۳۷۳: ۷۹ Paul and Meyer 2001, 340;). رودها و جریان‌های آبی در مناطق کوهستانی نقش فرسایشی دارند، اما در دشت‌ها نقش رسوب‌گذاری را ایفا می‌کنند (محمودی، ۱۳۶۹: ۳۴). در نواحی مخروط افکنه‌های بادبزنی‌شکل به لحاظ تاریخی و به دلیل خاک مناسب و مهیا بودن آب، مناطق روستایی و باغ‌های گسترده‌ای استقرار یافته‌اند (حدیثی و جعفرپور، ۱۳۸۱: ۱۲۹). اکوتون‌های کوهپایه به دلیل قرار گرفتن در مسیر جریان شبانهٔ باد از طرف کوهستان به سمت دشت و جریان روزانهٔ آن از دشت به کوه، نقش تصفیه‌خانه‌های طبیعی را برای هوای آلودهٔ شهرها در پایین‌دست خود دارند (Forman, 1995: 367). البته این به شرطی است که از ساختار طبیعی این اکوتون‌ها حفاظت شود.

تبدیل پوشش گیاهی سال ۲۰۰۰ به ساخت‌وساز ۲۰۱۳، ۱۰/۲۰ درصد بوده است و بیشترین تحولات پوشش گیاهی در پهنهٔ ۱ (شمال تهران) اتفاق افتاده است. عمدتاً پوشش‌های گیاهی در محدودهٔ اکوتونی کوهپایه و در سه گروه اصلی جای می‌گیرند: ۱. پارک‌های شهری با فرم‌های منظم هندسی و مستطیلی؛ ۲. باغ‌های میوه با فرم ۸؛ و ۳. پوشش گیاهی در اراضی خصوصی یا نیمه‌عمومی و نیمه‌خصوصی (مانند فضای سبز خانه‌های ویلایی، اداره‌ها و کارخانه‌ها) با فرم‌های متنوع و هندسهٔ مستطیلی. پوشش‌های گیاهی اراضی زراعی به دلیل ناهمواری سطح زمین، شیب زیاد و مجاورت با

کوهستان در این محدوده اکوتون کوهپایه‌ای حضور ندارند. بیشتر تغییرات پوشش گیاهی طی این دوره مربوط به تخریب باغ‌ها است. باغ‌های این محدوده درون رود- دره‌ها و در امتداد آنها به سمت دشت به شکل پوشش‌های رودکناری قرار گرفته‌اند که عملکردهای اکولوژیک باارزشی دارند. شکل کلی باغ‌ها به فرم ۸ روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای قابل مشاهده است.

تبدیل فضای باز سال ۲۰۰۰ به ساخت‌وساز ۲۰۱۳، ۱۵/۶۵ درصد بوده است که نشان می‌دهد فضای باز مبدأ و منشأ بیشتر تحولات بوده است. بیشتر تغییرات در فضای باز در پهنهٔ ۲ (حومهٔ تهران-کرج) اتفاق افتاده است. فضاهای باز کمربند کوهپایه‌ای را به چهار گروه عمده می‌توان تقسیم کرد: ۱. دامنه‌های کوهستانی با فرم ۷ در حد شمالی و بالادستی اکوتون با شیب‌های تند و برون‌زدگی‌های سنگی با خاک سطحی؛ ۲. تپه‌ماهورها با شکل تقریبی بیضی و خطوط نرم در میانه‌ها و پایین‌دست محدوده؛ ۳. اراضی مرتعی در دامنه‌های کم‌شیب با عمق خاک متوسط و حضور آبراهه‌های کوچک با پوشش گیاهی کم‌تراکم و موقتی؛ و ۴. مسیل‌ها و دشت‌های سیلابی. در پهنه‌های ۱ و ۳ (شمال تهران و شمال کرج) دامنه‌های کوهستانی و مسیل‌ها بیشتر مورد تهاجم و تعرض ساخت‌وسازها قرار می‌گیرند، اما در پهنه‌های ۲ و ۴ (حومهٔ تهران- کرج و حومهٔ غربی کرج) عمدتاً اراضی مرتعی و تپه‌ماهورها در معرض تخریب و تبدیل پوشش به توسعهٔ ساخت‌وسازها قرار گرفته‌اند.

مناطق کوهستانی و نواحی مجاور آن (سیستم هم‌بستهٔ بالادست- پایین‌دست) به دلیل دربرداشتن دامنهٔ گستردهٔ ارتفاعی و گرادیانت‌های زمین‌شناختی، توپوگرافیکی و اقلیمی از تنوع زیستی بیشتری نسبت به مناطق پایین‌دستی برخوردارند (Bogachev, 2004: 21). گرادیانت‌های ارتفاعی، تضاد اقلیمی و شدت نیروی گرانشی به دلیل حضور شیب‌های تند، غنای زیستی در مناطق کوهستانی را افزایش داده است (Korner and Korner, 2007: 574); (Ohsawa, 2005: 10). کنش متقابل بین کاربری‌های انسانی و این گرادیانت‌ها باعث به‌وجودآمدن الگوی خاصی از موزاییک لکه‌ها و کمربندهای ارتفاعی مشخص شده است (Marston, 2008: 511); (Klein, 2001: 120). در مطالعه‌ای که توسط Becker et al., (2007) صورت گرفته است، شرایط تنوع زیستی و اکوسیستم‌ها و همچنین نیرو محرکه‌های تغییر در بستر کمربندهای ارتفاعی مناطق کوهستانی تحلیل شده است. ایشان بیان می‌کنند که به دو دلیل، پایش از اهمیت بسزایی در مطالعات زیست‌محیطی برخوردار است: اول، داده‌های پایش زمینه‌ای برای درک فرایندهای اکولوژیکی و اقتصادی – اجتماعی فراهم می‌آورد و دوم، داده‌های پایش برای مدل‌سازی و تدوین سناریوهای توسعهٔ آینده ضروری است. تلفیق پایش و مدل‌سازی کمک شایانی به فرایند تصمیم‌گیری در آمایش سرزمین خواهد کرد (Environmental protection Agancy, EPA, 1994: 46).

یافته‌های مطالعه‌ای که توسط Yavari et al., (2007) در محدودهٔ شهری تهران انجام گرفته است، بیان می‌کند که برای برنامه‌ریزی استراتژیک و سیاست‌گذاری زیست‌محیطی، مناطق شمالی تهران به دلیل برخورداری از دانه‌بندی درشت‌تر فضاهای سبز و باز و حضور رود- دره‌ها از اولویت بیشتری برای بازسازی و ترمیم برخوردارند که نتایج تحقیق ما نیز این موضوع را تأیید می‌کند. اولویت دوم با مناطق جنوبی است که می‌تواند نقش جذب‌کنندهٔ آلاینده‌های آب و هوا را داشته باشد. در مناطق مرکزی تهران به دلیل ریزدانه بودن و ساخت‌وسازهای گسترده و متراکم، فعالیت‌های ترمیمی

به سختی می‌تواند انجام گیرد. همچنین ایشان پیشنهاد می‌کنند که شبکهٔ حمایتی رود- دره‌ها همراه با فضاهای باز تپه‌های میانی مبنایی برای انجام اصلاحات ساختار سرزمین در جهت برنامه‌ریزی استراتژیک قرار گیرد که با نتایج تحقیق ما سازگار است.

فرایندهای تغییرات در یک محیط طبیعی از دیدگاه Forman, (1995) به پنج مرحله تقسیم می‌شود که از ابتدا تا انتها به این قرار است: ۱. سوراخ شدگی سرزمین؛ ۲. انقطاع؛ ۳. تکه‌تکه شدن سرزمین؛ ۴. کوچک‌تر شدن اندازهٔ لکه های طبیعی؛ و ۵. از بین رفتن لکه‌های طبیعی. با توجه به روند تغییرات در هر یک از پهنه‌ها می‌توان به‌صورت کلی این‌گونه تفسیر کرد: پهنهٔ ۱ (شمال تهران) و ۳ (شمال کرج) در مراحل پایانی توالی تغییرات قرار دارند که کوچک‌تر شدن و ناپدید شدن لکه‌های طبیعی (سبز و باز) و افزایش لکه‌های انسانی (ساخت‌وسازها) شواهد آن است. پهنهٔ ۲ (حومهٔ تهران و کرج) و ۴ (حومهٔ کرج و قزوین) در مراحل میانی این توالی واقع شده‌اند که تکه‌شدگی فضاهای باز و سبز و افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش اندازهٔ لکه‌ها نشانه‌های آن است. با توجه به شرایط و روند توالی در هر یک از پهنه‌ها می‌توان استراتژی مناسب را برای برنامه‌ریزی در نظر گرفت. به‌طور کلی چهار نوع استراتژی می‌توان تعریف کرد (Ahern, 2005: 122): ۱. حفاظتی؛ ۲. دفاعی؛ ۳. تهاجمی؛ و ۴. فرصت‌طلبانه. در پهنهٔ ۱ (شمال تهران) با توجه به رشد گستردهٔ ساخت‌وسازها، استراتژی دفاعی برای حمایت از باغ‌ها و فضاهای باز باید مورد توجه قرار گیرد. استراتژی حفاظتی و حمایتی در پهنهٔ ۲ (حومهٔ تهران- کرج) و استراتژی تهاجمی و فرصت‌طلبانه برای پهنهٔ ۳ (شمال کرج) مناسب‌اند. در پهنهٔ ۴ (حومهٔ کرج- قزوین) به دلیل گستردگی زیاد این محدوده و عدم تغییرات شدید در ساختار طبیعی آن باید طیفی از استراتژی‌ها متناسب با موضوع و موضع پدیده مورد نظر اتخاذ شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

بهرام سلطانی، کامبیز؛ (۱۳۷۱). مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی، محیط زیست، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، تهران

حدیثی، طاهر؛ جعفرپور، ابراهیم؛ (۱۳۸۱) مشخصات طبیعی جبههٔ جنوبی البرز مرکزی با تأکید بر شرایط اقلیمی، انتشارات قلمستان، تهران.

رزاقی، حبیب‌الله؛ زیاری، کرامت‌الله؛ سعیدی رضوانی، نوید؛ (۱۳۹۰). مدل چندهسته‌ای و چندمرکزی شهر و کلان‌شهری، از نظریه تا عمل (مورد شهر کرج)، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شمارهٔ سوم، ۱۷۳۲۳-۱۷۳۵۱.

رهنمایی، محمدتقی؛ (۱۳۶۹). توسعهٔ تهران و دگرگونی در ساختارهای نواحی روستایی اطراف، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، سال ۵، شمارهٔ ۱، شمارهٔ مسلسل ۱۶، ۳۴-۴۵.

سازمان جغرافیایی ارتش، عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ تهران.

سازمان زمین‌شناسی، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.

سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰.

سعیدنیا، ا.؛ (۱۳۶۸). مکان شهر تهران، مجلهٔ محیط‌شناسی، ۱۵، ۱۰-۱.

سیداخلاقی، سیدجعفر؛ عباسی، حمیدرضا؛ رفیعی امام، عمار؛ درویش، محمد؛ (۱۳۹۱). تعیین توان پذیرش جمعیتی سرزمین، معیاری مهم در ارزیابی روند بیابان‌زایی (مطالعهٔ موردی: استان‌های تهران و البرز). فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۹، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۵۱۱-۴۹۸.

شهرداری تهران؛ (۱۳۷۰). طرح حفظ و سامان‌دهی شهر تهران، مطالعات مرحلهٔ دوم، جلد اول: مطالعات کالبدی شهر تهران.

شهیدی، علیرضا؛ نظری، حمید؛ (۱۳۹۰). زمین ساخت البرز، انتشارات جوان امروز، تهران، ص ۱۹۷.

علوی‌پناه، س. ک.؛ (۱۳۸۵). سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۷۰.

علی‌پور، عباس؛ (۱۳۷۳). امکان سنجی توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی روستاهای کوهپایه‌ای البرز مرکزی (نمونهٔ دهستان راستویی- شهرستان سوادکوه). دانشگاه تهران، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا، رشتهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی. ص ۱۶۷.

فیروز، ا.؛ (۱۳۵۳). محیط زیست در ایران، ترجمهٔ ا. کریمی، انتشارات انجمن ملی حفاظت منابع طبیعی و محیط انسانی، ص ۵۱.

محمودی، فرج‌الله؛ (۱۳۶۹). سیمای طبیعی شهر تهران، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۲۶، مؤسسهٔ جغرافیای دانشگاه تهران، شمارهٔ ۲۶، صص ۱۲۳-۱۳۵.

مخدوم، م.؛ (۱۳۸۱). شالودهٔ آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۷۶.

مداحی، ژیلا؛ (۱۳۸۹). بررسی کارکردهای مناطق شهری (مورد مطالعه: شهر کرج)، فصلنامهٔ علمی پژوهشی جغرافیای انسانی – سال دوم، شمارهٔ سوم، صص ۱۱۶-۱۳۰.

مرکز سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شهر تهران؛ (۱۳۸۵). لایه‌های اطلاعاتی کاربری اراضی شهر تهران.

مطالعات طرح جامع شهر تهران؛ (۱۳۸۶). وزارت مسکن و شهرسازی.

مهدی‌زاده، جواد؛ (۱۳۸۱). دورهٔ نوسازی و پیدایش مادرشهر تهران، مجلهٔ جستارهای شهرسازی، شمارهٔ ۳، صص ۵۷-۶۸.

هورکاد، برنار؛ (۱۳۸۸). تهران – البرز، سهامی، سیروس– مترجم، نشر محقق، مشهد، ص ۲۴۶.

Ahern, J.; (2005). Theories, methods and strategies for sustainable landscape planning. In: Tress, B. et al. (eds.) From landscape research to landscape planning: aspects of integration, educational application, Springer, Netherlands. pp. 119-131.

Antrop, M.; (2001). The language of landscape ecologists and planners: a comparative content analysis of concepts used in landscape ecology, Landscape and Urban planning, 55 (3), pp. 163-173.

Antrop, M.; (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe, Landscape and urban planning, 67 (1), pp. 9-26.

Baskent, E. Z.;Kadiogullari, A. I.; (2007). Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Turkey: a case study in Inegöl, Landscape and Urban Planning, 81 (4), pp. 316-327.

Becker, A.; Körner, C.; Brun, J. J.; Guisan, A.; Tappeiner, U.; (2007). Ecological and land use studies along elevational gradients, Mountain Research and Development, 27 (1), pp. 58-65.

Bogachev, V. P.; (2004). Assessment of Central Asia Mountainous Ecosystems (ACAME): Features of Multi-scale Assessment Methodology, In "Bridging Scales and Epistemologies: Linking Local Knowledge and Global Science in Multi-Scale Assessments", Alexandria, Egypt, Available online at the http://ma.caudillweb.com/documents/bridging/papers/Bogachev.vladimir.pdf.

Botequilha Leitão, A.; Ahern, J.; (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning, Landscape and urban planning, 59 (2), pp. 65-93.

Comber, A. J.; Fisher, P. F.; Wadsworth, R. A.; (2005). What is land cover? Environment and Planning B: Planning and Design, 32, pp. 199-209.

Dale, V. H.; Brown, S.; Haeuber, R. A.; Hobbs, N. T.; Huntly, N.; Naiman, R. J.; Valone, T. J.; (2000). Ecological Principles and Guidelines for Managing the use of Land 1.Ecological applications, 10 (3), pp. 639-670.

Dale, V. H. et al.; (2001). Ecological guidelines for land use and management, In: Dale, V. H.; Hauber, A.; (eds.) Applying ecological principles to land management, Springer-Verlage, New York, USA, pp. 3-33.

Ecosystems and human well-being, (2005) Washington, DC: Island Press, Vol. 5.

Environmental Protection Agency, (1994). Landscape monitoring and assessment research plan (Contributions by: O'Neill, R. V., et al.). U.S.EPA 620/R-94/009. 53 pp.

Farina, A.; (2010). Ecology, cognition and landscape: linking natural and social systems, Springer. p. 169.

Fisher, P. F.; Comber, A. J.; Wadsworth, R. A.; (2005). Land use and Land cover: Contradiction or Complement, In "Re-Presenting GIS", eds. P. Fisher; D. Unwin, Wiley, Chichester, pp. 85-98.

Foley, J. A.; De Fries, R.; Asner, G. P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S. R.; Chapin, F. S.; Coe, M. T.; Daily, G. C.; Gibbs, H. K.; Helkowski, J. H.; Holloway, T.; Howard, E. A.; Kucharik, C. J.; Monfreda, C.; Patz, J. A.; Prentice, I. C.; Ramankutty, N.; Snyder, P. K.; (2005). Global Consequences of Land Use, Science 309, pp. 570-574.

Forman, R. T. T.; (1995). Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions, Cambridge University Press, Cambridge, England, p. 632.

Forman, R. T.; Collinge, S. K.; (1997). Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. Landscape and Urban Planning, 37 (1), pp. 129-135.

Forman, R. T. T.; Godron, M.; (1986). Landscape Ecology, Wiley, New York, NY, p. 619.

Forman, R. T. T.; (2008). Urban region: ecology and planning beyond the city, Cambridge University Press, p. 408.

Gluch, R. M.; Ridd, M. K.; (2010). The V-I-S Model: Quantifying the Urban Environment, In "Remote Sensing of Urban and Suburban Areas, Remote Sensing and Digital Image Processing 10", eds. T. Rashed and C. Jürgens, Springer Science+Business Media B.V. pp. 85-116.

Hahs, A. K.; Mc Donnell, M. J.; (2006). Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban–rural gradient, Landscape and Urban Planning, 78 (4), pp. 435-448.

Jahani H. R.; Reyhani M.; (2006). Role of groundwater in Tehran water crisis mitigation, International Workshop on Groundwater for Emergency Situations, Tehran, Regional Center on Urban Water Management/UNESCO-IHP, 2006, p. 6.

Klein, Jean Claudemm (2001). La Vegetation altitudinale de l`Alborz Central (Iran), entre les regions irano-touranienneet euro-siberienne, 2nd edition, revised.Institutfrancais de recherche en Iran, Moin, Louvain, Belgique, Diffusion, Peeters-Teheran, p. 376.

Körner, C.; (2007). The use of 'altitude'in ecological research, Trends in Ecology and Evolution, 22 (11), pp. 569-574.

Körner, C.; Ohsawa, M.; Spehn, E.; (2005). Mountain Systems, Chapter 24 in: Millennium Ecosystem Assessment, Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group, Ecosystems and Human Well-being, vol. 1.

Landgraf, A.; Ballato, P.; Strecker, M. R.; Friedrich, A.; Tabatabaei, S. H.; Shahpasandzadeh, M.; (2009). Fault-kinematic and geomorphic observations along the North Tehran Thrust and Mosha Fasham Fault, Alborz mountains Iran: Implications for fault-system evolution and interaction in a changing tectonic regime, Geophysical Journal International, 177 (2), pp. 676-690.

Landsat Project Science Office, (2002). Landsat 7 Science Data User's Handbook, Available online from following website: http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/ handbook_toc. html, Goddard Space Flight Center, NASA, Washington, DC.

Lausch, A.; Herzog, F.; (2002). Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability, Ecological indicators, 2(1), pp. 3-15.

Luck, M.; Wu, J.; (2002). A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA, Landscape ecology, 17 (4), pp. 327-339.

Marston, R. A.; (2008). Land, life, and environmental change in mountains, Annals of the Association of American Geographers, 98 (3), pp. 507-520.

Ndubisi, F.; (2002). Ecological Planning: historical and comparative synthesis, The John Hopkins University Press, Maryland, USA, p. 287.

O'Neill, R. V.; Hunsaker, C. T.; Jones, K. B.; Riitters, K. H.; Wickham, J. D.; Schwartz, P. M.; and Baillargeon, W. S.; (1997). Monitoring environmental quality at the landscape scale, BioScience, 47 (8), pp. 513-519.

Pan, D.; Domon, G.; De Blois, S.; Bouchard, A.; (1999). Temporal (1958–1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes, Landscape Ecology, 14 (1), pp. 35-52.

Paul, Michael J.; Meyer, Judy L.; (2001). Streams in Urban Landscape, Annu, Rev, Ecol, Syst, 32, pp. 333-65.

Pauleit, S.; Ennos, R.; Golding, Y.; (2005). Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—a study in Merseyside, UK, Landscape and Urban Planning, 71 (2), pp. 295-310.

Pickett, S. T. A.; Cadenasso, M. L.; Grove, J. M.; Nilon, C. H.; Pouyat, R. V.; Zipperer, W. C.; Costanza, R.; (2001). Urban ecological systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas, Ann, Rev, Ecol, Syst, 32, pp. 127–157.

Rhemtulla, J. M.; Mladenoff, D. J.; Clayton, M. K.; (2007). Regional land-cover conversion in the US upper Midwest: magnitude of change and limited recovery (1850–1935–1993), Landscape Ecology, 22 (1), pp. 57-75.

Ridd, M. K.; (1995). Exploring a V–I–S (vegetation–impervious surface–soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: Comparative anatomy for cities, International Journal of Remote Sensing, 16 (12), pp. 2165−2185.

Saemian, S.; (2012). Adaptation Strategies to Impacts of Climate Change and Variability on Tehran Water Supply in 2021: An Application of a Decision Support System (DSS) to Compare Adaptation Strategies, Master thesis in Sustainable Development at Uppsala University, p. 47, 30 ECTS/hp.

Tasser, E.; Tappeiner, U.; (2002). Impact of land use changes on mountain vegetation, Applied vegetation science, 5 (2), pp. 173-184.

U. S. Geological Survey; (2013). Landsat 8: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2013–3060, p. 4, http://pubs.usgs.gov/fs/2013/3060/.

Vitousek, P. M.; Mooney, H. A.; Lubchenco, J.; Melillo, J. M.; (1997). Human domination of Earth's ecosystems, Science, 277 (5325), pp. 494-499.

Weng, Y. C.; (2007). Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization, Landscape and urban planning, 81 (4), pp. 341-353.

Yavari, A. R.; Sotoudeh, A.; Parivar, P.; (2007). Urban Environmental Quality and Landscape Structure in Arid Mountain Environment, Int. J., Environ. Res, 1(4), pp. 325-340.

Zonneveld, I. S.; (2005). The land unit as a black box: a Pandora’s box, In: Wiens, J. A. and Moss M. (eds.) Issues and perspectives in landscape ecology, Cambridge University Press, UK, pp. 331-345.

.