محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٤، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷، صفحهٔ ۳۹٤-۳۷۳

بررسی تغییرات شبکهٔ اکولوژیک و نقش آن در تاب‌آوری اکولوژیکی کلان‌شهر مشهد

سپیده موحد[۱]، منوچهر طبیبیان[۲]*

۱. دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه شهرسازی، قزوین، ایران Movahed.sepide@gmail.com

۲. استاد، دانشکدهٔ شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰٤/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۹

چکیده

اکوسیستم‌های شهری در طی گذشت زمان و مکان و درنتیجه برهمکنشی پویا میان فرایندهای اجتماعی-اقتصادی و بیوفیزیکی رشد و تکامل‌یافته و تاب‌آوری اکولوژیکی اکوسیستم شهری تحت تأثیر چنین برهمکنش‌هایی قرار دارد. در نواحی شهری، قطعه‌سازی زیستگاه‌های طبیعی، همگن‌سازی ترکیب گونه‌ها، ازهم‌گسیختگی سیستم‌های آبی و ایجاد تغییر در چرخهٔ انرژی و مواد غذایی موجب اختلال در عملکردهای بیوفیزیکی شده و کاهش تاب‌آوری سیستم را به دنبال دارد. تقویت شبکه‌های اکولوژیک شهری که بر پایهٔ اصول اکولوژی منظر مطرح شده‌اند، عاملی به‌منظور حفظ فرایندهای طبیعی و عملکردهای بیوفیزیکی در شهر محسوب شده و با ایجاد تعادل میان خدمات انسانی و اکوسیستمی، به ارتقاء توانایی سیستم برای مقابله با فشارهای زیست‌محیطی انجامیده و افزایش تاب‌آوری آن را در پی دارد. هدف مقالهٔ حاضر، تبیین جایگاه و اهمیت توجه به شبکهٔ اکولوژیک شهر در برنامه‌ها و طرح‌های توسعهٔ شهری در راستای دستیابی به تاب‌آوری اکولوژیکی است. در این راستا از طریق تحلیل و تفسیر بصری عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای شهر مشهد به‌عنوان نمونهٔ موردی، عناصر شبکهٔ اکولوژیک استخراج و روند تغییرات آن‌ها در طی دورهٔ ۶۰ ساله و تأثیرات آن‌ها بر تاب‌آوری اکولوژیکی تبیین شده است. با شناسایی ارزش‌های اکولوژیک حفظ شده و مدفون شدهٔ این شهر در طی فرایند رشد و توسعهٔ آن، راهکارهای پیشنهادی به‌منظور بهبود ساختار اکولوژیک شهر مشهد ارائه شده و نمونه‌ای برای برنامه‌ریزی شبکه‌های اکولوژیک در دیگر نواحی شهری محسوب می‌شود که توسعهٔ شهری تهدیدی برای محیط‌زیست طبیعی است.

کلیدواژه

اکولوژی منظر، تاب‌آوری، شبکهٔ اکولوژیک، منظر شهری

۱. سرآغاز

امروزه توجه به شبکه‌های اکولوژیک شهر، بیش‌ازپیش رویکردی برای افزایش ارزش‌های اکولوژیکی محیط‌های شهری در نظر گرفته می‌شود. در واقع مفهوم شبکهٔ اکولوژیک شهری نخست در اروپا و در ارتباط با غلبهٔ انسان در محیط‌های طبیعی و تکه‌تکه شدن تدریجی آن به دنبال توسعهٔ محیط‌زیست انسانی نمایان شده و به‌عنوان پیشنهادی برای حفاظت از عناصر اکولوژیکی ساختار شهری

* نویسنده مسئول: Email: Tabibian@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

در پاسخ به انقطاع و نابودی اجزاء آن مطرح شده است (Bennett & Wit, 2001; Cook, 2002). بر اساس اصول اکولوژیکی منظر و نخستین مدل توسعه یافته در اروپا توسط فورمن، ساختار شبکهٔ اکولوژیکی را می‌توان ترکیبی از عناصر پایه‌ای منظر شامل لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس دانست (Forman, 1995)، که اجزای آن در محیط‌های شهری شامل سیستمی به هم پیوسته از لایه‌های طبیعی و مصنوع اکولوژیکی است. آنچه در اینجا اهمیت می‌یابد، چگونگی تطابق و هماهنگی الگوی لایهٔ مصنوع با لایهٔ طبیعی عناصر پایه‌ای منظر است. الگوی مصنوع، در صورت تناقض ساختاری با الگوی طبیعی، می‌تواند تأثیر منفی بر عملکردهای اکولوژیک لایه‌های طبیعی گذاشته و درنتیجه باعث تنزل کیفیت شبکهٔ اکولوژیک شود (Serrano et al., 2002). با وجود این در بسیاری از طرح‌های توسعه و گسترش شهر، به‌جای پیروی از شبکه‌های اکولوژیک و استفاده از آن‌ها به‌عنوان توان‌های طبیعی، شبکه‌های اکولوژیک تخریب‌شده، صدمه دیده و قطعه قطعه می‌شوند که این امر به پیامدهای وخیم محیطی در مناطق شهری می‌انجامد.

از سوی دیگر حفظ بستر طبیعی و تنوع زیستی شهر برای ایجاد ارتباط با طبیعت با توجه به افت کیفیت محیط‌زیست و ازهم‌گسیختگی بنیان‌های اکولوژیک شهری، نیازمند یکپارچه‌سازی دانش اکولوژی با فرایند برنامه‌ریزی و طراحی شهری است. ظهور اکولوژی به‌عنوان رشته‌ای متمایز در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم در اروپا و امریکای شمالی رخ داده است. اکولوژی که نخست در نظر زیست‌شناسان همچون هوس یا مدی زودگذر به نظر می‌رسید، به‌سرعت توسعه و گسترش‌یافته به‌طوری‌که در قرن بیست، به رشته‌ای مشروع و مهم تبدیل شده است (McIntosh, 1986؛ Kxebs, 1994). مطرح شدن پارادایم‌های مختلف در طول زمان به تحولات دانش اکولوژی منجر شده و زمینه را برای تغییر در نگرش‌های اکولوژی شهری فراهم کرده است. بررسی روند تغییرات نشان می‌دهد که نخست رویکرد اکولوژی انسانی[1] یا جامعه‌شناسی شهری[2] مطرح شده و به جستار کردن رفتارهای انسانی و سازمان‌های اجتماعی در شهرها بر مبنای تئوری و مفاهیم اکولوژی پرداخته است. رویکرد دوم، رویکرد اکولوژی زیستی[3] است که بر وفور و توزیع گونه‌های گیاهی و جانوری متمرکز شده است. رویکرد سیستم‌های شهری[4] یا اکوسیستم انسانی[5] به‌عنوان سومین دیدگاه، شهر را اکوسیستمی متشکل از اجزای طبیعی و اجتماعی-اقتصادی مطرح می‌سازد؛ رویکرد منظر شهری[6] بر اساس اصول و شیوه‌های اکولوژی منظر روی ارتباط الگوهای شهرنشینی و فرایندهای اکولوژیکی متمرکز شده است. در نهایت نیز رویکرد پایداری شهری[7]، شهرها را سیستم‌های انسانی- محیط‌زیستی یا سیستم‌های اجتماعی- اکولوژیکی مطرح کرده و بر رابطهٔ میان خدمات اکوسیستم و سلامت و رفاه انسان‌ها در محیط شهری تأکید می‌نماید (Wu, 2014). بنابراین از بررسی سیر تحول اکولوژی شهری مشخص می‌شود که بر اساس رویکردهای متأخر، شهرها به‌عنوان سیستم‌های اجتماعی- اکولوژیکی مطرح می‌شوند که پویایی‌های اکوسیستم شهری و در نتیجه تاب‌آوری آن‌ها تحت تأثیر الگوها و عملکردهای اجتماعی- اقتصادی است و در واقع نحوهٔ ارتباط میان اجزاء طبیعی و عملکردهای انسانی مهم‌ترین عامل تعیین‌کنندهٔ تاب‌آوری اکولوژیکی شهرها است. بر این اساس ایجاد و بازیابی شبکه‌های اکولوژیک در شهرها از مصادیق کاربردی دانش بوم‌شناسی شهری در سطوح پایین‌تر برنامه‌ریزی و طراحی شهری محسوب شده و گام مهمی در حفظ ساختار طبیعی بستر، تحکیم رابطهٔ شهر و طبیعت، فراهم آوردن امکان بهره‌مندی مناسب‌تر از خدمات طبیعی اکوسیستم و در نتیجه ارتقای تاب‌آوری اکولوژیکی شهر به شمار می‌آید.

شهر مشهد، دومین شهر پرجمعیت ایران، از آثار جانبی توسعه‌های شهری بدون برنامه دور نمانده است. قطعه قطعه شدن باغ‌ها و فضاهای سبز، نابودی سبز راه‌ها، مدفون شدن جریان‌های آبی طبیعی و آلودگی‌های افزاینده، همگی

Archive of SID
www.SID.ir

به فلج شدن سیستم‌های طبیعی این شهر، نزول کیفیت زندگی و کاهش تاب‌آوری اکولوژیکی آن منجر شده است. با توجه به موضوعات مطرح شده در فوق، هدف اصلی پژوهش حاضر تبیین جایگاه و اهمیت توجه به شبکهٔ اکولوژیک شهر در برنامه‌ها و طرح‌های توسعهٔ شهری در راستای دستیابی به تاب‌آوری اکولوژیکی است. دیگر اهداف که در چارچوب هدف عمدهٔ فوق دنبال می‌شوند در ادامه مطرح شده‌اند:

– شناسایی ساختار اکولوژیک شهر مشهد و ارزش‌های اکولوژیک مدفون‌شده و فراموش‌شدهٔ شهر در وضعیت کنونی و تبیین رابطهٔ عناصر طبیعی و انسان ساخت در کلان‌شهر مشهد

– تبیین تغییرات کمی و کیفی شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد در طی فرایند رشد و توسعهٔ شهر مشهد در بیش از نیم‌قرن گذشته و تحلیل تأثیرات آن بر تاب‌آوری اکولوژیکی شهر

– پیشنهاد راهکارهایی به‌منظور بهبود ساختار و عملکرد شبکه اکولوژیک کلان‌شهر مشهد و دیگر نواحی شهری مشابه

در زمینهٔ بررسی تغییرات شبکه اکولوژیک و تأثیرات آن بر کیفیت محیط‌زیست و تاب‌آوری شهری، تحقیقات متعددی در ایران صورت گرفته است. پریور و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل مفهومی آلبرتی به شناخت فاکتورهای مؤثر بر تاب‌آوری محیط‌زیست شهری پرداخته‌اند و با درک رابطهٔ ساختار، عملکرد، آثار و پاسخ‌ها در مناطق یک و سه شهرداری تهران، انواع جهت‌گیری‌های راهبردی را برای ایجاد تاب‌آوری تعیین کرده‌اند. در مطالعهٔ دیگری پریور و همکاران (۱۳۸۸) با تمرکز بر روابط ساختار سیمای سرزمین و کارکردهای اکولوژیکی و با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین، وضعیت ترکیب و توزیع فضایی عناصر سیمای سرزمین را در کلان‌شهر تهران بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که عناصر ساختاری اکولوژیکی در این شهر از بین رفته‌اند یا در حال نابودی هستند. امین‌زاده و خان‌سفید با تمرکز بر شبکهٔ اکولوژیک کلان‌شهر تهران به‌عنوان نمونهٔ موردی با تجزیه‌وتحلیل عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای بر اساس مدل فورمن، پیشنهادهایی را در راستای بهبود ساختاری و عملکردی منظر شهری در راستای دستیابی به شیوهٔ پایدارتری از برنامه‌ریزی مطرح کرده‌اند (Aminzadeh & Khansefid, 2009). میکائیلی و صادقی بنیس (۱۳۸۹) با روش کیفی از طریق روی‌هم‌اندازی لایه‌های فضایی به بررسی کیفی شبکهٔ اکولوژیک شهر تبریز بر اساس مدل موزاییکی پرداخته‌اند. زنگه شهرکی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به بررسی تغییرات طبقات پوشش زمین در بازهٔ زمانی ۱۳۶۶–۱۳۹۲ پرداخته‌اند. اگرچه در این پژوهش تغییرات شبکهٔ اکولوژیک مورد توجه نبوده ولی به‌دلیل بررسی شهر مشهد به‌عنوان نمونهٔ موردی، از نتایج حاصل از تغییرات پوشش زمین برای صحت‌سنجی مقادیر حاصل شده در مقالهٔ حاضر استفاده شده است.

همان‌طور که بیان شد عمدهٔ تحقیقات انجام شده به بررسی و تحلیل شبکهٔ اکولوژیک شهری در زمانی خاص اکتفا کرده‌اند، درحالی‌که در تحقیق حاضر با انتخاب دورهٔ ۶۰ ساله و تقسیم آن به سه زمان ابتدایی، میانی و پایان دوره، امکان بررسی روند تغییر و تحول عناصر شبکهٔ اکولوژیک در فرایند رشد و توسعهٔ شهری و نمود آن به شکل امروزی فراهم‌شده است. همچنین در اکثر تحقیقات انجام شده، وضعیت شبکهٔ اکولوژیک در قالب نقشه‌ها و به‌صورت کیفی به تصویر کشیده شده است، درحالی‌که در این پژوهش علاوه بر تحلیل‌های کیفی با ترسیم عناصر شبکهٔ اکولوژیک هر دوره به‌صورت شیپ فایل‌های طبقه‌بندی‌شده در نرم‌افزار آرک جی.آی.اس به مقایسه و تحلیل‌های کمی این عناصر در طول زمان پرداخته شده که به شناسایی ارزش‌های اکولوژیک حفظ شده و از بین رفته و ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های اکولوژیک شهر مشهد و در نتیجه اتخاذ تمهیدات مناسب به‌منظور حفظ یا تقویت آن‌ها به‌منظور ارتقای تاب‌آوری شهر مشهد منجر شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

۲. ارتباط منظر شهری و شبکهٔ اکولوژیک

دیدگاه منظر شهری در دههٔ ۱۹۹۰ مطرح شده و بر اساس اصول و شیوه‌های اکولوژی منظر، این دیدگاه بر ارتباط الگوهای شهرنشینی و فرایندهای اکولوژیکی متمرکز شده است (Wu, 2014). با توسعهٔ شهرها منظر شهری تغییر یافته و ساختار اکولوژیکی منظر به‌طور مستقیم بر عناصر شهری و فعالیت‌های آن‌ها و بر کل شهر تأثیرگذار است. اندازه، نوع، شکل، جهت‌گیری، ترکیب‌بندی و توزیع لکه‌ها و ارتباط میان آن‌ها، فعالیت‌های شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین توزیع فضایی گره‌ها، تقاطع‌ها و سلسله مراتب کریدورها بر ساختار و در نتیجه عملکرد شهر تأثیرگذار است (Aminzadeh & Khansefid, 2009).

Forman و Gordon (۱۹۸۶) بر اساس اصول اکولوژیکی منظر، ترکیبی از عناصر پایه‌ای منظر شامل لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس را به‌منظور تشریح الگوهای فضایی منظر شهری و روستایی و به‌عنوان اجزاء شکل‌دهنده ساختار شبکه اکولوژیک معرفی کرده‌اند که اجزای آن در محیط شهری شامل سیستمی به هم پیوسته از لایه‌های طبیعی (قطعات پوشش گیاهی طبیعی، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و دیگر جریانات آبی طبیعی) و مصنوع (پارک‌ها و باغ‌ها، برکه‌ها و جریان‌های آبی مصنوع، دالان‌های حمل‌ونقل) اکولوژیکی است. ساختار شبکه اکولوژیک، توسط ارتباط فضایی میان عناصر شکل‌دهندهٔ منظر شهری قابل تعریف است. شبکه‌های اکولوژیک شهری می‌بایست ارتباط میان لکه‌ها را از طریق کریدورها، تسهیل و تقویت کرده و میان بافت طبیعی و مصنوع شهر پیوند برقرار نمایند.

۳. اهمیت و نقش شبکه اکولوژیک در تاب‌آوری

بر اساس سیر تحول دانش اکولوژی در طول زمان و فراهم آوردن زمینه تغییر در نگرش‌های اکولوژی شهری و شکل‌گیری رویکرد جدید اکولوژی شهری، می‌توان بیان کرد که این رویکرد، شهرها را به‌عنوان سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی معرفی می‌نماید که زیرسیستم‌های اصلی شکل‌دهندهٔ آن‌ها در دو گروه زیرسیستم‌های بیوفیزیکی و اجتماعی- اقتصادی قابل‌طبقه‌بندی است. زیرسیستم بیوفیزیکی شامل الگوها و عملکردهای بیوفیزیکی است که الگوی این زیرسیستم به چگونگی ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری در شهر اشاره دارد، به‌طوری‌که هرگونه تغییر، حذف یا نابودی عناصر ساختار اکولوژیک بستر، به تغییر یا ایجاد اختلال در فرایندهای طبیعی و خدمات اکوسیستمی انجامیده و از این طریق تاب‌آوری شهر را متأثر می‌سازد (Alberti & Marzluff, 2004). بنابراین تقویت شبکه‌های اکولوژیک شهری که به‌منظور حفاظت از عناصر اکولوژیکی ساختار شهری مطرح شده‌اند، عاملی به‌منظور حفظ فرایندهای طبیعی و خدمات اکوسیستمی در شهر محسوب شده و از طریق تحکیم رابطهٔ شهر و بستر طبیعی و در نتیجه ایجاد تعادل میان خدمات انسانی و اکوسیستمی، به ارتقاء توانایی سیستم برای مقابله با اختلالات و فشارهای زیست‌محیطی منجر شده و افزایش تاب‌آوری آن را به دنبال دارد. در واقع سیستم‌های طبیعی اصولاً پایدار هستند و با ظهور سکونتگاه‌های شهری روی زمین، طبیعی است که عناصر شبکهٔ اکولوژیک و فرایندهای اکولوژیکی تغییر می‌یابند. انقطاع و خردشدگی زیستگاه‌های طبیعی، ازهم‌گسیختگی سیستم‌های آبی، اختلال در چرخه‌های انرژی و مواد غذایی و دیگر عملکردهای اکوسیستمی، اکوسیستم شهری را متأثر ساخته و توان آن را برای مقابله با فشارها و مخاطرات و خودسازمان‌دهی کاهش می‌دهد و همین امر موجب کاهش تاب‌آوری و افزایش آسیب‌پذیری سیستم نسبت به فشارها و تغییرات خواهد شد. به‌منظور حفظ تاب‌آوری اکولوژیکی و با توجه به معیارهای مطرح در تاب‌آوری نظیر حفظ و بهره‌مندی از خدمات اکوسیستم، تنوع زیستی، افزونگی، پودمانگی، ناهمگنی و چند عملکردی بودن، پیوستگی و مجاورت عناصر سیستم (Simonse et al., 2014؛ Novotny et al., 2010؛ Walker & Salt, 2012)، پیشنهادهایی در خصوص ترکیب‌بندی و آرایش فضایی لکه‌ها و کریدورها در بستر شهرها، بیان شده است (جدول ۱).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۱. پیشنهادهایی در خصوص ترکیب‌بندی و آرایش فضایی لکه‌ها و کریدورها در بستر شهر

تنوع لکه‌های سبز و کریدورهای آبی	در صورت تنوع در سیستم، اجزای سیستم در زمان وقوع اختلالات می‌توانند جایگزین یا جبرانی برای یکدیگر باشند (Waters et al., 2006). تنوع پایین در سیستم باعث آسیب‌پذیری سیستم و از بین رفتن کارکردی خاص در سیستم می‌شود. وجود تنوع زیستی برای خدمات اکوسیستمی همچون گرده‌افشانی، کنترل آفات، چرخهٔ مواد غذایی ضروری است و از طریق فراهم آوردن افزونگی و تنوع پاسخ به ارتقاء تاب‌آوری سیستم می‌انجامد.
افزونگی لکه‌های سبز و کریدورهای آبی	افزونگی عناصر پایه‌ای منظر سبب می‌شود که در صورت بروز اختلال، چنانچه برخی از اجزاء از بین رفتند، دیگر عوامل بتوانند جایگزینی برای آن‌ها باشند (Schouten et al., 2012).
مجاورت لکه‌ها	فاصلهٔ زیاد میان لکه‌ها، نشان‌دهندهٔ انزوای لکه‌های موجود در یک پهنه و کاهش عملکرد اکولوژیکی آن‌ها در اثر عدم نزدیکی به دیگر لکه‌های سبز است. این در حالی است که مجاورت کاربری‌های اکولوژیکی مکمل نه تنها به افزایش در دسترس بودن زیستگاه‌ها برای گونه‌های مختلف منجر می‌شود، بلکه ارتقاء فعالیت‌های زمین و دیگر فرایندهای حیاتی اکوسیستم را نیز در پی دارد (Colding, 2007).
پیوستگی لکه‌ها و کریدورها	ارتباطات میان لکه‌ها و کریدورهای اکولوژیکی در ماتریس طبیعی و مصنوع شهر، موجب ارتقاء و حفظ یکپارچگی شهر و جریان‌های اکولوژیکی شده و همچنین حرکت گونه‌ها میان زیستگاه‌ها را تسهیل می‌سازد. پیوستگی کم سیستم‌های طبیعی باعث خرد دانگی، جداسازی و انزوای عناصر منظر شهری شده و آثار چشمگیری بر فرایندهای اکولوژیکی می‌گذارد (Forman et al., 2003).
پودمانگی	از لحاظ معیار پودمانگی چنانچه عملکرد شهری توسط سیستمی غیرمتمرکز یا توزیع‌شده انجام شود، نسبت به اختلال، تاب‌آوری بالاتری از خود نشان می‌دهد. بنابراین طراحی مدولار و توزیع منظم لکه‌ها و کریدورها در کل سیستم به تاب‌آوری سیستم می‌انجامد (Schouten et al., 2012).
ناهمگنی و چند عملکردی بودن لکه‌ها و کریدورها	استراتژی چند عملکردی یکی از راه‌حل‌هایی است که از طریق عملکردهای درهم تنیده شده و ترکیبی در یک مکان یا زمان‌های مختلف حاصل می‌شود (Novotny et al., 2010). ناهمگنی و چندعملکردی بودن عناصر اکولوژیک به افزایش خدمات اکوسیستمی در شهرها منجر شده و ارتقای تاب‌آوری آن‌ها را به دنبال دارد.
لکه‌های بزرگ	مساحت لکه‌های سبز عامل تعیین‌کنندهٔ فراوانی و تنوع گونه‌ها است. با افزایش مساحت، تنوع زیستگاه‌ها افزایش‌یافته و گونه‌های بیشتری جذب می‌شوند، که این امر تنوع پاسخ و تنوع عملکردی و در نتیجه افزایش تاب‌آوری را به دنبال خواهد داشت (Colding, 2007). بنابراین عدم انقطاع لکه‌های سبز و برخورداری از مساحت مناسب عاملی مهم در تعیین تنوع زیستی است.

۴. مواد و روش بررسی

۱.۴. روش تحقیق

روش تحقیق در این مقاله آمیخته[۸] است و به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به تناسب بخش‌های مختلف پژوهش از هر دو روش تجزیه‌وتحلیل کیفی و کمی بهره گرفته شده است. خروجی‌های لازم به‌صورت نقشه‌های کیفی و جداول کمی با استفاده از نرم‌افزار آرک جی.ای.اس ۱۰,۲[۹] (Desktop, 2011) ایجاد شده است. به‌منظور بررسی روند تغییر و تحول عناصر شکل‌دهندهٔ ساختار اکولوژیک شهر مشهد در فرایند رشد و توسعهٔ شهری و تحلیل تأثیر آن بر تاب‌آوری اکولوژیکی این شهر، بازهٔ زمانی ۱۳۳۵-۱۳۹۴ (از زمان وجود نخستین عکس هوایی شهر مشهد)، انتخاب شده و بر اساس مدل موزاییکی فورمن (Forman, 1995)، ساختار اکولوژیک شهر مشهد با توجه به چگونگی توزیع فضایی لکه‌ها، کریدورها و ماتریس شهری در سه دورهٔ ۱۳۳۵، ۱۳۶۴ و ۱۳۹۴ تحلیل و تغییرات کمی و کیفی آن بررسی شده است. به‌منظور استخراج عناصر ساختاری شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد در سه دورهٔ ذکر شده، از تصاویر ماهواره‌ای حاصل از لندست OLI/8 [15 August 2015]، لندست TM/5 [20 July 1987] (Survey, 2016)

Archive of SID
www.SID.ir

و عکس‌های هوایی تاریخی مربوط به سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۳۵ (ادارهٔ کل نقشه‌برداری شمال شرق، ۱۳۹۵)، همچنین اسناد مکتوب (فرنهاد، ۱۳۹۱؛ مهرازان، ۱۳۷۲؛ خازنی، ۱۳۵۰) و اسناد تاریخی MacGregor, 1879(؛ سیدی، ۱۳۷۸؛ مهریار و همکاران، ۱۳۸۷) بهره گرفته شده است. با مطالعهٔ متون و اسناد تصویری تاریخی و همچنین اسناد دولتی و سازمانی مذکور، داده‌های مورد نیاز مربوط به گذشته و وضعیت کنونی شهر مشهد برای دورهٔ ۶۰ ساله جمع‌آوری‌شده و با روش تحلیل محتوا و مقایسه‌ای تفسیر شده‌اند.

به‌منظور آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای نیز برای استخراج اطلاعات، نخست مراحل پردازش به‌صورت کالیبراسیون[10] صورت گرفته و به رادیانس[11] تبدیل شده است، سپس تصحیح هندسی انجام شده و در نهایت برای تصویر سال ۲۰۱۵ به‌منظور افزایش دقت تصویر از ۳۰ متر به ۱۵ متر در پیکسل، Pan- Sharpening[12] صورت گرفته است. عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۶۴ نیز در نرم‌افزار آرک جی.ای.اس زمین مرجع شده و بدین ترتیب موزاییک‌های مربوط به تصاویر در کنار هم قرار گرفته و تصویر یکپارچه مختصات‌دار برای هر دوره حاصل شده است. از طریق مشاهدهٔ دقیق و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی مذکور و با توجه به اسناد تاریخی ذکر شده، لایه‌های اطلاعاتی مصنوع و طبیعی شامل نقشه‌های هیدرولیکی، پوشش گیاهی و فضای سبز و شبکهٔ دسترسی به‌عنوان عناصر ساختار اکولوژیک استخراج شده و به همراه دیگر طبقات پوشش زمین مانند اراضی بایر، اراضی کوهستانی و اراضی ساخته شدهٔ شهری، به‌صورت شیپ فایل‌های طبقه‌بندی‌شده در نرم‌افزار آرک جی.ای.اس ترسیم شده‌اند. در نهایت نقشه‌های جی.ای.اس شهر مشهد برای سه بازهٔ مورد نظر ایجاد شده و امکان تحلیل عناصر شکل‌دهندهٔ ساختار اکولوژیکی شهر و مقایسه کمی و کیفی آن‌ها از طریق داده‌های جدول توصیفی و خروجی‌های تهیه شده به‌صورت اطلاعات کمی و نقشه فراهم‌شده است. مقایسهٔ عناصر شکل‌دهندهٔ ساختار اکولوژیک در سه دورهٔ ۱۳۳۵، ۱۳۶۴ و ۱۳۹۴، بیانگر روند تغییر و تحول این عناصر در فرایند رشد و توسعهٔ شهر مشهد است. در این بخش از مشاهدات محقق حاصل از بازدیدهای میدانی نیز برای تدقیق نقشه‌های تولید شده استفاده شده است.

۲.۴. تبیین ساختار و بررسی تغییرات شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد

شهر مشهد به‌عنوان محدودهٔ مورد مطالعه، دومین کلان‌شهر کشور است که با وسعتی حدود ۳۲۸ کیلومترمربع، در شمال شرق ایران در استان خراسان قرار دارد. در وضعیت کنونی شهر مشهد متشکل از سیزده منطقهٔ شهری و شهرداری مستقل است که در حوضهٔ آبریز کشف رود و در انتهای جنوبی دشت رسوبی توس واقع است و دو رشته کوه هزار مسجد در شمال و بینالود در جنوب غربی آن قرار دارد و رودخانهٔ کشف‌رود در ۸ کیلومتری شمال این شهر از شمال غرب به سمت شرق جریان دارد (شهرداری مشهد، ۱۳۹۳). به‌منظور تعیین وضعیت شبکهٔ اکولوژیک کلان‌شهر مشهد، عناصر مؤثر در ساختار اکولوژیک بر اساس مدل ذکر شده (لکه، کریدور و ماتریس) و به‌صورت لایه‌های طبقه‌بندی‌شده مطابق با توضیحات مذکور در بخش روش تحقیق، استخراج شده‌اند. سپس این لایه‌ها به‌منظور تحلیل ساختار اکولوژیک و عملکرد شهری بر یکدیگر قرار گرفته‌اند.

– لایهٔ لکه‌های سبز و باز طبیعی و مصنوع؛ دارای اهمیت اساسی در ساختار اکولوژیک شهر به‌عنوان لکه‌هایی که مستقیماً بر تمامی فعالیت‌های اکولوژیک شهر تأثیرگذار هستند.

– شبکهٔ هیدرولوژیکی به‌عنوان مهم‌ترین کریدورهای اکولوژیک در منظر شهری شامل آبراهه‌های طبیعی و مصنوع سطحی و زیر سطحی می‌شوند. شبکهٔ هیدرولوژیکی بر جریان انرژی، هوا و مواد غذایی تأثیرگذار است.

– شبکهٔ دسترسی شامل معابر اصلی به‌عنوان عناصر ساختاری اصلی و کریدورهای مصنوع اکولوژیک در بافت شهری، به‌ویژه به‌عنوان عناصر ارتباط‌دهندهٔ لکه‌های اکولوژیک در بافت‌های متراکم شهری.

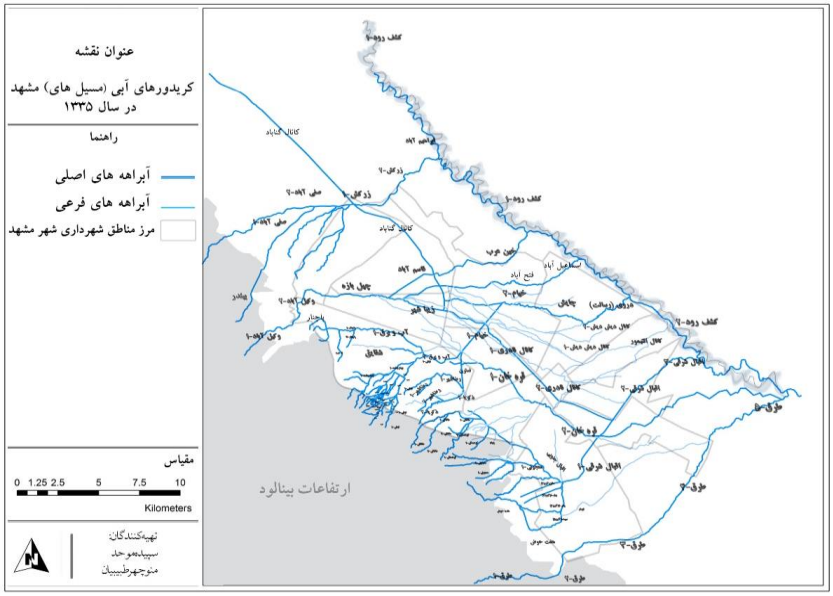
Archive of SID
www.SID.ir

در نهایت ساختار اکولوژیک شهر مشهد در هر یک از دوره‌های مورد بررسی از ادغام لایه‌های طبیعی و انسان ساخت شامل لکه‌ها و کریدورهای اکولوژیک ذکر شده، به‌صورت نقشهٔ یکپارچه تولید شده است.

۱.۲.۴. ساختار اکولوژیک شهر مشهد در سال ۱۳۳۵

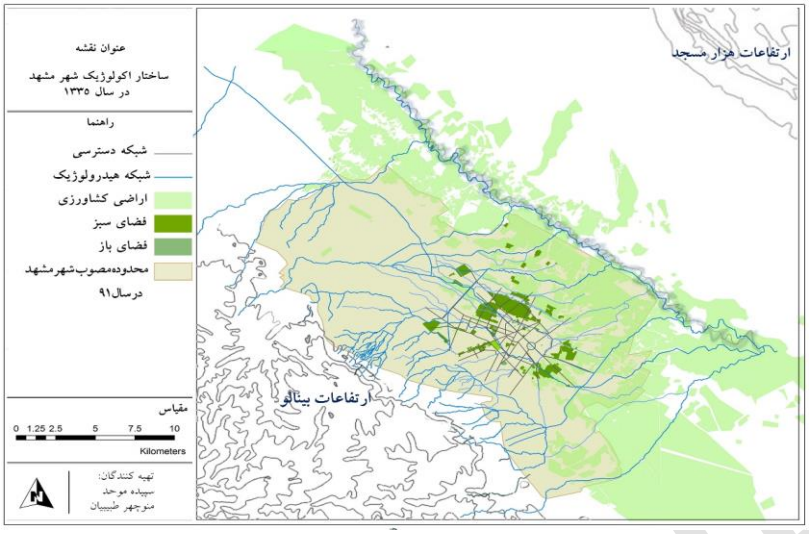
عکس‌های هوایی ۱۳۳۵ شهر مشهد در مقیاس $1/40000$ (شامل محدوده و حریم کنونی شهر مشهد و ارتفاعات جنوب غربی) تهیه شده و با زمین مرجع[۱۳] نمودن آن نرم‌افزار ARCGIS و از طریق مشاهدهٔ دقیق و تحلیل تصاویر و همچنین استفاده از اسناد مربوطه (طوس آب، ۱۳۷۸؛ طوس آب، ۱۳۷۹؛ طوس آب، ۱۳۸۱)، کریدورهای اکولوژیکی عمده مهم‌ترین آبراهه‌ها، لکه‌های فضاهای سبز و باز و شاخصه‌های متمایز زمین، استخراج شده و الگوهای طبیعی و فرایندهای متناظر با آن شناسایی شده‌اند. مهم‌ترین آبراهه‌های شهر مشهد به‌صورت کریدورهای اکولوژیک طبیعی از ارتفاعات جنوب غربی این شهر سرچشمه گرفته و در ادامهٔ مسیر خود، به حوضهٔ آبخیز دشت مشهد وارد می‌شوند (شکل ۱). این مجراهای آبی که می‌توان آن‌ها را رودهای زودگذر یا موقتی دانست، از ذوب شدن برف ارتفاعات جنوب غربی و همچنین بارندگی تغذیه می‌شوند (پنگان آوران، ج۱، ۱۳۸۶). از مهم‌ترین آبراهه‌های موجود در شهر مشهد با توجه به اسناد بررسی شده و عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۵، می‌توان به آبراهه‌های قره‌خان، ناد وکیل‌آباد، نهر گناباد و همچنین رودخانهٔ کشف به‌عنوان مهم‌ترین رودخانهٔ دشت مشهد اشاره کرد.

از فضاهای سبز مشهد در سال‌های ۱۳۳۵ بر اساس عکس هوایی، می‌توان به باغ‌ها و اراضی کشاورزی اطراف مشهد و همچنین حیاط‌های مرکزی پوشیده از درخت در خانه‌ها اشاره کرد که آبراهه‌های مهم نهر گناباد و نادری در کنار دیگر آبراهه‌ها با طی کردن فرایند سلسله مراتبی، آن‌ها را مشروب می‌ساخته است. همچنین مطابق عکس هوایی، از مهم‌ترین لکه‌های سبز موجود در آن زمان و منطبق بر محدوده فعلی خود در شهر مشهد می‌توان به باغ ملک‌آباد، باغ‌های پیرامون خیابان کوهسنگی امروزی، باغ ملی در مجاورت خیابان ارگ (امام خمینی)، باغ نادری (آرامگاه نادرشاه افشار)، باغ‌های مجاور بلوار توس، فضای درختکاری کارخانه قند آبکوه، فضای سبز محوطه بیمارستان امام رضا اشاره کرد. شکل ۲، که از روی هم اندازی لایه‌های استخراج شده (لکه‌ها و کریدورهای طبیعی و مصنوع) حاصل شده است، شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد در سال ۱۳۳۵ را نشان می‌دهد.



شکل ۱. آبراهه‌های شهر مشهد در سال ۱۳۳۵

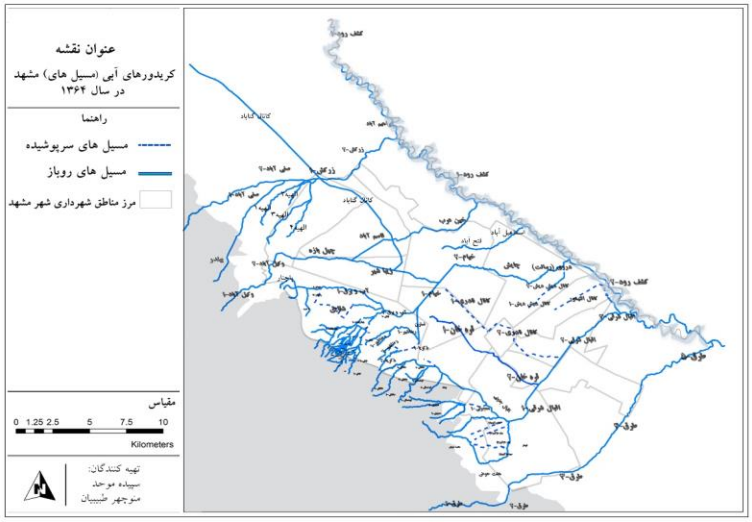
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. ساختار شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد در ۱۳۳۵

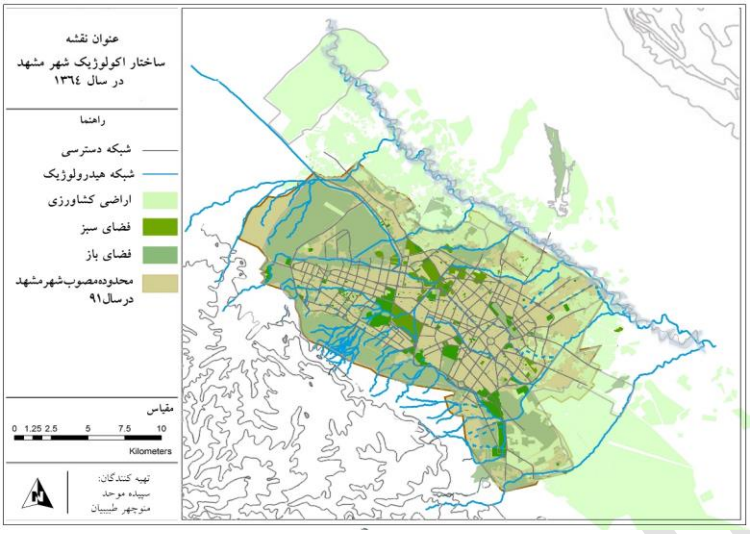
۲.۲.۴. ساختار اکولوژیک شهر مشهد در سال ۱۳۶۴

با توجه به عکس هوایی سال ۱۳۶۴ و تصویر ماهواره‌ای لندست TM/5 سال ۱۹۸۷ و همچنین مطالعات مکتوب ذکر شده (طوس آب، ۱۳۷۹؛ نقشان، ۱۳۸۷) به شناسایی مهم‌ترین آبراهه‌های شهر مشهد در سال ۱۳۶۴ پرداخته شده و با مقایسهٔ آن‌ها با کریدورهای آبی استخراج شده روی عکس هوایی سال ۱۳۳۵، مشخص می‌شود که از میان مهم‌ترین آبراهه‌های سال ۱۳۳۵، برخی همچنان باقی‌مانده و دارای اهمیت هیدرولوژیک هستند. اما برخی از آن‌ها نیز به دلیل تغییر شکل و با تغییر در عملکرد خود و تبدیل‌شدن به مجرای فاضلاب، فاقد اهمیت هیدرولوژیک شده و از ساختار طبیعی شهر محو شده‌اند،که از آن جمله می‌توان به سرپوشیده شدن و تغییر مسیر نهر نادری و تغییر ساختار بخش انتهایی نهر گناباد اشاره کرد. شکل ۳، آبراهه‌های شهر مشهد در سال ۱۳۶۴ را نشان می‌دهد. لکه‌های فضای سبز و باز شهر مشهد نیز در این دوره، با بهره‌گیری از مطالعات مذکور و تفسیر بصری عکس هوایی و تصویر ماهواره‌ای مربوطه، استخراج شده‌اند. به‌طوری‌که این لکه‌های سبز نمایانگر زیربنای فضای سبز است که پایهٔ آن در دهه‌های ۱۳۴۰ و ۱۳۵۰ بنیان گذاشته شده است (تهرانی فر، ۱۳۸۱). شکل ۴، شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد متشکل از لکه‌ها و کریدورهای طبیعی و مصنوع را در سال ۱۳۶۴ نشان می‌دهد.



شکل ۳. آبراهه‌های شهر مشهد در سال ۱۳۶۴

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴. ساختار شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد در سال ۱۳۶۴

۳.۲.۴. ساختار اکولوژیک شهر مشهد در سال ۱۳۹۴

به‌منظور تعیین وضعیت فعلی شبکه اکولوژیک کلان‌شهر مشهد، عناصر شکل‌دهنده ساختار اکولوژیک (لکه، کریدور و ماتریس)، به‌صورت لایه‌های طبقه‌بندی‌شده با توجه به تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۵ استخراج و ترسیم شده‌اند. سپس این لایه‌ها به‌منظور تحلیل ساختار اکولوژیک و عملکرد شهری بر یکدیگر قرار گرفته‌اند. شکل ۷، شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد متشکل از لکه‌ها و کریدورهای طبیعی و مصنوع را در سال ۱۳۶۴ نشان می‌دهد.

- لکه‌های طبیعی

از لکه‌های باز مشهد می‌توان به اراضی طبیعی باقی مانده در داخل شهر، اراضی کوهستانی جنوب غربی مشهد و برخی ارتفاعات (تپه‌هایی) اشاره کرد که از روند توسعهٔ شهری در امان مانده‌اند. بر اساس تصویر ماهواره‌ای حاصل از لندست OLI/8 سال ۲۰۱۵، در مناطق مرکزی شهر که به شدت به زیر ساخت‌وساز رفته‌اند، به‌ندرت زمین‌های باز به چشم می‌خورد و ارتباط میان لکه‌های طبیعی در اثر توسعه فیزیکی شهر، کاهش یافته است. بسیاری از اراضی جنوب غربی مشهد نیز تحت فشار ساخت‌وساز قرار گرفته و برای این منظور آماده‌سازی شده‌اند.

- لکه‌های مصنوع

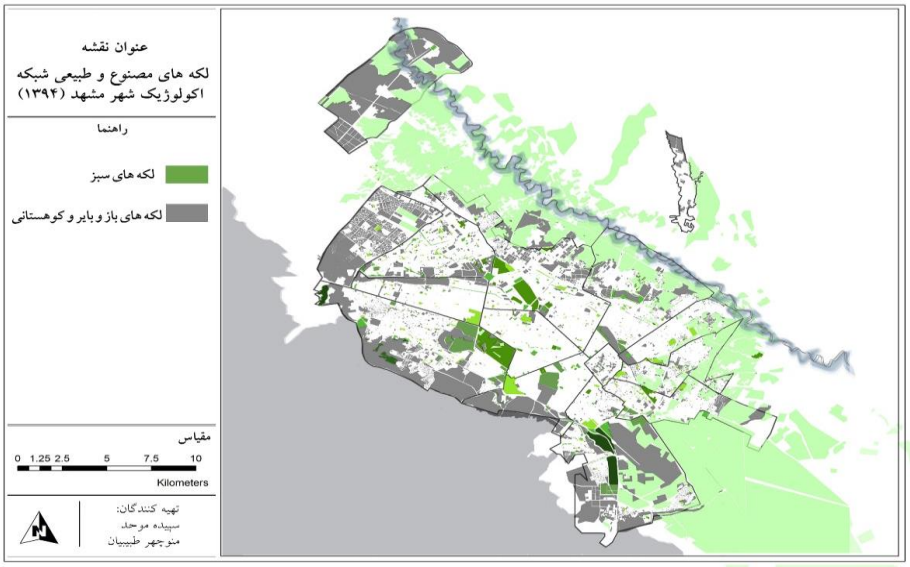
دو پارک جنگلی مهم در جنوب و غرب شهر واقع شده که به‌عنوان لکه‌های سبز ساخته شده از اهمیت اکولوژیکی فراوانی برخوردارند. پارک‌های شهری کوچک نیز بدون نظم سلسله مراتبی و در نظر گرفتن تأثیرات اکولوژیکی مکمل که در اثر مجاورت مناسب لکه‌های سبز ایجاد می‌شود، در سراسر بافت شهری پراکنده شده‌اند. اراضی زراعی، بزرگ‌ترین لکه‌های سبز مصنوع و فاقد عملکرد تفرجی، به‌صورت لکه‌های متجانس، پیوسته و یکپارچه در حاشیه شمال تا جنوب شرقی شهر واقع شده‌اند. ارتباط میان لکه‌های سبز مصنوع نیز همچون لکه‌های طبیعی به دلیل توسعهٔ ساخت‌وسازها محدود شده است. بخش شمال غربی و جنوبی شهر به دلیل بهره‌مندی از لکه‌های باز بیشتر و تراکم جمعیتی کمتر از پتانسیل بیشتری برای توسعهٔ لکه‌های سبز برخوردار است. در واقع اراضی بایر، لکه‌هایی با نیروی تغییر کاربری به لکه‌های سبز به‌عنوان پتانسیلی برای توسعهٔ شبکه اکولوژیک شهر به شمار می‌روند. شکل ۵، لکه‌های شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد را در سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.

- کریدورهای طبیعی

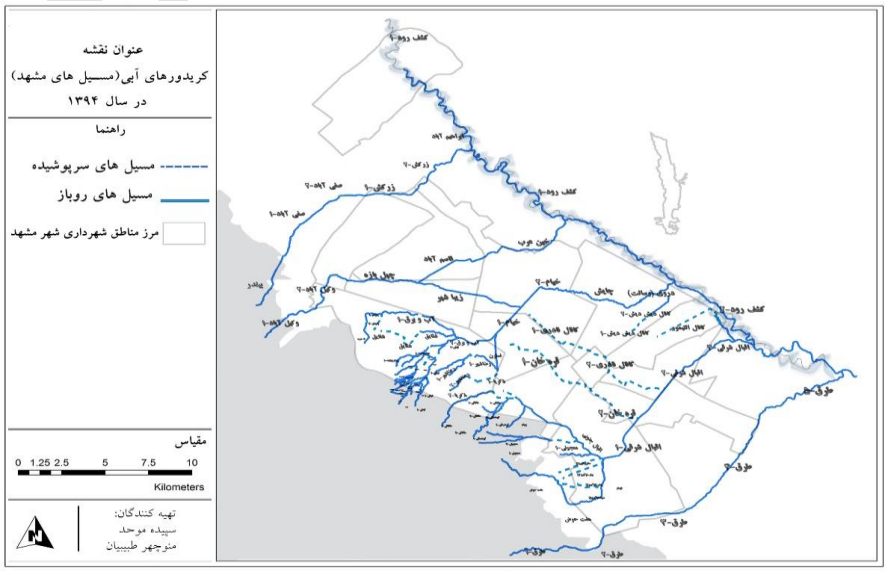
در وضعیت کنونی، آبراهه‌های شهر مشهد که از آبخوان ارتفاعات جنوب غربی تغذیه می‌شوند، مهم‌ترین کریدورهای طبیعی شهر محسوب می‌شوند که در ادامهٔ مسیر خود وارد شهر شده و برخی به شکل طبیعی رها

Archive of SID
www.SID.ir

شده و برخی دیگر نیز توسط اقدامات انسانی به شکل مسیل‌ها (آبراهه‌ها) با بدنه‌ها و کف‌های بتنی ساماندهی شده‌اند. این کریدورها در عین حمایت از حیات گونه‌های گیاهی و جانوری، نقش عمده‌ای در ایجاد ارتباط میان اراضی کوهستانی بالادست و بافت شهری پایین دست برعهده داشته و به‌عنوان کانال‌های انتقال دهندهٔ جریان انرژی و باد تأثیر مهمی در پالایش و تصفیه طبیعی هوای شهر ایفا می‌نمایند. آبراهه‌های شهر مشهد اغلب در راستای جنوب غربی–شمال شرقی شکل گرفته‌اند که به‌منظور تقویت ارتباط میان لکه‌ها و همچنین بهره‌مندی از مزایای آن‌ها، می‌بایست کریدورهای شرقی–غربی را نیز تقویت کرد. این کریدورها به دلیل مقیاس و عبور از قسمت‌های مختلف شهر، بیشترین تأثیر اکولوژیک را به علت ایجاد میکرواقلیم و نیز انتقال آب، مواد و انرژی داشته و عنصر منظر ساز طبیعی با اهمیتی به‌شمار می‌روند. شکل ۶، کریدورهای آبی شهر مشهد را در سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.

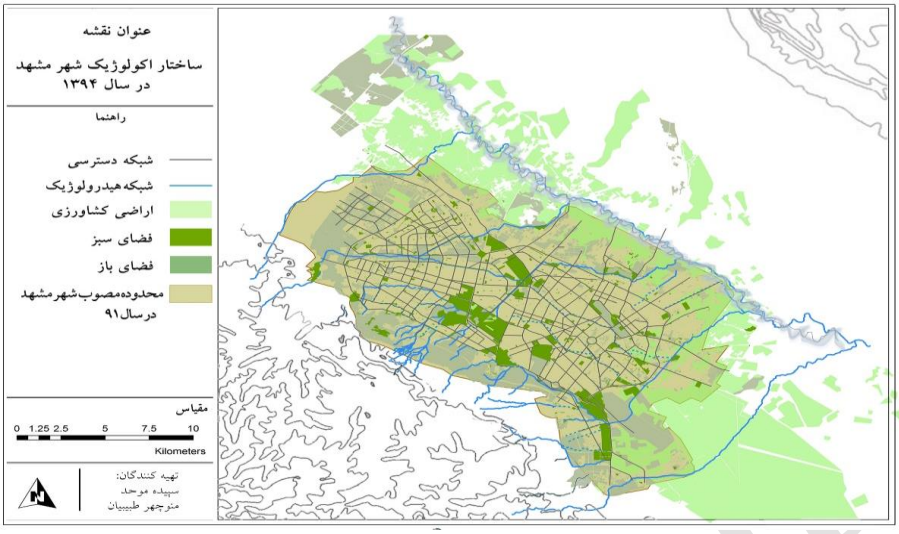


شکل ۵. لکه‌های طبیعی و مصنوع شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد



شکل ۶. کریدورهای آبی شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد

www.SID.ir



شکل ۷. ساختار شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد

- کریدورهای مصنوع

این کریدورها شامل آبراهه‌های مصنوع (مسیل) برای جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب‌ها، پارک‌های خطی، محور خیابان‌ها به همراه کاشت ردیفی حاشیهٔ آن‌ها، جاده‌ها و دیگر دسترسی‌هاست. به‌طورکلی کریدورهای مصنوع، اغلب دارای الگوی شطرنجی بوده و ساختار اصلی آن‌ها از شبکهٔ حمل‌ونقل متأثر شده است. از دیگر کریدورهای در حال احداث، می‌توان به کمربندی جنوبی شهر مشهد اشاره کرد که عامل منقطع کنندهٔ ارتباط بستر شهر با طبیعت و مختل کنندهٔ زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوری موجود در ارتفاعات محسوب شده و تأثیرات منفی اکولوژیکی متعددی را در پی دارد.

- بستر شهر

شهر مشهد بر بستر دشتی محاط شده با بستر کوهستانی واقع شده است که در حال حاضر گسترش سریع شهر و تراکم بالای ساخت‌وساز در آن، باعث تغییرات شدید منظر شهری ازجمله نابودی و انقطاع لکه‌ها، منحرف شدن و مسدود شدن کریدورهای آبی، هجوم به حائل‌ها و لبه‌های طبیعی و تخریب قسمت بزرگی از الگوهای طبیعی و در نهایت کاهش تعادل عناصر طبیعی و مصنوع شده و ماتریس طبیعی شهر نادیده گرفته شده است.

۵. یافته‌های تحقیق

۱.۵. تبیین تغییرات شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد دربازهٔ زمانی ۱۳۳۵-۱۳۹۴

با بررسی ساختار اکولوژیک شهر مشهد در سه دورهٔ ۱۳۳۵، ۱۳۶۴ و ۱۳۹۴، مهم‌ترین عناصر شکل‌دهندهٔ شبکهٔ اکولوژیک (لکه‌ها، کریدورها و ماتریس) شهر، ارزش‌های اکولوژیک مدفون شده و فراموش شدهٔ شهر و همچنین تأثیر شهرنشینی بر تغییرات ساختار اکولوژیک شهر مشهد تبیین شده است، به‌طوری‌که از این طریق می‌توان اقدامات لازم برای حفظ، بازیابی و احیاء این عناصر با ارزش و تأثیرگذار بر فرایندهای اکوسیستمی را به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری اکولوژیکی شهر پیشنهاد کرد. در این راستا مطابق شکل ۸، با مقایسهٔ ساختار اکولوژیک شهر در سه دورهٔ ذکر شده، مهم‌ترین تغییرات لکه‌های سبز و کریدورهای آبی (طبیعی و مصنوع) شناسایی و وضعیت فعلی آن‌ها در شهر مشهد مشخص شده است.

۲.۵. تغییرات لکه‌های سبز

از بررسی عکس‌های هوایی و تصویر ماهواره‌ای شهر مشهد در سه دورهٔ مذکور و مقایسهٔ مقادیر کمی حاصل از شیپ فایل‌های ترسیم شدهٔ طبقات پوشش زمین در نرم‌افزار جی. ای.اس با یکدیگر و همچنین تحلیل همپوشانی این لایه‌ها در دوره‌های مختلف با استفاده از

Archive of SID
www.SID.ir

تکنیک‌های نرم‌افزار جی.ای.اس، تغییرات طبقات پوشش زمین و تبدیل فضاهای سبز و اراضی زراعی به کاربری‌های ساخته شده شهری مطابق جدول ۲، جدول ۳ و شکل ۹، مشخص شده است.

جدول ۲. میزان تغییرات پوشش زمین در بازهٔ زمانی ۱۳۳۵-۱۳۹۵ (هکتار)

کاربری ساخته شده شهری در ابتدای دوره (۱۳۳۵)	۹۸۰
کاربری ساخته شده شهری در میان دوره (۱۳۶۴)	۸۱۶۴
کاربری ساخته شده شهری در پایان دوره (۱۳۹۴)	۱۱۲۸۸
تغییر اراضی کشاورزی به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۳۵-۱۳۶۴	۱۷۴۳
تغییر فضای سبز به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۳۵-۱۳۶۴	۶۳۰
تغییر اراضی کشاورزی به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۶۴-۱۳۹۴	۲۴۷۸
تغییر فضای سبز به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۶۴-۱۳۹۴	۵۱۳

برای صحت سنجی مقادیر کمی حاصل شده، نتایج با مقادیر محاسبه شده در مقاله‌ای که به تحلیل زمانی– مکانی گسترش کالبدی شهر مشهد و پایش تغییرات کاربری اراضی در فاصلهٔ زمانی ۱۳۶۶-۱۳۹۴ به شیوهٔ سنجش از دور پرداخته است (زنگنه شهرکی و همکاران، ۱۳۹۳) تطبیق داده شده است. در این مقاله تغییر اراضی باغ و پارک و کشاورزی به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۶۶-۱۳۹۴ با مقدار حاصل شده در پژوهش حاضر که این تغییرات را در دو کلاس اراضی کشاورزی و سبز محاسبه کرده، بسیار نزدیک است.

جدول ۳. مقایسهٔ تغییرات فضای سبز و اراضی کشاورزی در سه دورهٔ مورد بررسی (بر حسب درصد)

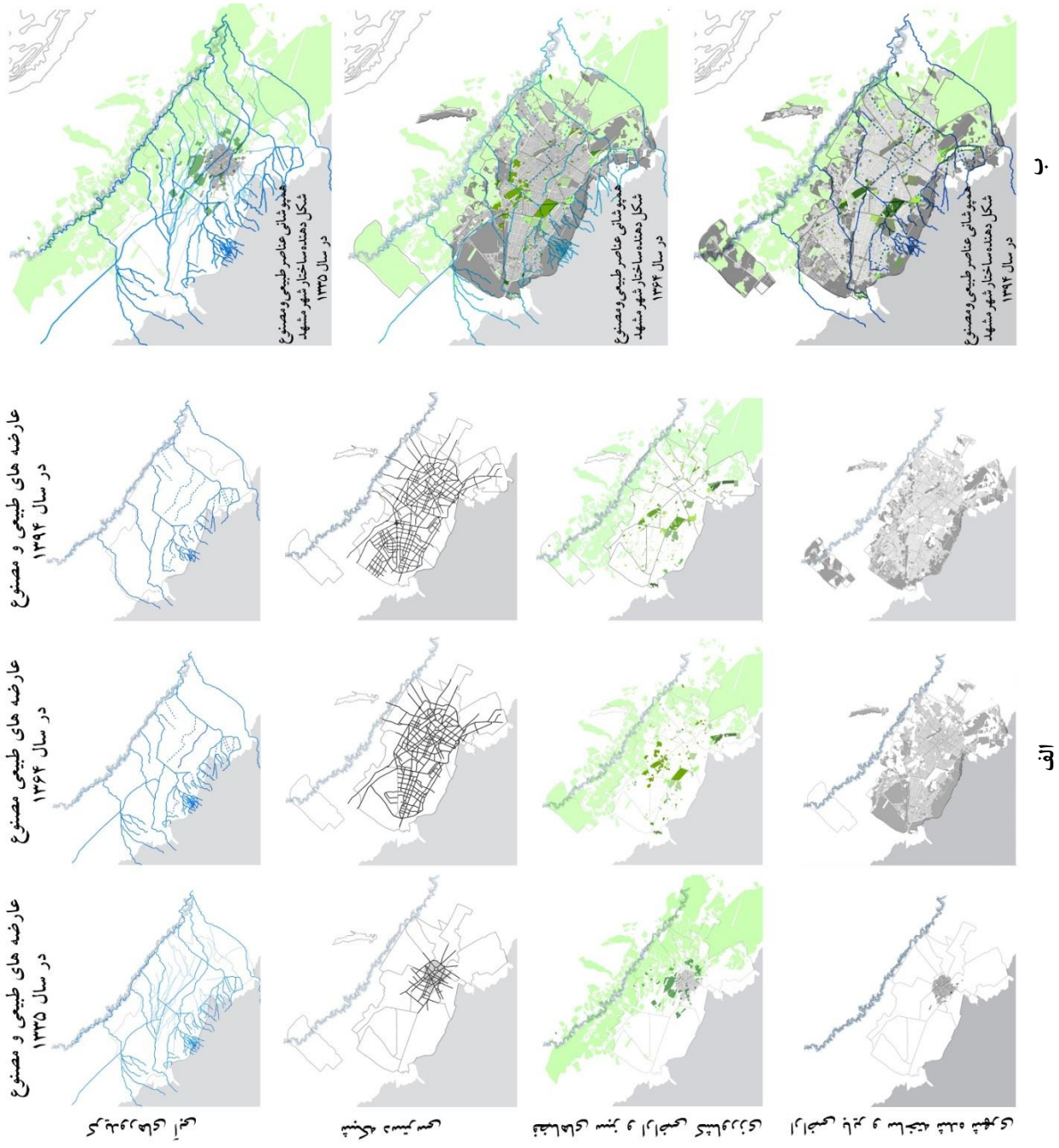
نسبت فضای سبز به اراضی ساخته شده در ابتدای دوره (۱۳۳۵)	۱۱۰
نسبت فضای سبز به اراضی ساخته شده در میان دوره (۱۳۶۴)	۲۹
نسبت فضای سبز به اراضی ساخته شده در پایان دوره (۱۳۹۴)	۲۰
درصد تبدیل فضای سبز سال ۳۵ به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۳۵-۱۳۶۴	۵۸
درصد تبدیل اراضی کشاورزی سال ۳۵ به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۳۵-۱۳۶۴	۵
درصد تبدیل فضای سبز سال ۶۴ به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۶۴-۱۳۹۴	۲۱
درصد تبدیل اراضی کشاورزی سال ۶۴ به ساخته شدهٔ شهری در بازهٔ زمانی ۱۳۶۴-۱۳۹۴	۹
نسبت فضاهای سبز تغییر یافته به اراضی ساخته شده در بازهٔ زمانی ۳۵-۶۴ به کل اراضی ساخته شدهٔ سال ۶۴	۲۱
نسبت فضاهای سبز تغییر یافته به اراضی ساخته شده در بازهٔ زمانی ۶۴-۹۴ به کل اراضی ساخته شدهٔ سال ۹۴	۲۲

از مقایسهٔ نسبت فضاهای سبز به اراضی ساخته شده در سه زمان مورد بررسی مطابق جدول ۳، مشاهده می‌شود که در ابتدای دوره، سهم فضای سبز در شهر از کاربری‌های ساخته شده شهری بیشتر بوده و این نسبت در فاصلهٔ سال‌های ۳۵-۶۴ به شدت روند نزولی را طی کرده به‌طوری‌که در پایان دوره به مقدار ۲۰ درصد تقلیل یافته است. همچنین مقایسهٔ درصد تغییرات فضای سبز بیانگر آن است که در فاصلهٔ سال‌های ۳۵-۶۴، حدود ۵۸ درصد از فضای سبز سال ۳۵ و در فاصلهٔ سال‌های ۶۴-۹۴، حدود ۲۱ درصد از کل فضای سبز سال ۶۴، به کاربری ساخته شده شهری تبدیل شده‌اند که این امر بیانگر آن است که در سال‌های اخیر روند تخریب فضاهای سبز تا حدی کاهش یافته است.

Archive of SID
www.SID.ir

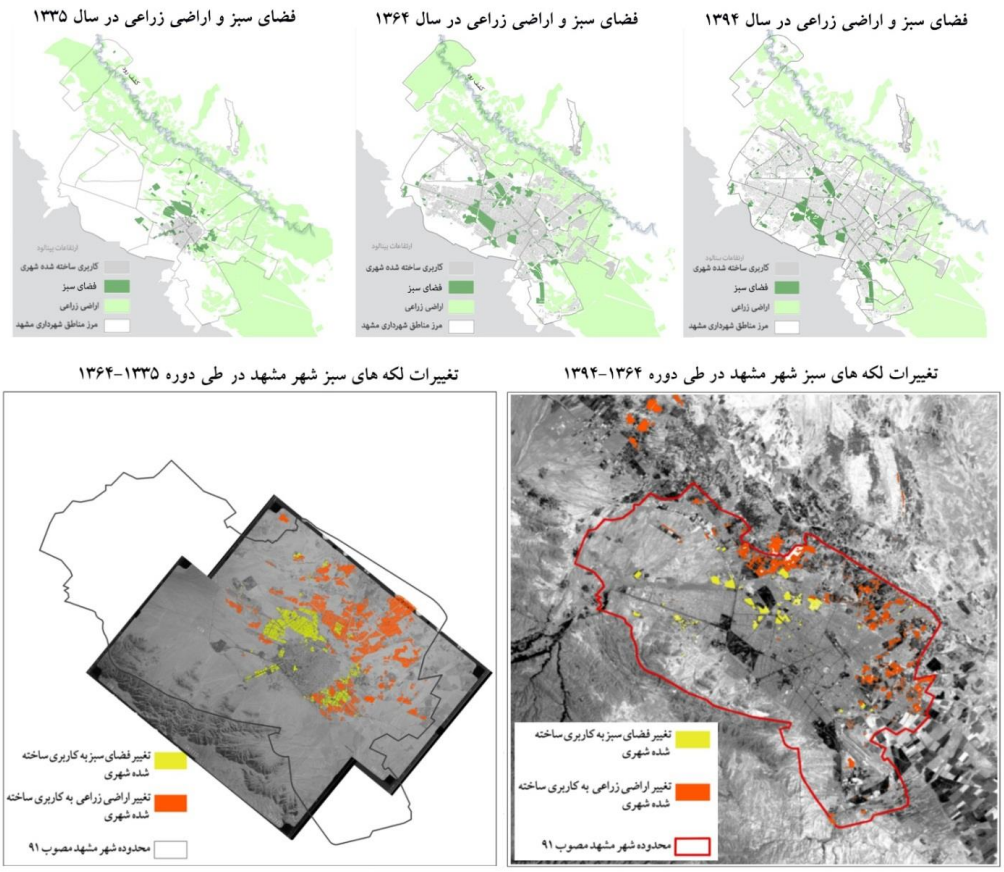
۳.۵. تغییرات کریدورهای آبی

بررسی سیر تحول کریدورهای آبی شهر مشهد در دورهٔ ۶۰ ساله، نمایانگر تغییرات ساختاری و عملکردی آن‌ها است مطابق آنچه در بخش روش تحقیق ذکر شد بر اساس تحلیل و تفسیر بصری دقیق عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات مهم‌ترین آبراهه‌ها (تغییر شکل و کالبد، تغییر مسیر، تغییر عملکرد و ...) استخراج شده و مطابق شکل ۱۰، نمایش داده شده است.

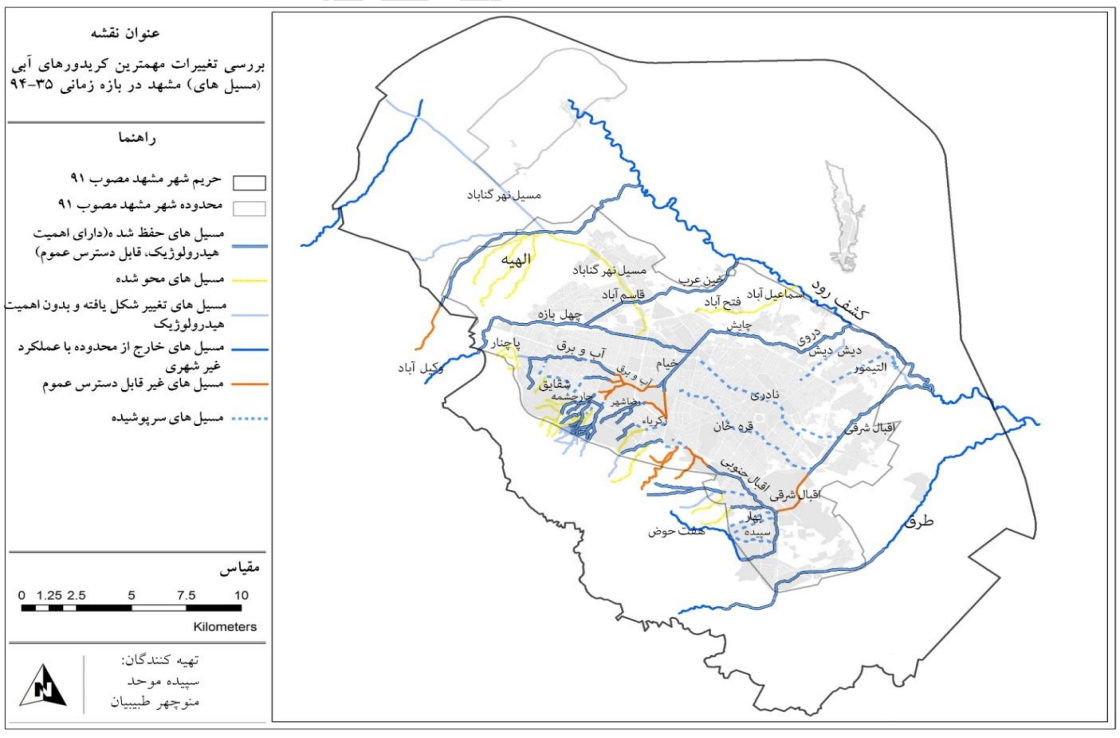


شکل ۸. الف. لایه‌های مطالعه شده؛ ب. هم پوشانی لایه‌های (عناصر طبیعی و مصنوع) شکل‌دهنده ساختار شهر مشهد در سه دوره زمانی

www.SID.ir

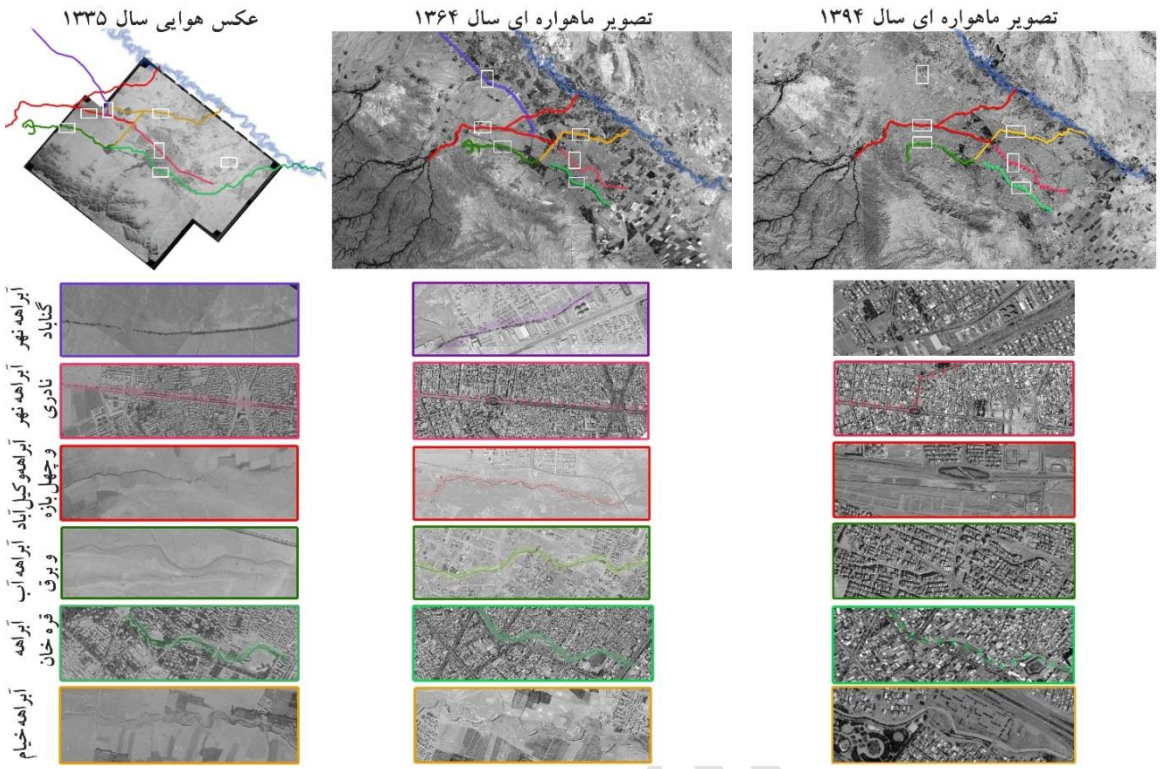


شکل ۹. تغییرات لکه‌های سبز شهر مشهد در طی دورهٔ ۱۳۳۵-۱۳۹۴ منطبق بر عکس هوایی و تصویر ماهواره‌ای



شکل ۱۰. تغییرات کالبدی مهم‌ترین کریدورهای آبی شهر مشهد در بازهٔ ۱۳۳۵-۱۳۹۴

www.SID.ir



شکل ۱۱. مکان‌یابی و بررسی مشخصه‌های کالبدی کریدورهای آبی روی عکس هوایی و تصاویر ماهواره‌ای

همان‌طور که مشاهده می‌شود، توسعهٔ کالبدی شهر به سرپوشیده شدن، مسدود شدن، تغییر مسیر یا حذف برخی از کریدورهای آبی موجود در شهر مشهد منجر شده است، که از آن جمله می‌توان به سرپوشیده شدن آبراهه‌های نادری و قره‌خان به‌عنوان دو مورد از مهم‌ترین آبراهه‌های غربی- شرقی مشهد، حذف شدن بخش انتهایی آبراههٔ گناباد به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آبراهه‌های انتقال دهندهٔ آب چشمه گیلاس به داخل شهر و مدفون شدن بسیاری از آبراهه‌های شمال غربی در اثر گسترش شهر در آن سمت اشاره کرد. این در حالی است که این کریدورها می‌بایست به‌عنوان مهم‌ترین عامل پیونددهندهٔ شهر و طبیعت و به‌منظور انتقال آب و نفوذ جریان هوا در شهر و در حکم ریه‌های تنفسی شهر حفظ می‌شدند (شکل ۱۱). تغییرات مهم‌ترین کریدورهای آبی شهر مشهد را در بازهٔ زمانی ۱۳۳۵-۱۳۹۴ روی عکس هوایی سال ۱۳۳۵ و تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۶۴ مربوط به لندست TM/5 و تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۹۴ تهیه شده از لندست OLI/8 نشان می‌دهد.

۶. بحث و نتیجه‌گیری

سیستم‌های طبیعی اصولاً پایدار هستند و با ظهور سکونتگاه‌های شهری روی زمین، طبیعی است که این اکوسیستم‌ها تغییر پیدا کرده و فرایندهای جدید اکولوژیکی در منظر شهری معرفی شده‌اند. به‌منظور اطمینان از حضور فرایندهای طبیعی در زندگی شهری و حفظ تاب‌آوری اکولوژیکی، می‌بایست ساختار طبیعی شهر را استخراج و با بررسی تغییرات فرایندها و الگوهای آن، بر طبق آن‌ها برنامه‌ریزی کرد.

در این پژوهش تلاش شد که بر مبنای اصول اکولوژیکی منظر به تبیین جایگاه و اهمیت شبکهٔ اکولوژیک در برنامه‌ها و طرح‌های توسعهٔ شهری در راستای ارتقای تاب‌آوری اکولوژیکی شهر پرداخته شود. بررسی روند تغییر شبکهٔ اکولوژیک شهر مشهد طی دورهٔ ۶۰ ساله، حاکی از آن است که حدود ۲۳۷۳ هکتار از لکه‌های سبز و اراضی زراعی موجود در سال ۱۳۳۵ و همچنین ۲۹۹۱ هکتار از همین اراضی در سال ۶۴ در فرایند توسعهٔ شهری

Archive of SID
www.SID.ir

از بین رفته و در شبکهٔ اکولوژیک سال ۹۴ دیگر اثری از آن‌ها نیست. بنابراین در مجموع، بیش از ۵۳۰۰ هکتار از لکه‌های سبز که می‌بایست به‌منظور جلوگیری از ایجاد جزایر حرارتی شهری، کمک به نفوذ آب به درون سفره‌های آب زیرزمینی و حفظ چرخهٔ طبیعی آب، جلوگیری از تغییرات آب و هوایی و کمک به تصفیه و پالایش طبیعی هوا حفظ می‌شده‌اند، در اثر تبدیل شدن به کاربری‌های ساخته شدهٔ شهری از بین رفته‌اند و در نتیجه تاب‌آوری شهر در مقابل مخاطرات زیست‌محیطی نظیر تغییرات آب و هوایی، آلودگی هوا، خشک‌سالی و سیل کاهش یافته است. امروزه در این شهر، مهم‌ترین عناصر باقی مانده از گذشته، جریانات و کریدورهای آبی هستند که عنصری کلیدی برای حفظ طبیعت در منظر شهری شهر مشهد محسوب می‌شوند. با شناسایی و احیا کردن آن‌ها به‌عنوان کریدورهای شهری که ارزش‌های اکولوژیکی شهر را پرورش داده و فضاهای سبز و باز شهری را به یکدیگر پیوند می‌دهند، می‌توان ساختار اکولوژیک شهر را تقویت کرد. با نگاهی به مباحث مطرح شده می‌توان دربارهٔ شبکهٔ اکولوژیکی شهر مشهد معضلاتی همچون؛ برهم خوردن یکپارچگی شبکه، اختلال در اتصال و پیوستگی عناصر شبکه، بی‌توجهی به کریدورهای اکولوژیک، عدم وجود توزیع متعادل عناصر طبیعی و پایین بودن کیفیت اکولوژیکی لکه‌ها و دالان‌ها را برشمرد.

مهم‌ترین مشکلات شناسایی شده از بررسی ساختار اکولوژیک شهر مشهد و راهکارهای پیشنهادی متناظر با آن‌ها با در نظر گرفتن شیوه‌های متعدد مداخله در جدول ۳، ارائه شده است. به‌طورکلی بهبود ساختار اکولوژیک شهر مشهد از طریق بازیابی، حفاظت، احیاء و باز زنده‌سازی اکولوژیکی و در نهایت ایجاد توازن بین لایه‌های مصنوع و طبیعی قابل دستیابی است.

جدول ۳. معضلات اکولوژیک و راهکارهای پیشنهادی به‌صورت حفاظت، احیاء، اصلاح و ایجاد

معضل	علت	راهکار
– فقدان باغ‌ها، اراضی زراعی و سبزراه‌ها به‌عنوان کریدورها و لکه‌های با ارزش اکولوژیکی مانند خیابان‌های پوشیده از درختان انبوه و تاریخی و خاطره‌انگیز وکیل‌آباد، ملک‌آباد، کوهسنگی، ارگ و بالا خیابان که به‌عنوان تسهیلگر جریان هوا و ارتباط‌دهندهٔ باغ‌ها عمل کرده و میکرو اقلیمی را در حوزهٔ خود ایجاد می‌کردند.	– رشد و گسترش سریع شهر در همهٔ جهات	– ایجاد پارک‌های خطی در امتداد معابر – حفاظت از درختان قدیمی و گونه‌های بومی – افزایش کریدورهای سبز بین لکه‌های طبیعی درون و اطراف شهر – انطباق هرچه بیشتر کریدورهای مصنوع با کریدورهای طبیعی و توجه به طراحی خاص نقاط تلاقی آن‌ها برای بارز نمودن ارزش‌های اکولوژیک در آن نقاط – حفاظت از لکه‌های باقیمانده و بهسازی و احیای لکه‌های طبیعی تخریب‌شده، یا از بین رفته به‌منظور افزایش توزیع متعادل آن‌ها در سطح شبکه.
– ازهم‌گسیختگی ارتباط میان بافت شهری و لکه‌های طبیعی ارتفاعات جنوبی به دلیل کمربندی جنوبی در حال احداث که به انقطاع و صدمه زدن به زیستگاه آن منجر شده و همچنین عرصه را برای تجاوز به مجراهای آبی فراهم آورده است. – تخریب هرچه بیشتر لکه‌های طبیعی (اراضی کوهستانی) در اثر ساخت‌وساز گسترده در مناطق جنوب غربی مشهد و آماده‌سازی این اراضی برای توسعهٔ فیزیکی آتی شهر	– گسترش بی‌رویه شهر به سمت اراضی کوهستانی جنوب غربی و عدم اعمال قوانین بازدارنده	عدم استفاده از مصالح ناتراوا در بستر آبراهه‌ها – اتخاذ سیاست‌هایی به‌منظور حفاظت از اراضی کوهستانی و جلوگیری از ساخت‌وساز روی ارتفاعات – حفاظت و حمایت از تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری از طریق جلوگیری از تخریب زیستگاه آن‌ها و ایجاد ساختارهایی برای عبور جانوران همچون پل‌ها و تونل‌ها به‌منظور تسهیل جابه‌جایی آن‌ها میان لکه‌های منقطع شده و درعین‌حال حفظ وحدت میان آن‌ها

Archive of SID
www.SID.ir

ادامهٔ جدول ۳. معضلات اکولوژیک و راهکارهای پیشنهادی به‌صورت حفاظت، احیاء، اصلاح و ایجاد

– محو و سرپوشیده شدن مهم‌ترین مجراهای آبی شهر مشهد همچون نهر گناباد نادری و قره‌خان و نادیده گرفتن ارزش‌های اجتماعی و اکولوژیک آن‌ها	– عدم توجه به حفظ ارزش‌های باقیمانده از گذشته و تصور شرایط تنزل یافته موجود به‌عنوان شرایط عادی "فراموشی نسلی زیست‌محیطی" – بی‌توجهی نسبت به عارضه‌های طبیعی به‌ویژه جریانات آبی در برنامه‌های توسعهٔ شهر توسط متخصصان	– عدم سرپوشیده کردن یا حذف مجراهای آبی قدیمی یا فاقد اهمیت هیدرولوژیک در شرایط فعلی و احیاء آن‌ها به‌عنوان محورهای پیاده بااهمیت تاریخی- فرهنگی و اکولوژیک (ریه‌های تنفسی شهر) – شناسایی تمامی کریدورهای موجود در شهر و تقویت پیوستگی و عدم انقطاع در کل شبکه – جلوگیری از آلوده شدن و انسداد جریانات آبی
– نادیده گرفتن رودخانهٔ کشف رود به‌عنوان مهم‌ترین رودخانهٔ دشت مشهد و تغییر کاربری اراضی زراعی پیرامون آن و تبدیل شدن آن‌ها به زمین‌هایی به‌منظور توسعهٔ آتی شهر – تجاوز به بستر آبراهه‌ها، نابودی زمین‌های حاصلخیز پیرامون آن‌ها و همچنین از بین رفتن توان زیست‌محیطی آن برای حمایت از گونه‌های کمیاب بومی	– عدم توجه به ارزش اکولوژیک کشف رود و اراضی اطراف آن در طرح‌های توسعه شهری – عدم وجود ضوابط تعیین‌کننده و بازدارندهٔ ساخت‌وساز در حریم	– ایجاد بافر طبیعی برای آبراهه‌ها، افزایش پوشش‌های گیاهی به‌منظور کمک به تصفیهٔ طبیعی آب، عدم‌بارگذاری سنگین در مجاورت آن‌ها
– تخریب و نابودی قابل‌توجه لکه‌های سبز به لحاظ وسعت و تعداد – انقطاع و عدم پیوستگی میان لکه‌های سبز باقی مانده و جریان‌های آبی – انسداد و نابودی بسیاری از مجراهای آبی و تجاوز به حریم آن‌ها در اثر ساخت‌وساز	– توسعه و افزایش ساخت‌وساز در داخل شهر و تغییر کاربری فضاهای سبز به سایر کاربری‌ها (تجاری، اداری و ...) – اختصاص کاربری فضای سبز بر اساس کم‌ارزش بودن زمین برای ساخت‌وساز	– شناسایی لکه‌های سبز موجود و کریدورهای آبی باقیمانده در سراسر شهر و ایجاد ارتباط میان آن‌ها و شبکه‌های مصنوع ایجادشده به‌منظور ایجاد شبکهٔ یکپارچه – احیاء آبراهه‌های متروکه و سرپوشیده به‌عنوان عناصر دارای اهمیت اکولوژیک و بازگرداندن آن‌ها به ساختار طبیعی شهر – حفاظت از آبراهه‌های فاقد اهمیت هیدرولوژیک به‌عنوان کانال‌های انتقال‌دهندهٔ جریان انرژی، باد و ...
		– اطمینان یافتن از پیوستگی ارتباط در سراسر آبخیز دشت مشهد از طریق اصلاح عدم پیوستگی‌های موجود در کریدورهای آبی که از بالادست به پایین دست حرکت کرده و جریان آب، هوا و خدمات اکوسیستمی را تسهیل می‌سازند. – ایجاد حائل میان محیط ساخته شده و جریانات آبی به‌منظور حفاظت و جلوگیری از تجاوز به حریم آن‌ها

یادداشت‌ها

1. Human Ecology
2. Urban Sociological
3. Bio-Ecology
4. Urban Systems
5. Human Ecosystem
6. Urban Landscape
7. Urban Sustainability
8. Mixed Method
9. ArcGIS 10.2
10. Calibration
11. Radiance

۱۲. هدف از این کار بهبود همزمان توان تفکیک مکانی و طیفی عوارض در فضای تصویر و مهیا ساختن فضای ویژگی دقیق‌تری است. به‌دلیل عدم وجود باند با رزولوشن بالاتر برای تصویر سال ۱۹۸۷، این پردازش فقط روی تصویر سال ۲۰۱۵ صورت گرفته است.

13. Georeference

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

اداره کل نقشه‌برداری شمال شرق. ۱۳۹۵. عکس هوایی شهر مشهد در سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۶۴

پریور، پ.، فریادی، ش.، یاوری، ا.، صالحی، ا. و هراتی، پ.۱۳۹۲. بسط راهبردهای پایداری اکولوژیک برای افزایش تاب‌آوری محیط‌زیست شهری (نمونهٔ موردی: مناطق ۱و۳ شهرداری تهران)، محیط‌شناسی، ۳۹(۱): ۱۲۳-۱۳۲.

پریور، پ.، یاوری، ا.، فریادی، ش. و ستوده، ا. ۱۳۸۸. تحلیل ساختار اکولوژیک سیمای سرزمین شهر تهران برای تدوین راهکارهای ارتقای کیفیت محیط‌زیست، محیط شناسی، ۳۵ (۵۰): ۴۵-۵۶.

پریور، پ.، یاوری، ا. و ستوده، ا.۱۳۸۷. تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری تهران در مقیاس سیمای سرزمین، محیط شناسی، ۳۴ (۴۵): ۷۳-۸۴.

پنگان آوران. ۱۳۸۶. برنامه جامع کاهش آلودگی آب دشت مشهد، جلد اول، شرکت مهندسین مشاور پنگان آوران.

تهرانی فر، ع. ۱۳۸۱. طرح جامع فضای سبز شهر مشهد، تاریخچه و بررسی وضع موجود پارک‌ها و فضای سبز شهر مشهد، مجری دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات شهرداری مشهد، مشهد.

زنگنه شهرکی، س.، کاظم زاده، ع. و هاشمی دره بادامی، س. ۱۳۹۳. تحلیل زمانی-مکانی گسترش کالبدی شهر مشهد و پایش تغییرات کاربری اراضی اطراف، پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۲(۴): ۴۸۳-۴۹۹.

سیدی، م. ۱۳۷۸. تاریخ شهر مشهد (از آغاز تا مشروطه)، انتشارات جامی، تهران.

شهرداری مشهد. ۱۳۹۳. آمارنامهٔ شهر مشهد، معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری مشهد با نظارت مدیریت آمار، فناوری و تحلیل اطلاعات.

خازنی. ۱۳۵۰. طرح جامع کلان شهر مشهد مقدس.

طوس آب. ۱۳۷۸. طرح جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی شهر مشهد، مسیل چهل بازه شاخه اصلی، شرکت مهندسین مشاور طوس آب.

طوس آب. ۱۳۷۹. خلاصهٔ گزارش و اطلاعات طرح جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی شهر مشهد، شهرداری مشهد، معاونت فنی و شهرسازی، مهندسین مشاور طوس آب.

طوس آب. ۱۳۸۱. طرح جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی شهر مشهد، نهر ناری، مهندسین مشاور طوس آب.

فرنهاد. ۱۳۹۱. طرح توسعه و عمران (جامع) کلان‌شهر مشهد، وزارت مسکن و شهرسازی با همکاری نهاد مطالعات و برنامه‌ریزی توسعه و عمران شهرداری مشهد، مطالعات کیفیت محیط شهری (سازمان کالبدی)، مهندسین مشاور فرنهاد.

مهرازان. ۱۳۷۲. طرح توسعه و عمران (جامع) کلان شهر مشهد مقدس. شرکت مهندسین مشاور مهرازان.

مهریار، م.، فتح اله یف، ش.، فخاری تهرانی، ف. و قدیری، ب. ۱۳۷۸. اسناد تصویری شهرهای ایران در دورهٔ قاجار، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

میکائیلی، ع. و صادقی بنیس، م. ۱۳۸۹. شبکهٔ اکولوژیکی شهر تبریز و راهکارهای پیشنهادی برای حفظ و توسعهٔ آن، پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱ (۲): ۴۳-۵۲.

Archive of SID
www.SID.ir

نقشان. ۱۳۸۷. طرح راهبردی ساماندهی مسیل‌های شهر مشهد، مطالعات مرحله سوم، شهرداری مشهد، معاونت شهرسازی و معماری، مهندسین مشاور معماری و شهرسازی نقشان.

Alberti, M. and Marzluff J.M. 2004. Ecological resilience in urban ecosystems: linking urban patterns to human and ecological functions. Urban ecosystems, 7: 241-265.

Aminzadeh, B. and Khansefid, M. 2009. A case study of urban ecological networks and a sustainable city: Tehran's metropolitan area. Urban ecosystems, 13(1):23-36.

Bennett, G. and Wit, P. 2001. The development and application of ecological networks. A review of proposals, plans and programs, IUCN/AID Environment.

Colding, J. 2007. Ecological land-use complementation for building resilience in urban ecosystems. Landscape and urban planning, 81:46-55.

Cook, E. A. 2002. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. Landscape and urban planning, 58:269–280.

Desktop, ESRI ArcGIS. 2011. Release 10, Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

Forman, R.T.T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology .Landscape ecology, 10: 133-142.

Forman, R.T.T. and Gordon, M. 1986. Landscape ecology. J. Wiley and Sons, New York.

Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H. and et al. 2003. Road ecology: Science and solutions Island Press Washington. DC, USA Google Scholar.

Kxebs, C.J. 1972. Ecologyy; The experimental analysis of distribution and abundance. New York: Harper-Collins College Publishers.

MacGregor, C.M. 1879. Narrative of a Journey Through the Province of Khorassan and on the NW Frontier of Afghanistan in 1875 (Vol. 2). WH Allen & Company.

McIntosh, R.P. 1986. The background of ecology: concept and theory. Cambridge University Press.

Novotny, V., Ahern J. and Brown P. 2010. Planning and design for sustainable and resilient cities: theories, strategies, and best practices for green infrastructure. Water Centric Sustainable Communities: Planning, Retrofitting, and Building the Next Urban Environment: 135-176.

Schouten, M.A., van der Heide, C.M., Heijman, W.J. and Opdam, P.F. 2012. A resilience-based policy evaluation framework: Application to European rural development policies. Ecological Economics, 81: 165-175.

Serrano, M., Luis, S., Jordi, P. and Pons, J. 2002. Landscape fragmentation caused by the transport network in Navarra (Spain): two-scale analysis and landscape integration assessment. Landscape and urban planning, 58: 113-123.

Simonsen, S.H., Biggs, R., Schlüter, M., Schoon, M., Bohensky, E., Cundill, G. and et al. 2014. Applying resilience thinking: seven principles for building resilience in social-ecological systems. Stockholm University, Stockholm.

Survey, U.S. Geological. 2016. 'USGS Global'. http://glovis.usgs.gov (Accessed, January 14, 2016).

Walker, B., and Salt D. 2012. Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world, Island Press.

Waters, B.M., Chu, H.H., DiDonato, R.J., Roberts, L.A., Eisley, R.B., Lahner, B., Salt, D.E. and Walker, E.L. 2006. Mutations in Arabidopsis yellow stripe-like1 and yellow stripe-like3 reveal their roles in metal ion homeostasis and loading of metal ions in seeds. Plant Physiology, 141(4): 1446-1458.

Wu, J. 2014. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. Landscape and Urban Planning, 125: 209-221.

Archive of SID

www.SID.ir