



فصلنامه علوم محیطی، دوره شانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

۱۸۱-۲۰۲

برنامه‌ریزی ساختاری شبکه‌های بوم‌شناختی سامانه کالبدی (مورد مطالعاتی: سیمای سرزمین تهران)

سارا عباس‌زاده و شهیندخت برق‌جلوه*

گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیطی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۹

عباس‌زاده، س. و ش. برق‌جلوه. ۱۳۹۷. برنامه‌ریزی ساختاری شبکه‌های بوم‌شناختی سامانه کالبدی (مورد مطالعاتی: سیمای سرزمین تهران). فصلنامه علوم محیطی. ۱۶ (۳): ۱۷۹-۲۰۰.

سابقه و هدف: سیمای سرزمین شهری دارای پیچیدگی‌های فراوانی است که برنامه‌ریزی در روند حل مشکلات آن‌ها نیاز به دانشی جامع دارد. در این راستا، بوم‌شناسی سیمای سرزمین به دلیل تعامل با دیگر علم‌ها، در برنامه‌ریزی کاربردی سیمای سرزمین شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد و به برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای کمک می‌کند که نه تنها در حل مشکل‌های شهری گام بردارند، بلکه روش‌های مناسبی در راستای اعتدالی سیمای سرزمین شهرها تبیین کنند. ساخت سیمای سرزمین شهرها دارای ویژگی‌های چهارگانه ناهمگنی، شامل: "ساختاری"، "فرآیندی"، "زمانی" و "فضایی"، می‌باشد که همین امر تحقیق در زمینه برنامه‌ریزی سیمای سرزمین شهری را نیازمند بررسی‌های عمیق‌تر می‌نماید. شبکه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین شهری، گذرگاه‌های ماده و انرژی هستند که به‌شکلی پویا در شار(جریان) مواد، انرژی و اطلاعات دخالت دارند. هدف اصلی این پژوهش، کاربرد مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین در روند برنامه‌ریزی ساختاری شبکه‌های بوم‌شناختی سامانه کالبدی شهرها است. همچنین در این بررسی، استفاده از چارچوب مفهومی-تحلیلی در برنامه‌ریزی ساختاری شبکه‌های بوم‌شناختی سامانه کالبدی تهران مد نظر بوده است.

مواد و روش‌ها: در این مورد، روش پژوهش به دو بخش عمده تقسیم‌بندی می‌شود: (۱) تدقیق چارچوب مفهومی-تحلیلی پژوهش در تبیین برنامه‌ریزی ساختاری شبکه‌های بوم‌شناختی سامانه کالبدی شهرها؛ (۲) برنامه‌ریزی توسعه سامانه کالبدی سیمای سرزمین شهر تهران در هماهنگی با روندهای بوم‌شناختی سرزمین، و مدیریت تغییر مطلوب در الگوی ساختاری شبکه‌های بوم‌شناختی سیستم‌های طبیعی و انسان ساخت سرزمین. در این پژوهش، با استفاده از مدل LCM^۱ که مدل‌سازی تغییر کاربری زمین‌های شهری در زمان‌های متوالی، از گذشته به حال و آینده را به تصویر می‌کشد، نقشه‌های ساخت سامانه‌ی کالبدی تهران در سه دوره زمانی مختلف با هم مقایسه می‌شود. در این مدل، با کمک سامانه نرم‌افزاری GIS^۲، پیش‌بینی نقطه‌های حساس ساخت سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران در ده سال آینده، با توجه به میزان تغییر کاربری زمین‌ها در سامانه‌ی کالبدی شهر در یک دهی گذشته، صورت می‌گیرد.

نتایج و بحث: به دنبال توسعه غیرزیستی سامانه کالبدی تهران، مراتب نزولی در ساخت ارتباطی-انزوایی شبکه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین شهری به دست آمده است و آسیب‌رسانی به این شبکه‌ها سبب ایجاد خوره در شبکه زیستی و هدررفت ماده و انرژی در ساخت بوم شناختی-جامعه‌شناختی سیمای سرزمین آن‌ها شده است. این امر، در نهایت، سبب ساده‌شدگی، تکه-تکه‌شدگی و فقر سامانه سیمای سرزمین

* Corresponding Author. E-mail Address: s-barghjelveh@sbu.ac.ir

شهری گردیده است. نتایج بررسی نقشه‌ها در سه زمان متوالی نشان‌دهنده کاهش سطح پوشش گیاهی و تکه-تکه‌شدگی لکه‌های سبز سامانه‌ی کالبدی تهران در شمال شرقی، شمال، شمال غرب و نیز قسمت‌هایی از جنوب شرقی بوده است. در این راستا، میزان پوشش گیاهی از ۱۷ درصد کنونی به ۱۵ درصد در سال ۱۴۰۶ خواهد رسید و نیز بخش‌های انسان‌ساخت از ۶۷ درصد کنونی به ۷۱ درصد در ده سال آینده افزایش می‌یابد. در این مورد: ابتدا ایجاد ارتباط تحلیلی بین چارچوب مفهومی پیشنهادی پژوهش از یک سو، و داده‌های به‌دست‌آمده از سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران از سوی دیگر، مورد توجه بوده است، و در نهایت، به منظور تجزیه و تحلیل روند کنونی توسعه شهری و همچنین پیش‌بینی تاثیر توسعه کالبدی شهر بر شبکه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین از یک سو، و برنامه‌ریزی تغییرپذیری‌ها در الگوهای ساختار سامانه کالبدی تهران از سوی دیگر، مد نظر بوده است.

نتیجه‌گیری: تجزیه و تحلیل سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران با استفاده از چارچوب مفهومی-تحلیلی پیشنهادی پژوهش در سه سطح تخصصی: "زیست‌شناسی"، "بوم‌شناسی" و "بوم‌شناسی سیمای سرزمین" - ضمن تبیین فرآیندهای زیستی نهاد "زیستی-فضایی-اجتماعی" سیمای سرزمین شهری و با در نظر گرفتن فرآیند برنامه‌ریزی شبکه‌های بوم‌شناختی، بر اساس بیان راهکارهای کاربردی در جهت کاهش روند اختلال‌های بوم‌شناختی و اعتلای سیمای سرزمین شهر تهران بوده است.

واژه‌های کلیدی: بوم‌شناسی سیمای سرزمین، چرخه ماده و انرژی، ناهمگنی بوم‌شناختی، تکه-تکه‌شدگی سیمای سرزمین، مدل LCM، چارچوب مفهومی.

مقدمه

را با فرصت‌ها و چالش‌های بسیاری آشنا کرده است و نقطه‌های قوت و ضعف مفهوم‌ها در راستای برنامه‌ریزی بوم‌شناختی کاربردی در سیمای سرزمین‌های شهری را به مرور آشکار کرده است. در طی شکل‌گیری این روند تکاملی، با سه الگوواره‌ی عمده در طول زمان مواجه هستیم که عبارت‌اند از: بوم‌شناسی در شهر^۱، بوم‌شناسی شهری^۲، و بوم‌شناسی برای شهر^۳.

در نخستین الگوواره (بوم‌شناسی در شهر)، بوم-شناسان زیست‌شناخت‌گرا، ابزار تحقیق خویش در خصوص بررسی شهرهای بزرگ، شهرهای کوچک و نیز حومه‌های شهری را همان پژوهش زیستگاه‌ها و یا انواع بوم‌سازگان‌هایی که با آن‌ها آشنا بودند، قرار داده‌اند. با این تفاوت که زمینه تحقیقاتی را در مقیاس شهر و شهرنشینی انجام می‌دهند. این روش در اروپا و آسیا پیشگام بوده است (Pickett et al., 2016). آنها با مقایسه منطقه‌های داخل شهری و یا حومه شهری با نوعی خاص از منطقه‌ها و یا با آن‌هایی که فراتر از محدوده شهری واقع هستند، پژوهش‌های محیط زیستی در مقیاس شهر را پژوهش‌های محیط زیستی در مقیاس منطقه‌ای فرض کرده‌اند (Pickett et al., 2016). در این نوع مطالعه، محیط زیست

بوم‌شناسی شهری تنها بر بوم‌سازگان‌های انسانی تأکید دارد، که به طور کلی شامل: محیط فیزیکی، گیاهان، جانوران، جمعیت انسانی، ساختارها و فرآیندهای اجتماعی، و اجزاء انسان ساخت و فناوری‌ها است (Cadenasso et al. 2006; Pickett and Grove, 2009). از طرفی پنج رکن اساسی برای بوم‌شناسی شهری از دیدگاه Pickett and Cadenasso (2017b) معرفی شده است که عبارتند از: ۱- شهرها بوم‌سازگان هستند. ۲- شهرها فضای ناهمگن دارند. ۳- شهرها پویا هستند. ۴- شهرها فرآیندهای انسانی و طبیعی را به هم پیوند می‌دهند. ۵- فرآیندهای بوم‌شناختی در داخل شهرها نیز ادامه دارند (Pickett and Cadenasso, 2008; Pickett and Cadenasso, 2017b). با توجه به پیچیدگی رابطه‌ها و با در نظر گرفتن مجموعه‌ی ناهمگنی‌های بوم‌شناختی: الگو، فرآیند، زمانی، و فضایی در سرزمین شهری، و از همه مهمتر نقش تصمیم‌سازی انسان و انتخاب او به عنوان عامل اصلی هدایت‌کننده‌ی سامانه کالبدی شهرها، سامانه سیمای سرزمین شهری نیاز به برنامه‌ریزی اصولی بر اساس دانشی جامع دارد. روند تکاملی بوم‌شناسی شهری در طول تاریخ شکل‌گیری شهرها، برنامه‌ریزان شهری و روستایی

بازتاب بلوغ این حوزه، از یک دیدگاه انسانی و فضایی متمرکز به یک دیدگاه تحقیقاتی چندرشته‌ای و فضایی است، و در نهایت به دیدگاهی منتهی شده است که دربرگیرنده تخصص‌های علمی و همچنین حضور جامعه مدنی در تعامل با یکدیگر و با هدف پیش‌بینی و شکل‌گیری شهر پایدار است (Pickett *et al.*, 2016). بوم‌شناسی شهری به عنوان یک زمینه‌ی تحقیقاتی چند-رشته‌ای، با بسیاری از ابزارهای مورد نیاز برای پیش‌برد پایداری و تاب‌آوری شهرها به‌وجود آمده است. (Mcpherson *et al.*, 2016) که در این باره، به رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین نزدیکتر است. زیرا از یک سو، همانند بوم‌شناسی، شهر را یک سامانه کل می‌بیند که همه ابعاد در تعامل با یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند، و از سویی، بوم‌شناسی سیمای سرزمین نیز در تعامل با دیگر علوم و با رویکرد پژوهشی چنددانشی و میان‌دانشی به دنبال حل مشکل‌های سامانه سیمای سرزمین و در پی برنامه‌ریزی مناسب برای آن است. با این تفاوت که، هدفی بالاتر از پایداری سامانه شهری را در نظر دارد که آن، تعالی سامانه سیمای سرزمین شهری است. براساس تحقیقات (Young (2016)، رویکرد بوم‌شناسی ترکیبی توانمند در پیوند بین اصل‌های "مدرنیته"، "مدرنیته‌ی بازتابی" و "پست‌مدرنیته" است که با اصل‌های حال-نگری (رفع مشکل)، آینده‌نگری (گشودن مشکل) و گذشته‌نگری (دفع مشکل) به حل مسئله‌های شهرنشینی می‌پردازد، و نقطه‌ی تلاقی و کامل‌کننده‌ی این اصل‌ها است. در این مورد، مسئله‌های مطرح در بوم‌شناسی شهری را در دوره‌های منظم زمانی از گذشته تا به حال و در آینده‌ی نزدیک بررسی می‌کند و در نهایت به پایداری شهری می‌اندیشد. حال آن‌که، با وجود مشکل‌های پیچیده‌ی شهری، به دانشی با توان پیش‌بینی آینده‌ی کمابیش دور نیاز است، تا نه تنها با آینده‌نگری، بلکه با آینده‌نگاری، برنامه‌ای بلندمدت برای حل مشکل‌های شهرنشینی پی‌ریزی نماید. بنابراین، با دقت به ضرورت

شهری متمایز از پهنه‌های خارج از سامانه‌ی شهری مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بررسی‌ها، نخستین اقدام بوم-شناسان در شناخت محیط زیست شهری برای برنامه-ریزی‌های کاربردی در مقیاس شهری بوده است.

در دومین الگوواره (بوم‌شناسی شهری)، همبستگی بین علوم اجتماعی و بوم‌شناسی معاصر، تسهیل بیشتری در آمیزه بین پژوهش‌های اجتماعی و بوم‌شناسی محیط زیست شهری فراهم می‌آورد. فرآیندهای سیاسی در مورد فهم عملکرد شهری، توجه به محیط زیست شهری را احیاء می‌کنند. فرآیندهای سیاسی، از جمله گفتمان درباره مزیت‌ها و خطرهای محیط زیستی شهرها، نقش مهم قدرت اجتماعی و یا تاثیر رهبران سیاسی سیمای سرزمین شهری در اعمال بوم‌شناسی شهری را ابقاء می‌کنند (Goode, 2014; Grove *et al.*, 2015). در این مرحله، الگوواره دوم کامل‌کننده‌ی الگوواره نخست می‌باشد که به بوم‌شناسی سیمای سرزمین نیز نزدیکتر است. زیرا به همبستگی میان علوم مختلف در این الگوواره اشاره فراوان شده است.

در سومین الگوواره (بوم‌شناسی برای شهر)، تعامل با دیگر علوم بارزتر می‌شود و ناهمگنی‌های بوم‌شناختی: ساختاری^۶، فرآیندی^۷، زمانی^۸ و فضایی^۹ (Pickett *et al.*, 2017a) سیمای سرزمین شهری، به شکل علمی‌تری مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. این نوع پژوهش، نزدیکی بیشتری با بوم‌شناسی سیمای سرزمین شهری دارد و جنبه‌های زیستی محیط اجتماعی و محیط شهری را در تعامل با یکدیگر و با دیگر علوم و همچنین، با شرایط زیستی بوم‌شناسی محیط شهری به شکل میان‌دانشی بررسی می‌کند. این دیدگاه، با هدف شکل‌گیری شهر پایدار به‌وجود آمده است.

این سه الگوواره، با توجه به رویکرد و اصل پیوند با شرایط محیطی بوم‌شناسی به‌وجود آمده‌اند و طی یک توالی تاریخی تقویت شده‌اند. بوم‌شناسی در شهر نیز به صورت فعال در ابتدای دهه ۱۹۵۰ در آسیا و اروپا مطرح شد (Numata, 1977). محیط زیست برای شهرها نیز

در گذرگاه‌های ماده، انرژی و اطلاعات در این سیمای-
سرزمین شهری شد؟

به‌دنبال توسعه شهرهای بزرگی از جمله تهران،
مراتب نزولی در ساخت ارتباطی-انزوایی شبکه‌های بوم-
شناختی سیمای سرزمین شهری به‌دست‌آمده است و
آسیب‌رسانی به این شبکه‌ها سبب ایجاد خوره در سامانه
زیستی و هدررفت ماده و انرژی در ساخت بوم‌شناختی-
جامعه‌شناختی سیمای سرزمین آن‌ها شده است. این امر،
درنهایت، سبب ساده‌شدگی، تکه-تکه‌شدگی و فقر
سیمای سرزمین شهری شده است که نتایج آن موجب
تأثیرهای منفی در میزان هماهنگی بین ناهمگنی‌های
چهارگانه و نیز تأثیر بر سلامت زیستی انسان و محیط
زیست او شده است. این مسئله هزینه‌های جبران‌ناپذیری
ایجاد کرده است، که بسیار بیشتر از هزینه‌های پیشگیری
در این رابطه است. شهر تهران به دلیل رشد روزافزون
جمعیت و لزوم توسعه در بر طرف کردن نیازهای جمعیت
در حال رشد، در معرض آسیب جدی به شبکه‌های بوم
شناختی قرار دارد. بنابراین لازم است برنامه‌ریزی این
شبکه‌ها با دقت و بر اساس مبانی علمی بوم‌شناسی
سیمای سرزمین صورت گیرد، تا کمترین آسیب ممکن
متوجه گذرگاه‌های ماده، انرژی و اطلاعات شود. در این
راستا، چارچوب مفهومی-تحلیلی پژوهش، بر اساس
مراتب حوزه‌های تحقیقاتی و نیز عواملان تأثیرگذار و متأثر
از روند توسعه سیمای سرزمین شهری تبیین می‌شود. این
چارچوب در سه سطح تخصصی: "علوم پایه‌ی زیست-
شناختی"، "علوم تخصصی بوم‌شناختی"، و "علوم
فرا تخصصی بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سامانه
سیمای سرزمین"، روند تأثیر توسعه سامانه‌ی کالبدی شهر
در فرآیندهای زیستی نهاد "زیستی-فضایی-اجتماعی"
سامانه سیمای سرزمین شهری را با در نظر گرفتن فرآیند
برنامه‌ریزی شبکه‌های بوم‌شناختی، در یک طرح کلی
بررسی می‌کند و نیز تجزیه-تحلیل ساختار، عملکرد و
تأثیر ناشی از عامل‌های تأثیرگذار و متأثر را نیز در جدولی

توجه به مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین، هدف‌های
مطالعه عبارتند از:

نظریه‌شناختی: کاربرد مبانی بوم‌شناسی سیمای-
سرزمین در برنامه‌ریزی شبکه‌های ساختاری سامانه
کالبدی شهرها

رویکرد شناختی: تبیین چارچوب مفهومی-
تحلیلی در برنامه‌ریزی ساختاری شبکه‌های بوم‌شناختی
سامانه کالبدی تهران

روش شناختی: برنامه‌ریزی توسعه شهری تهران در
هماهنگی با روندهای بوم‌شناختی سیمای سرزمین و همراه
با مدیریت تغییرپذیری‌های مطلوب در الگوهای ساختاری
شبکه سیستم‌های طبیعی و انسان‌ساخت، به منظور:

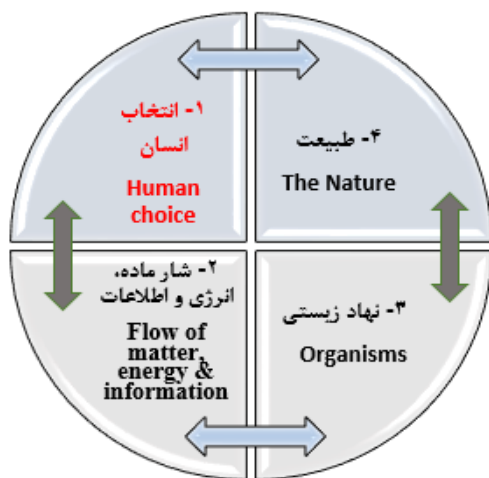
- ایجاد بیشترین هماهنگی در روابط انزوایی-
ارتباطی گذرگاه‌های ماده و انرژی

- افزایش پویایی زیستی در فرآیندهای شار مواد،
انرژی و اطلاعات در گذر زمان

اعتلای زیستی در تمامیت زیستی-فضایی-
اجتماعی سیستم سیمای سرزمین شهری، با لحاظ کردن
نقطه‌های حساس در سامانه کالبد شهری

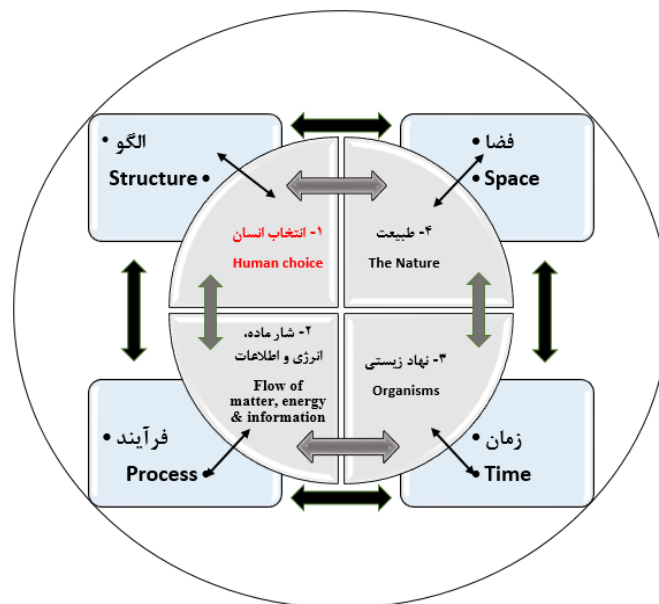
ابزار شناختی: ایجاد ارتباط تحلیلی بین چارچوب
مفهومی پژوهش و داده‌های سامانه کالبدی تهران، برای
تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی تأثیر توسعه غیرزیستی
شهری بر شبکه‌های بوم‌شناختی و به منظور برنامه‌ریزی
تغییرپذیری‌های الگوهای ساختاری سامانه سیمای-
سرزمین شهری و با توجه به هدف‌های مطالعاتی، سوال-
های پژوهش به ترتیب عبارتند از: (۱) آیا روند توسعه
شهری سامانه کالبدی تهران با پیامدهای محیط زیستی
همراه است؟ و چه تأثیری بر گذرگاه‌های ماده، انرژی و
اطلاعات در سیمای سرزمین دارد؟ (۲) آیا آسیب رسیدن
به گذرگاه‌های ماده، انرژی و اطلاعات، تأثیری بر روند
توسعه زیستی سیمای سرزمین تهران دارد؟ (۳) و با چه
ابزاری می‌توان ضمن برنامه‌ریزی ساختاری شبکه‌های
بوم‌شناختی سامانه کالبدی تهران، موجب اعتلای زیستی

وجود آن‌ها وابسته است. بنابراین، با دست‌اندازی در الگوی ساخت چرخه‌های طبیعی، سبب نابودی بسیاری از گونه‌های طبیعی می‌شود. انسان در سامانه‌های فیزیکی-زیستی طبیعت، به نفع نیازهای اساسی خویش دست‌اندازی نموده و با ساخت سامانه‌های کالبدی انسان‌ساخت تغییرپذیری-های عمده‌ای در پهنه‌های سرزمینی ایجاد می‌کند. او در نهایت، با ساخت سامانه کالبدی شهرها سبب ایجاد همگنی در ساخت پهنه‌های سرزمینی می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- سطح اول: "علوم پایه‌ی زیست‌شناختی" (زیستی)
Fig. 1- The first level of the study: biological studies

به شکل مفهومی نقد می‌نماید. "علوم پایه‌ی زیست‌شناختی": در حوزه‌ی علوم "زیست‌شناسی"، عاملان موثر در فرآیند تغییر محیط، عبارتند از: ۱- تصمیم‌سازی انسان، ۲- شار ماده و انرژی، ۳- نهادهای زیستی و ۴- طبیعت. مهمترین عامل در این سطح، نقش تصمیم‌سازی انسان است که دیگر عامل‌ها را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. انسان با تصمیم‌سازی در انتخاب‌های خویش و با ایجاد تغییرپذیری‌های سریع و اساسی، به عنوان عامل هدایت‌کننده‌ی اصلی و حکمران محیط، عاملان دیگر را به مرور غیرقابل کنترل می‌کند. در این راستا، با ایجاد تغییر در چرخه ماده و انرژی، ساخت زیستی پهنه‌های سرزمینی طبیعت را تغییر می‌دهد. از این طریق، با ایجاد بازدارنده‌ها در چرخه‌های زیستی و با ایجاد آلودگی‌های محیط زیستی در گردش مواد، انرژی و اطلاعات، و در نهایت، با اتخاذ تصمیم‌سازی‌های نادرست در روند تغییر محیط زیست سبب ایجاد خوره در سامانه و هدررفت جریان اطلاعات ژنتیکی در گذرگاه‌های ساخت شبکه‌های زیستی سیستم‌های سرزمینی می‌شود. او همچنین با تصمیم‌سازی خویش، از میان گونه‌های طبیعی، آن گونه‌هایی را انتخاب و پرورش می‌نماید که به نوعی به



شکل ۲- سطوح دوم: "علوم تخصصی بوم‌شناختی"
Fig. 2- The second level of the study: ecological studies (bio-spatial)

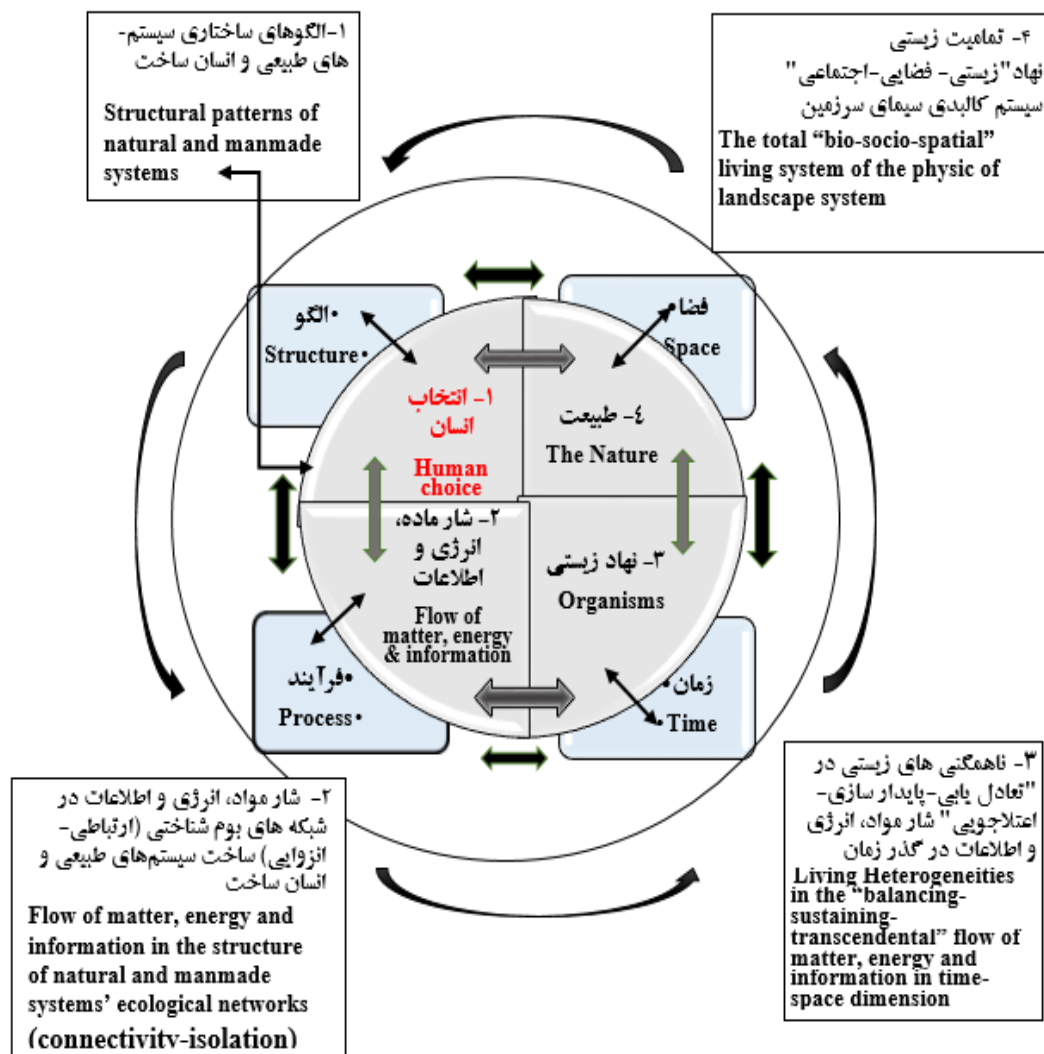
بنابراین، "به منظور درک بهتر از فرآیند "اختلال" در سامانه کالبدی شهرها، ذکر دو مورد ضروری است: (۱) لزوم درک "اختلال" به عنوان یک فرآیند "بوم‌شناختی"؛ و (۲) لزوم درک این "فرآیند بوم‌شناختی" در پیچیدگی‌های اجتماعی، محیط زیستی، و فناوری الگوی ساخت بوم‌سازگان‌های شهری در مقیاس فضایی سامانه سیمای سرزمین" (Pickett and cadensso, 2009; Grimm *et al.*, 2017).

"علوم فرا-تخصصی بوم‌شناختی در مقیاس

فضایی سامانه سیمای سرزمین": رویکرد "بوم-شناختی-جامعه‌شناختی" تحقیقات بوم‌شناسی شهری، در رابطه با درک خدمات بوم‌سازگان شهری، مدیریت سیستم بوم‌سازگان شهری و نیز مدیریت زیرساخت‌های سبز آن‌ها، در رسیدن به هدف‌ها و نیازهای اساسی جمعیت‌های شهری و نیز پاسخگویی به فرآیند افزایش جمعیت در شبکه‌های شهری، در زمینه برنامه‌ریزی تغییرپذیری‌های الگوی ساخت کالبدی شهرها دارای اهمیت است. علاوه بر این، مدیریت و طراحی بوم-سازگان‌های شهری برای اطمینان از عرضه‌ی تاب‌آوری و خدمات بوم‌سازگان‌ها، نیازمند متخصصان دانش‌های محیط زیستی در مقیاس‌های محلی شبکه سیمای-سرزمین است (Faehnle *et al.*, 2014). بنابراین، در این حوزه‌ی فرا-تخصصی، با اتخاذ رویکرد فرا-دانشی بوم-شناسی سیمای سرزمین و در تعامل با علوم‌ی که در زیرگروه آن قرار می‌گیرند، مانند تغییر در: (۱) الگوهای ساختاری شبکه‌های طبیعی و انسان‌ساخت، (۲) شار مواد، انرژی و اطلاعات در شبکه‌های بوم‌شناختی (ارتباطی-انزوایی) ساخت شبکه‌های طبیعی و انسان‌ساخت، (۳) ناهمگنی‌های زیستی در "تعادل یابی-پایدارسازی-اعتلاجویی" شار مواد، انرژی و اطلاعات در گذر زمان، و (۴) تمامیت زیستی نهاد "زیستی-فضایی-اجتماعی" شبکه کالبدی سیمای سرزمین، در فرآیند "برنامه‌ریزی شبکه‌های بوم‌شناختی" مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

"علوم تخصصی بوم‌شناختی": بر اساس مقاله‌ی

مربوط به نظریه ناهمگنی پوپا (Pickett *et al.* (2017a). ناهمگنی‌های بوم‌شناختی از نوع: ساختاری، فرآیندی، زمانی و فضایی، بطور مستقیم تحت تاثیر حوزه "بوم‌شناسی" واقع می‌شوند. تصمیم‌سازی‌های انسان‌ساخت که سبب ایجاد "اختلال" در تنظیم ناهمگنی‌های بوم‌شناختی به‌دست‌آمده از فرآیندهای زیستی الگوهای "فضایی" و "زمانی" پهنه‌بندی سرزمین‌ها می‌شوند، در این سطح بررسی می‌شوند. بوم-شناسی به عنوان دانشی میان-تخصصی، در سطح بررسی الگوهای "زیستی-فضایی" پهنه‌بندی کالبد سرزمین‌ها در گذر زمان، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس (شکل ۲)، تصمیم-سازی‌های انسان‌ساخت سبب ایجاد الگوهای جدیدی در سامانه کالبدی سرزمین‌ها، به شکلی متفاوت از الگوهای طبیعی سامانه زیستی سرزمین می‌شوند. انسان با دخالت در ترکیب‌بندی الگوهای فضایی محیط‌های طبیعی، و با توجه به نیازهای اساسی و گاه غیراساسی خویش، الگوهای همگن زیستی و غیرزیستی خویش را در پهنه‌بندی سیستم کالبدی سرزمین‌های شهری طرح‌ریزی می‌نماید. بنابراین، تصمیم-سازی‌های نادرست او سبب کاهش ناهمگنی در الگوهای "فضایی" و "زمانی" فرآیندهای زیستی سیمای سرزمین‌های شهری می‌شوند. و بنابراین با ایجاد تغییرپذیری‌های اساسی در پهنه‌های طبیعی، ناهمگنی فضایی چیدمان الگوهای طبیعی تغییر یافته و به سمت همگنی فضایی سوق داده می‌شوند. در نتیجه، به دلیل نابودی زیستگاه‌ها، با کاهش تنوع زیستی سامانه‌های زیستی-فیزیکی سرزمین‌ها مواجه می‌شویم. و به این ترتیب، در تعامل‌های زیرساخت‌های بوم‌شناختی پهنه-بندی سرزمین‌ها اختلال‌هایی به‌وجود می‌آید. همه موارد بیان شده، در نهایت، بر روند جریان ماده، انرژی و اطلاعات و نیز تنظیم ناهمگنی‌ها در فرآیندهای بوم‌شناختی تاثیر منفی داشته و سامانه "زیستی-فضایی" سرزمین را به سمت همگنی‌های بوم‌شناختی، از نوع: ساختاری، فرآیندی، زمانی، و فضایی، سوق می‌دهند که در نهایت، نتایج تاثیرهای منفی آن متوجه محیط زیست پهنه‌های انسان‌ساخت شهری می‌شود.



شکل ۳- سطح سوم: "علوم فراتخصصی بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سامانه سیمای سرزمین" (چارچوب مفهومی-تحلیلی)

Fig. 3- The third level of the study: eco-sociological studies (bio-socio-spatial) (The analytical-conceptual framework)

شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. تهران در پهنه‌ای بین دو وادی کوه و کویر مرکزی و در دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز گسترده شده است. پهنه‌ی این دشت به نسبت هموار از جنوب و جنوب غربی به کوه‌های ری و بی‌شهربانو و دشتهای شهریار و ورامین منتهی می‌شود و از شمال به واسطه‌ی کوهستان البرز محصور شده است (The Geographic Organization of the Armed Forces, 1395) (شکل ۴).

با توجه به (شکل ۳) حوزه‌های تخصصی "زیست-شناسی"، "بوم‌شناسی" و "بوم‌شناسی سیمای سرزمین" از هم گسیخته و یا جدا از هم نبوده، ولی با یکدیگر و با دیگر موارد بیان شده در حوزه‌های تخصصی تحقیقاتی در چالش و تعاملات چند جانبه هستند (جدول ۱).

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مورد بررسی

سیمای سرزمین شهر تهران از نظر جغرافیایی در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول

جدول ۱- چارچوب مفهومی-تحلیلی: چرخه‌ی عامل‌های تاثیرگذار در تغییر ناهمگنی‌های بوم‌شناختی و عوامل تاثیرپذیر آن‌ها در ساخت سامانه سیمای سرزمین

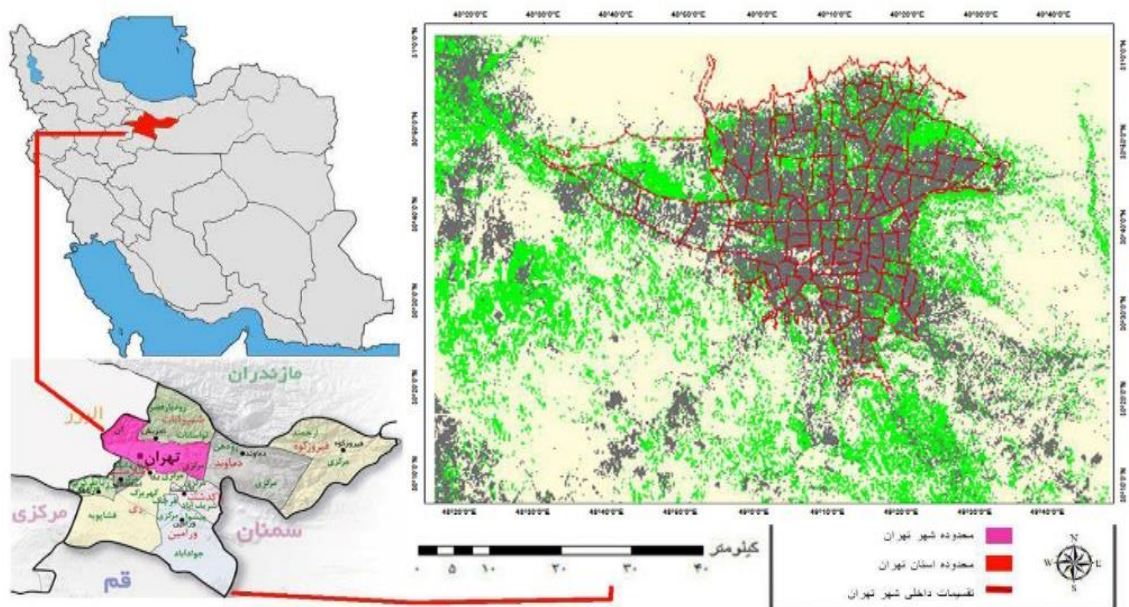
Table 1. The analytical-conceptual framework: the cycles of effective factors in changing ecological heterogeneities and their influenced factors in the structure of landscape system

نتایج Effects	تغییر ناهمگنی‌ها Affected Factors by the change of Heterogeneity	تغییر نتایج بوم- شناختی Change in Effects	تغییر ساخت و عملکرد بوم شناختی Change in Structure & Function	ناهمگنی‌های بوم- شناختی، براساس نظریه ناهمگنی پویا Ecological Heterogeneity (Pickett et al., 2017a)	نتایج Effects	ساخت و عملکرد انسان ساختی Structure & Function	عواملین تغییر Effective Changes
-الگوهای غیربوم شناختی سیستم- های طبیعی و انسان ساخت سیمای سرزمین Non-ecological patterns of natural & manmade urban landscape system	-تصمیم‌سازی غیرزیستی در الگوی ساخت توسعه‌ی سیمای سرزمین Non-living decision making in structural pattern of landscape development -همگنی و تکه‌تکه شدگی پوشش گیاهی درگذر زمان Homogeneity & fragmentation of vegetation cover over time	-ناکارآمدی الگوهای طبیعی در تنظیم ناهمگنی‌های بوم- شناختی سیمای- سرزمین Inefficiency of natural patterns in regulating ecological heterogeneities of landscape system	-توسعه همگنی در الگوهای طبیعی ساخت سیمای- سرزمین Homogeneity in urban landscape patterns -عدم هدایت الگوهای بوم‌شناختی درگذر زمان Non-ecological patterns over time	۱- ناهمگنی " ساختاری" الگوهای ساختاری سیستم‌های طبیعی و انسان ساخت 1. Structural Heterogeneity (Structural patterns of natural & manmade systems)	-توسعه‌ی همگنی در الگوی ساخت کالبدی سیمای- سرزمین شهری درگذر زمان Homogeneity in urban landscape systems' manmade patterns over time	-الگوهای غیربوم‌شناختی Non-ecological patterns -فرآیندهای غیربوم شناختی Non-ecological processes	۱- تصمیم- سازی انسان 1- Human Choice
-فرآیندهای غیربوم شناختی، مواعی برای جریان‌های ماده، انرژی و اطلاعات Non-ecological processes: barriers for the flow of mater, energy & information -توسعه خوره در ساخت سیستم سیمای سرزمین شهری Development of entropy in the structure of urban landscape system	-ناکارآمدی شار مواد، انرژی و اطلاعات در شبکه‌های ارتباط- انزوایی ساخت سیستم‌های طبیعی و انسان ساخت درگذر زمان Inefficient flow of mater, energy & information in connectivity- isolation networks of natural & manmade systems over time	-فرآیندهای نامطلوب شار مواد، اطلاعات در گذرگاه‌های ارتباط- انزوایی شبکه‌های بوم‌شناختی Ineffective conditions for the flow of mater, energy & information in ecological networks	-توسعه همگنی در فرآیندهای ایجاد شرایط مطلوب برای انرژی و اطلاعات در گذرگاه‌های ماده، انرژی و اطلاعات در گذر زمان Homogeneity in the process of creating favorable conditions for the flow of mater, energy & information over time	۲- ناهمگنی "فرآیندی" شارمواد در شبکه- های بوم‌شناختی طبیعی و انسان- ساخت 2- Procedural Heterogeneity (Flow of mater, energy & information in ecological networking systems)	-افول روندهای چرخه‌ی ماده، انرژی و اطلاعات در شبکه‌های بوم- شناختی Inefficient cycles of matter, energy & information in ecological networks	-ناکارآمدی جریان‌های مواد، انرژی و اطلاعات در گستره بخش‌های انسان ساخت Inefficient flow of mater, energy & information -ناکارآمدی گسترش جریان‌های ماده، انرژی در گذر زمان Inefficient flow of mater. & information over time	۲- شار مواد، انرژی و اطلاعات 2- Flow of mater, energy & information

ادامه جدول ۱- چارچوب مفهومی-تحلیلی: چرخه‌ی عامل‌های تاثیرگذار در تغییر ناهمگنی‌های بوم‌شناختی و عواملان تاثیرپذیر آن‌ها در ساخت سامانه سیمای سرزمین

Table 1. The analytical-conceptual framework: the cycles of effective factors in changing ecological heterogeneities and their influenced factors in the structure of landscape system

عواملین تغییر	ساخت و عملکرد انسان ساختی	ناهمگنی‌های بوم-شناختی، براساس نظریه ناهمگنی پویا	تغییر ساخت و عملکرد بوم شناختی	عواملین متاثر از تغییر	نتایج
Effective Change s	Structure & Function	Ecological Heterogeneity , (Pickett et al 2017a)	Change in Structure & Function	Change in Effects	Effects
کاهش عناصر زیستی Reducing biological elements کاهش اطلاعات زیستی Reducing biological information کاهش گونه زیستی بومی Reducing indigenous biological species کاهش خدمات بوم سازگانی تنوع زیستی Reducing ecosystem services of biodiversity over time	کاهش عناصر زیستی Reducing biological elements کاهش اطلاعات زیستی Reducing biological information کاهش گونه زیستی بومی Reducing indigenous biological species کاهش خدمات بوم سازگانی تنوع زیستی Reducing ecosystem services of biodiversity over time	۳- ناهمگنی "زمانی" ناهمگنی زیستی در تعادل‌یابی و پایدارسازی و اعتلاجویی نهادهای زیستی اعتلاجویی شار مواد، انرژی و اطلاعات در گذر زمان 3- Temporal Heterogeneity (The "balancing-sustaining-transcendental" flow of matter, energy & information in time-space dimension)	-توسعه همگنی زمانی در هدایت‌کننده‌گی ناهمگنی‌های زیستی در گذر زمان Temporal heterogeneity following the development of biological heterogeneity over time	-عدم پویایی زیستی در تعادل، پایداری و اعتلای فرآیندهای شار مواد، انرژی و اطلاعات در گذر زمان Non-expanding biological dynamics following the process of raising variety of ecological processes	-تکه‌تکه شدگی و کاهش پوشش گیاهی، نابودی زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی ساخت سیمای سرزمین شهری Fragmentation and reduction of vegetation cover, destruction of natural habitats, and reduction of biodiversity of urban landscape system
پهنه‌بندی فضایی طبیعت با موزاییک‌هایی از لکه‌های انسان ساخت در فرآیندهای زیستی ساخت زیستی- فضایی-اجتماعی در گذر زمان Spatial configuration of nature with mosaics of manmade patches in the living process of bio-socio-spatial constructions over time	پهنه‌بندی فضایی طبیعت با موزاییک‌هایی از لکه‌های انسان ساخت در فرآیندهای زیستی ساخت زیستی- فضایی-اجتماعی در گذر زمان Spatial configuration of nature with mosaics of manmade patches in the living process of bio-socio-spatial constructions over time	۴- ناهمگنی "فضایی" تمامیت زیستی نهاد "زیستی-فضایی-اجتماعی" سیستم کالبدی سیمای سرزمین 4- Spatial Heterogeneity (The total living sustainable flow of mater, energy & information spatial" physical landscape system)	-توسعه همگنی فضایی، نتیجه همگنی‌های فضایی در فیزیک طبیعت و گذشته و هدایت-کننده همگنی‌های فضایی آتی در گذر زمان Spatial homogeneity, as a result of past spatial homogeneity and a guidance for future spatial homogeneity over time	-زمینه‌سازی همگنی‌های فضایی و اجتماعی "زیستی-فضایی-اجتماعی" سیستم سیمای سرزمین در گذر زمان Spacial homogeneity in physics of nature and creating inappropriate climatic conditions	-دخالت گسترده انسان در گسترش بخش‌های مصنوع و سیر نزولی ساخت طبیعت در سیمای سرزمین شهری Extensive human involvement in the development of manmade urban systems and the declining nature of nature in urban landscape systems



شکل ۴- محدوده‌ی مورد بررسی: سامانه سیمای سرزمین تهران
 Fig. 4- The study area: Tehran's landscape system

سپس، تصویرها در نرم افزار، با استفاده از لایه وکتوری شهر تهران برش داده شدند، و داده‌های آماری مربوط به شهر تهران محاسبه شدند. و در پایان، به منظور انجام عملیات کارتوگرافی، خروجی‌های به‌دست‌آمده به سامانه‌ی داده‌های جغرافیایی GIS انتقال پیدا کردند و نقشه مربوطه تولید شد. این مرحله‌ها برای تصویر لندست سال ۲۰۱۷ هم انجام شد. با این تفاوت که در نقشه لکه-های آبی نیز به عنوان یک لایه مجزا انتخاب شدند. برای تهیه نقشه لندست سال ۲۰۲۷ نیز مرحله‌ها به همین روش بوده است. با این تفاوت که به منظور پیش‌بینی و تولید نقشه ۱۰ سال آینده تهران، ابتدا تفاضل پیکسل‌های اختصاص داده شده به لایه‌های مربوطه در یک بازه ۲۰ سال محاسبه شدند و این اختلاف، با لایه‌های کاربری و داده‌های آماری کمترین (مینیموم) و بیشترین (ماکزیمم) پیکسل‌های دو نقشه مربوط به سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۲۷ مطابقت داده شدند، و بر روی تصویر لندست سال ۲۰۱۷ اعمال شدند و نقشه مربوط احتمالی/پیش‌بینی سال ۲۰۲۷ تولید شد. با استفاده از این روش، می‌توان سرعت سیر

طراحی و اجرای آزمون

به دنبال تبیین چارچوب مفهومی-تحلیلی پژوهش بر مبنای مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین، روش انجام پژوهش استفاده از نرم‌افزارهای مناسب در تامین داده‌ها و نیز در تخمین میزان تغییرپذیری‌ها در ساخت سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران در برهه‌های زمانی مشخص و سپس پیش‌بینی تغییرپذیری‌های آتی در سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران تبیین شده است. در این باره، ابتدا دو تصویر لندست سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ شهر تهران از سایت زمین‌شناسی آمریکا دانلود شد و با استفاده از نرم افزار ENVI (The Environment For Visualizing Images) پردازش شد. برای پردازش تصویرها به منظور انجام طبقه‌بندی، ابتدا بر روی تصویر لندست سال ۲۰۰۷، لایه‌های مدنظر پژوهش، شامل: لکه-های انسان‌ساخت، لکه‌های پوشش گیاهی و لکه‌های فضای باز، انتخاب شدند. سپس، با استفاده از روش طبقه‌بندی، بیشترین شباهت پیکسل‌های مشابه به لایه‌های مدنظر، به دسته‌های تعریف شده اختصاص پیدا کردند.

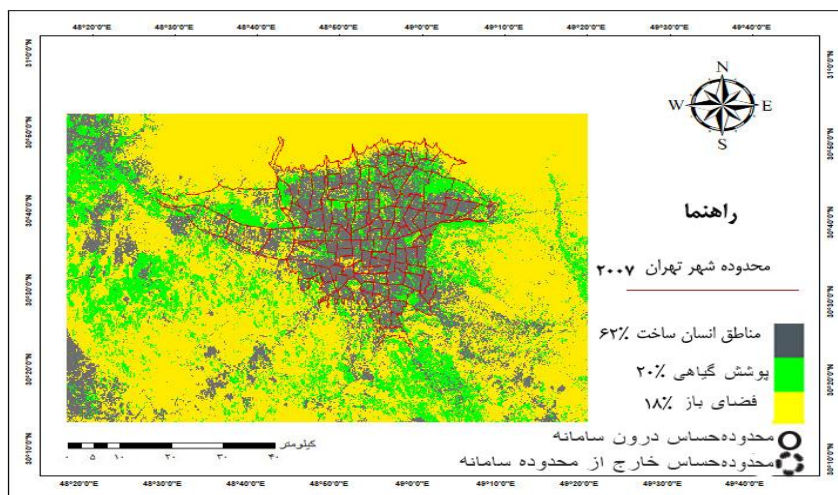
الی ۲۵ مترمربع پیشنهاد داده است. برای شهر تهران این سرانه ۱۲-۷ مترمربع تعیین شده است. (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۹۵) با توجه به میزان جمعیت تهران بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ مرکز آمار و سرشماری کشور که حدود ۷،۸۰۳،۸۸۳ نفر بوده است و بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار شکل ۵، بیست درصد پوشش گیاهی در محدوده‌ی سامانه‌ی کالبدی شهر تهران وجود داشته است (۱۳،۳۷۰ هکتار). سهم سرانه‌ی فضای سبز هر شهروند در این سامانه در سال ۲۰۰۷ میلادی، حدود ۱۷ مترمربع می‌شود. در سال ۲۰۱۷ (شکل ۶) میزان پوشش گیاهی سه درصد کاهش یافته و به ۹،۶۸۰ هکتار رسیده است. و این در حالی است که میزان جمعیت شهر تهران بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ به ۸،۶۹۹،۲۸۴ رسیده بود. بنابراین، سهم سرانه‌ی هر شهروند از فضای سبز کمابیش ۱۱ مترمربع بوده است. بر اساس پیش‌بینی رشد جمعیت شهر تهران در سال ۱۴۰۵ کمترین جمعیت پیش‌بینی شده برای شهر تهران ۹،۲۷۳،۶۷۶ نفر خواهد بود (Rajabi 1394). که بر اساس رشد جمعیت (شکل ۷) و با توجه به پیش‌بینی کاهش پوشش گیاهی در ده سال آینده، میزان سهم سرانه‌ی هر شهروند در سامانه‌ی کالبدی تهران کمابیش کمی کمتر از ۴ مترمربع می‌شود.

نزولی ساخت کالبدی شبکه سیمای سرزمین را با استفاده از نقشه‌های سامانه در زمان‌های گذشته، حال و آینده محاسبه کرد و میزان سرعت تکه-تکه شدگی و نابودی لکه‌های سبز را به‌دست آورد.

نتایج و بحث

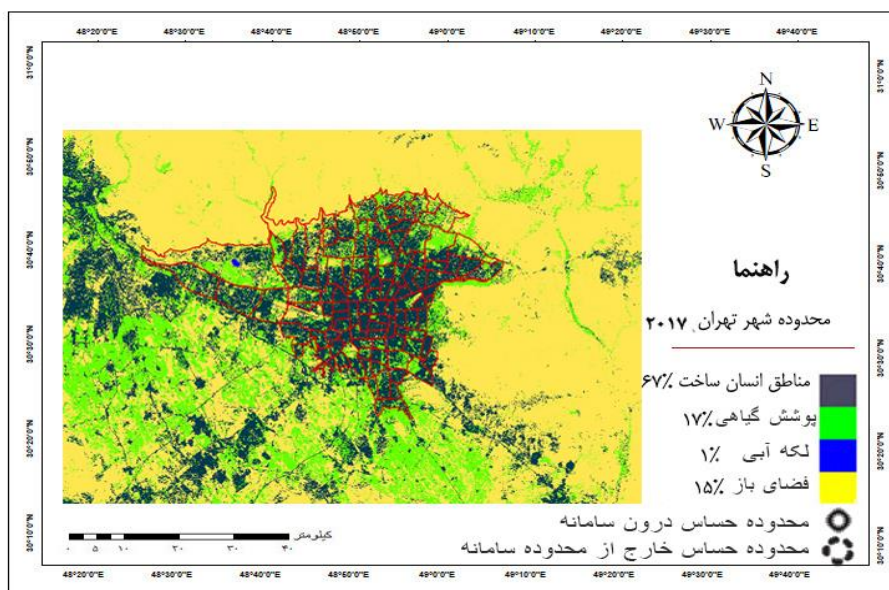
اکنون با توجه به نقشه‌ی کاربری‌ها در سامانه‌ی کالبدی سیمای سرزمین تهران در سال ۲۰۰۷ و مقایسه‌ی آن با همان نقشه در سال ۲۰۱۷ (شکل ۵ و ۶)، سرعت تغییرپذیری‌های کاربری در مدت ۱۰ سال گذشته به دست می‌آید. با توجه به مقایسه‌ی شکل‌های ۵ و ۶ و داده‌های آماری تغییرپذیری‌های کاربری بر اساس هکتار (جدول ۲) می‌توان مشاهده نمود که در طول ۱۰ سال اولیه سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷، لکه‌های انسان‌ساخت پنج درصد افزایش یافته‌اند و نیز کاهش لکه‌های سبز در همین مدت، سه درصد بوده است. دو درصد دیگر نیز مربوط به افزایش لکه‌های انسان‌ساخت در بخش محدوده‌های فضای باز، به‌ویژه در شمال سامانه، بوده است که با توجه به کاهش فضای باز به میزان دو درصد در طول این ده سال قابل توجیه است.

سازمان ملل متحد، سرانه‌ی فضای سبز شهری را ۲۰



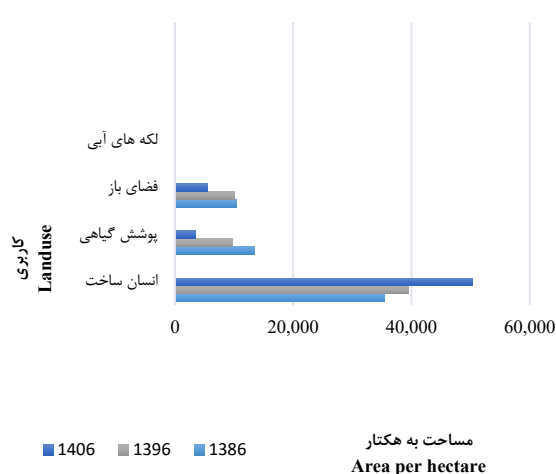
شکل ۵- لکه‌های انسان‌ساخت، پوشش گیاهی و فضای باز سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران، سال ۱۳۸۶

Fig. 5- The built-up, green and open patches in Tehran's landscape system (2007)



شکل ۶- لکه‌های انسان‌ساخت، پوشش گیاهی و فضای باز سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران، سال ۱۳۹۶

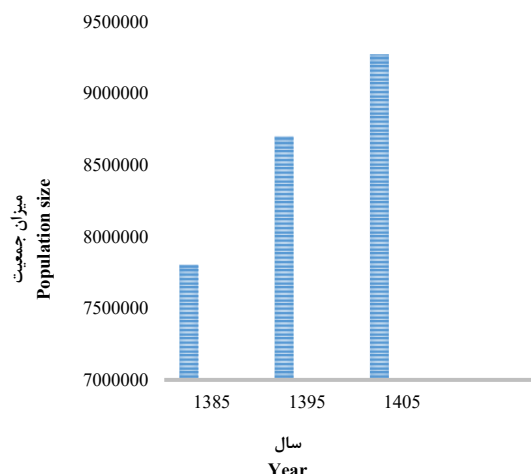
Fig. 6- The built-up, green and open patches in Tehran's landscape system (2017)



شکل ۸- تغییرپذیری‌های کاربری‌ها بر اساس داده‌های

نقشه‌ها از سال ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۶

Fig. 8- Land-use changes based on data from 2007 to 2027



شکل ۷- رشد جمعیت تهران و پیش‌بینی رشد جمعیت

در سال ۱۴۰۵

Fig. 7- Prediction of Tehran's population growth in 1406

شیب نمودار در شکل ۷ نشان‌دهنده‌ی رشد جمعیت در سال‌های آتی در این سامانه است. و با توجه به شکل ۸ و نیز جدول ۲ متوجه می‌شویم که لکه‌های انسان‌ساخت رو به گسترش (از ۶۲ درصد به ۷۱ درصد) و لکه‌های پوشش گیاهی (از ۲۰ درصد به ۱۵ درصد) و نیز فضای باز (از ۱۸ درصد به ۱۳ درصد) رو به کاهش

سرانه‌ی فضای سبز تهران برای سال ۱۳۸۶ به مترمربع $17 = 10000 \times 0.00171$ ، $13,370 : 7,803,883 = 0.00171$ و سرانه‌ی فضای سبز تهران برای سال ۱۴۰۵ به مترمربع $11 = 10000 \times 0.00111$ ، $9,681 : 8,699,284 = 0.00111$ و سرانه‌ی فضای سبز تهران برای سال ۱۳۹۶ به مترمربع $3.7 = 10000 \times 0.00037$ ، $3,442 : 9,273,676 = 0.00037$

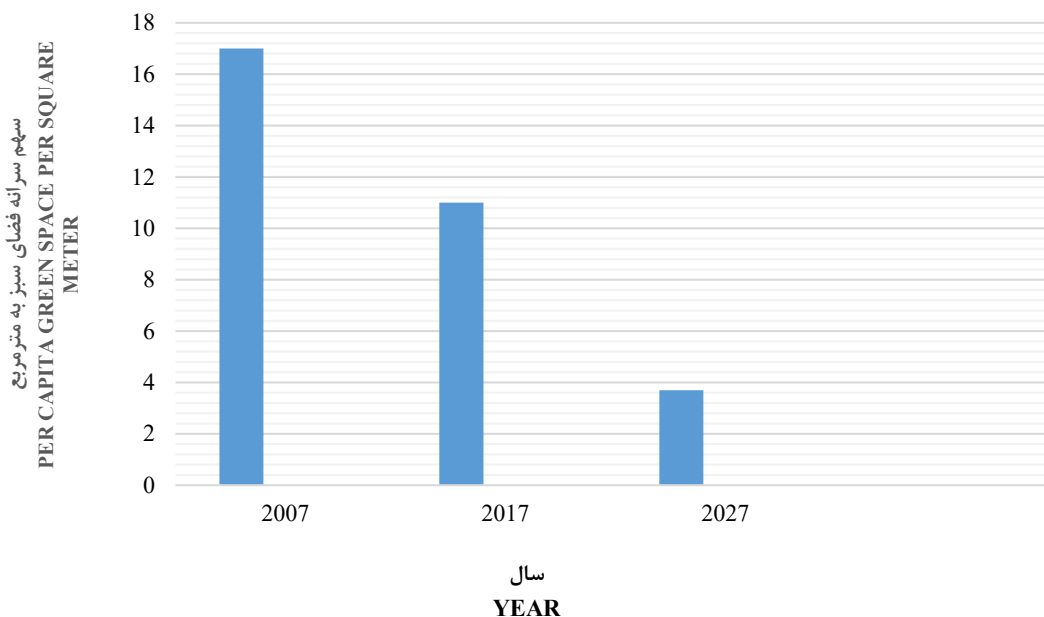
کوچکتر شده است. با توجه به شکل ۹، سیر نزولی سهم سرانه فضای سبز از سال ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۶ شیب تندی دارد و به سرعت در حال کاهش است و با این روند سرعت گسترش یک‌جانبه رو به نابودی تنوع زیستی سیمای-سرزمین می‌گراید.

هستند. در نقشه‌های شکل ۶ و ۱۰ به ترتیب مشاهده می‌کنیم که آن‌چه در چارچوب مفهومی ترسیم شده، بیان شده بر اساس نوع تصمیم‌سازی انسان قابل پیش‌بینی است. در شکل ۶ میزان تکه-تکه شدگی نسبت به شکل ۵ در محدوده‌ی شمال غرب، شمال و شمال شرق بیشتر شده و اندازه‌ی لکه‌های سبز در جنوب غربی و مرکز

جدول ۲- میزان تغییرپذیری‌های لکه‌ها به هکتار در سه دوره‌ی مختلف بر اساس خروجی داده‌ها از نرم‌افزارهای به کار رفته

Table 2. Patch variations per hectare in three different periods based on generated data from the used software

مجموع مساحت به هکتار Total area per hectare	لکه‌های آبی مساحت به هکتار Water patch area per hectare	فضای باز مساحت به هکتار Non-vegetation cover per hectare	پوشش گیاهی مساحت به هکتار Vegetation cover per hectare	بخش‌های انسان‌ساخت مساحت به هکتار Human parts Construction of the area per hectare	لکه‌های مورد مطالعه Study patches سال year
59304	10471	13370	35463	2007
59304	76	10036	9681	39511	2017
59306	100	5453	3442	50311	2027



شکل ۹- تغییرپذیری‌های سهم سرانه فضای سبز از سال ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۶ در سامانه‌ی کالبدی تهران

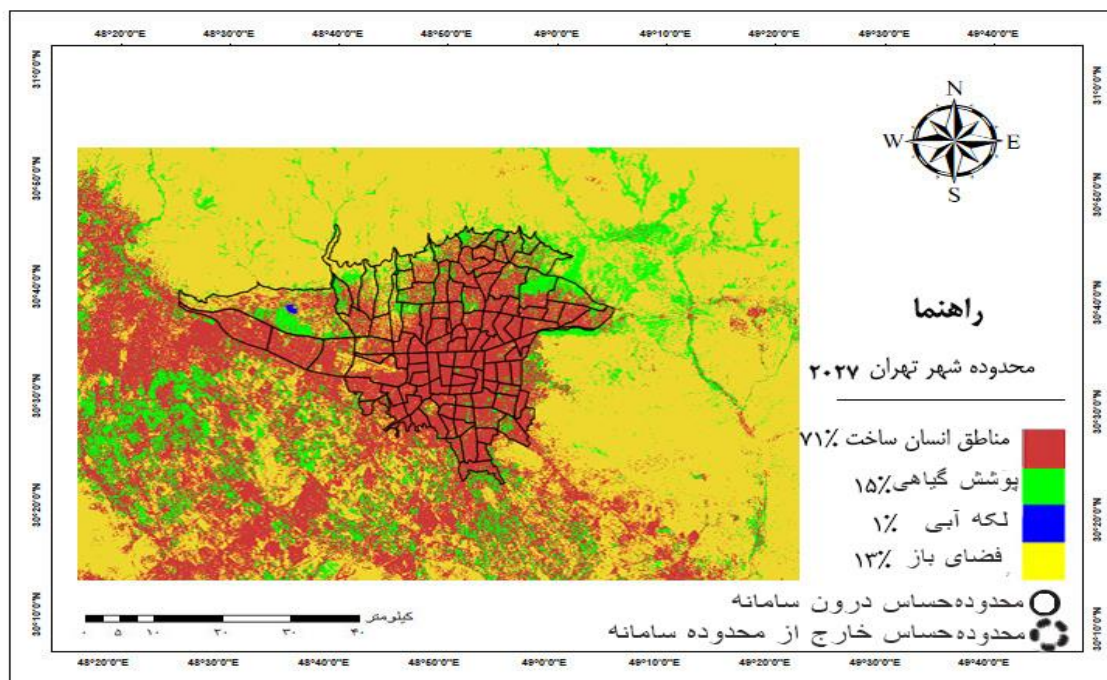
Fig. 9- Changes in the per capita share of green space in Tehran's physical system from 2007 to 1406

ساخت و سازهای انسان‌ساخت به محدوده‌ی اطراف نیز سرایت کرده‌است که این مسئله بسیار نگران‌کننده است. همچنین، در شکل ۶ در محدوده شمال غربی و جنوب محدوده، در خارج از سامانه‌ی کالبدی، که به نظر می‌رسد

براساس مشاهدات ظاهری با مقایسه‌ی دو نقشه‌ی شکل‌های ۶ و ۱۰ ملاحظه می‌کنیم که تکه-تکه شدگی در خارج از محدوده‌ی سامانه‌ی کالبدی مورد بررسی در سمت جنوب شرقی بسیار بیشتر گسترش یافته است و

است و اگر به همین منوال پیش برود، آسیب به پوشش گیاهی چنان عمیق خواهد بود که نه تنها قابل جبران نخواهد بود بلکه آسیب شدیدی به گذرگاه‌های ماده و انرژی و نیز تمامیت زیستی-فضایی-اجتماعی شبکه سیمای سرزمین وارد خواهد شد که سلامت انسان و سایر نهادهای زیستی را به خطر می‌اندازد.

رشد پوشش گیاهی مشاهده می‌کنیم، به دلیل نوع انتخاب انسان برای کاشت نوع خاصی از گیاهان به منظور استفاده‌ی جمعیت درحال رشد تهران، باز هم شاهد همگنی و نابودی تنوع زیستی در این زمینه هستیم. با توجه به مطالب بیان شده، پوشش گیاهی همواره درحال کاسته‌شدن و بخش‌های انسان‌ساخت درحال گسترش



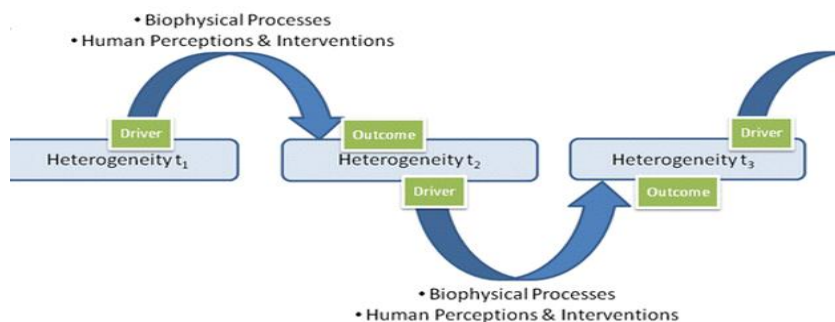
شکل ۱۰- پیش‌بینی تغییرپذیری‌های لکه‌های انسان‌ساخت، پوشش گیاهی، فضای باز و لکه‌های آبی، سال ۱۴۰۶
Fig. 10- Predictions of changes in the built-up, green area and blue patches in Tehran's landscape system (2027)

شهری، در سطح نخستین (علوم پایه‌ی زیست‌شناختی)، به ترتیب: در رابطه با (۲) "شار مواد، انرژی و اطلاعات"، سبب فرآیندهای غیربوم‌شناختی و ایجاد مانع و آلودگی برای جریان ماده، انرژی و اطلاعات، و در نهایت گسترش خوره در ساخت سیمای سرزمین شهری، در رابطه با (۳) "نهادهای زیستی"، موجب تکه‌تکه‌شدگی و کاهش پوشش گیاهی، نابودی زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی ساخت سیمای سرزمین شهری، و در رابطه با (۴) "طبیعت"، سبب دخالت گسترده انسان در گسترش بخش‌های مصنوع، سیر نزولی ساخت طبیعت در شبکه سیمای سرزمین شهری، و در نهایت روال نابودی و کاهش

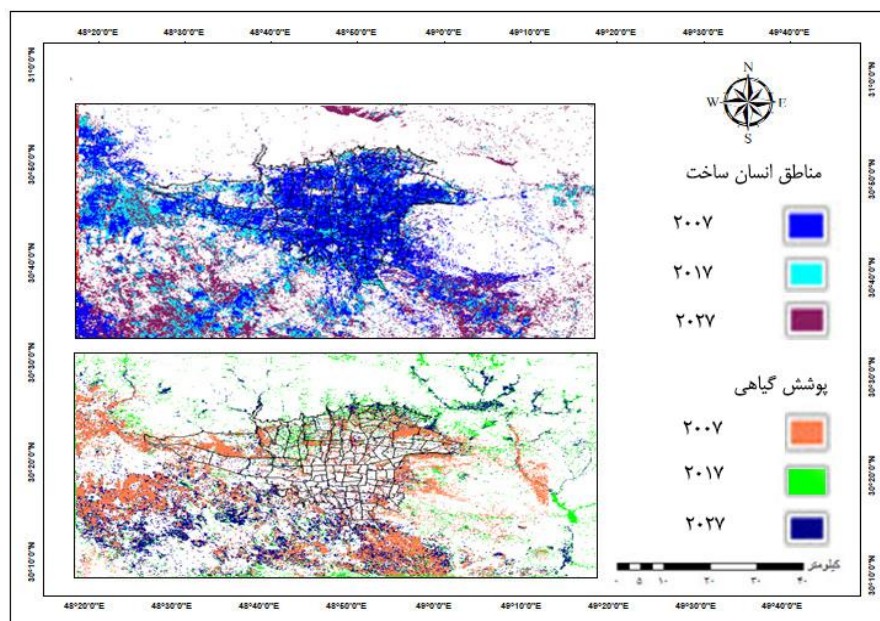
با توجه به بررسی انجام گرفته بر روی نقشه‌های سامانه کالبدی در دو دهه‌ی متوالی و نیز بررسی داده‌های آماری به دست آمده از نرم‌افزارهای به کار گرفته شده، در نهایت، مشخص شد که با مقایسه‌ی این نقشه‌ها و نیز با توجه به تحلیل آن‌ها با چارچوب مفهومی پژوهش، نقش انسان به عنوان عامل اصلی ایجاد اختلال در سیر گسترش یک‌جانبه و غیرزیستی سامانه سیمای سرزمین شهری تهران محرز است. با در نظر گرفتن چرخه‌ی تبیین شده در چارچوب مفهومی-تحلیلی پژوهش، (۱) "تصمیم-سازای‌های انسان" در طرح‌ریزی الگوهای غیربوم‌شناختی شبکه طبیعی و انسان‌ساخت سیستم سیمای سرزمین

بوم‌شناختی به اشکال طبیعی در گذر زمان سبب ایجاد دیگر ناهمگنی‌ها به شکل زنجیره‌وار می‌شوند (شکل ۱۱). زیرا هر ناهمگنی هدایت‌کننده‌ی ناهمگنی بعدی در گذر زمان است و خودش نتیجه‌ی ناهمگنی‌های گذشته بوده است. با در نظر گرفتن شکل ۱۲ ملاحظه می‌کنیم که سیر نزولی لکه‌های سبز و سیر صعودی بخش‌های انسان‌ساخت با گسترش یک‌جانبه و غیرزیستی چنان شدید است که در صورت نبود برنامه‌ریزی مناسب در ده سال آینده، در این سامانه شهری سلامت زیستی انسان و محیط زیست به شکل جدی به خطر می‌افتد.

فرآیندهای زیستی، موجب می‌شود روند کاهش ناهمگنی‌های بوم‌شناختی: ساختاری، فرآیندی، زمانی و فضایی سیمای سرزمین شهری، در سطح دوم (علوم تخصصی بوم‌شناختی) پدید آید، و اختلال‌هایی در این سطح زیستی مشاهده شود. انسان با تغییر در الگوی ساخت طبیعی سیمای سرزمین، ناهمگنی‌های بوم‌شناختی طبیعی را به سوی همگنی‌های انسان‌ساخت سوق داده است. این در حالی است که اگر تصمیم‌سازی نادرست انسان در زمینه ایجاد همگنی‌ها نمی‌بود، بر اساس نظریه ناهمگنی پویای (Pickett et al., 2017a,4)، ناهمگنی‌های



شکل ۱۱- چگونگی نمایش ناهمگنی در روند هدایت‌کننده و نتیجه‌گیری (Pickett et al., 2017a)
 Fig. 11- Displaying heterogeneity in the form of a directory and its outcome (Pickett et al., 2017a)



شکل ۱۲ - مقایسه تغییرپذیری‌های لکه‌های انسان‌ساخت و پوشش گیاهی در طی یک بازه‌ی ۲۰ ساله، ۱۴۰۶-۱۳۸۶
 Fig. 12- Comparison between changes in built-up and green patches in 20 years (2007-2027)

جدول ۳- راهبرد شبکه‌های بوم‌شناختی، جهت اعتلای "زیستی-فضایی-اجتماعی" سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران، با توجه به تبیین چرخه ای مبانی در چارچوب مفهومی-تحلیلی

Table 3. The strategy of ecological networks for improving Tehran's "eco-socio-spatial" landscape structure according to the study's analytical-conceptual framework

<p>سطح سوم تخصصی: راهکارهای بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سیمای سرزمین (زیستی-فضایی-اجتماعی) The third level of study: Eco-socio-spatial landscape strategies</p>	<p>Affected Factors عواملین متاثر</p>	<p>سطح دوم تخصصی: راهکارهای بوم‌شناختی (زیستی-اجتماعی) The second level of study: Ecological strategies</p>	<p>سطح اول تخصصی: راهکارهای زیست‌شناختی (زیستی) The first level of study: Biological strategies</p>	<p>عواملین تغییر Effective Changes</p>
<p>۱- به واسطه‌ی وضع قوانین، حائل‌ها و تامین فواصل مناسب، از عناصر و سیستم‌های بکر در برابر عملکردهای تصمیم‌سازی انسان محافظت گردد. ۲- تغییرات کاربری فقط با توجه به آمایش سرزمین والویت‌بندی‌ها صورت پذیرد. ۳- غنی نمودن ساخت خاک در بخش‌های فضای باز و کاشت گونه‌های بومی منطقه</p>	<p>۱- الگوهای ساختاری سیستم‌های طبیعی و انسان‌ساخت 1- Structural patterns of natural & manmade systems</p>	<p>۱- به کارگیری الگوهای ساختاری بافت شهری در راستای توسعه‌ی زیستی سیمای سرزمین، با در نظر گرفتن فرهنگ و تاریخچه‌ی سیمای سرزمین و کالبد شبکه‌ی ساختاری آن، و با استفاده از مصالح سازگار با محیط زیست و طراحی ساخت اماکن با لحاظ کم-ترین هدررفت انرژی و ذخیره‌سازی</p>	<p>۱- فرهنگ‌سازی در لزوم حداقل سرانه‌ی فضای سبز ۲- جمع‌آوری نظرات عموم در چگونگی گسترش پهنه‌های طبیعی محدوده‌های پر جمعیت ۲- افزایش آگاهی در زمینه توسعه‌های زیستی، با در نظر گرفتن ظرفیت‌ها/محدودیت-های نقاط حساس: جلوگیری از توسعه‌ی یک‌جانبه‌ی انسان-ساخت</p>	<p>۱- تصمیم‌سازی انسان 1- Human choice</p>
<p>۱- ایجاد گذرگاه‌های عبوری مختلف در برقراری ارتباط بین گونه‌های مختلف: جریان انرژی، نهادهای زیستی و ... ۲- گسترش پهنه‌های طبیعی سبز در دو طرف رودرها و حفاظت از آن‌ها ۳- جلوگیری از سیمانی نمودن کف رودرها به منظور ایجاد تعامل بیش‌تر آب با لایه‌های زیرین و ایجاد جریان‌های رسوب‌گذاری یک‌طرفه</p>	<p>۲- ارتباطی انرژی (ارتباطی انرژی) ساخت سیستم‌های طبیعی و انسان‌ساخت 2- Flow of matter, energy & information in the structure of natural & manmade systems, ecological networks</p>	<p>۱- انتقال کارنجات آلوده-کننده با در نظر گرفتن مکان‌یابی بر اساس مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین ۲- کنترل وسایل نقلیه‌ی آلوده‌کننده، جلوگیری از کاربرد آن‌ها در سطح سامانه، همکاری با مسئولین در جهت تعویض آن‌ها</p>	<p>۱- توسعه‌ی آگاهی در زمینه-ی حفاظت از آب، عدم آلودگی رودرها در هنگام استفاده، رعایت اصول مدیریت پسماند در جلوگیری از آلودگی آب و هوا، جلوگیری از ایجاد اختلال در زمینه‌ی شار مواد، انرژی و اطلاعات ۲- رعایت اصول توسعه‌ی زیستی و جلوگیری از برج-سازی در حاشیه‌های سامانه به‌خصوص سمت غرب و شمال</p>	<p>۲- شار مواد، انرژی و اطلاعات 2- Flow of matter, energy & information</p>
<p>۱- گسترش پویایی زیستی با ایجاد کارگاه‌هایی در رابطه با نقش جوامع محلی در حفاظت از گونه‌های بومی ۲- بیان کاربردهای درمانی، الگوپردازی در علم و فناوری و کنترل زیستی تنوع زیستی به منظور تعادل و پایداری آن‌ها در زمینه‌ی اعتلای شار مواد، انرژی و اطلاعات زیستی در گذر زمان ۳- ایجاد فراخوان عمومی در جهت استفاده از پیشنهادات سازنده‌ی مردم در زمینه‌ی حفاظت از گونه‌های بومی</p>	<p>۲- ناهمگنی‌های بوم‌شناختی در شار مواد، انرژی و اطلاعات در گذر زمان 3- Ecological heterogeneities in the "balancing-sustaining-transcendental" flow of matter, energy & information in time-space dimension</p>	<p>۱- استفاده از بانک ذخایر زیستی (نظیر سلول‌های بنیادی) به منظور جلوگیری از نابودی گونه‌های درحال انقراض سامانه ۲- غنی‌سازی باورهای عمومی در زمینه‌ی خدمات بوم‌سازگان ۳- کنترل برداشت بی‌رویه از برخی گونه‌های در حال انقراض، آشنایی مردم با گونه‌های مهاجم به منظور جلوگیری از گسترش آن‌ها</p>	<p>۱- شناسایی گونه‌های بومی سامانه اعم از گیاهی و جانوری و برنامه‌ریزی در روند کاهش تنوع زیستی ۲- ایجاد مکان‌های حفاظتی در سامانه‌ی شهری به منظور حفاظت از گونه‌های بومی، با حفظ مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین ۲- شناسایی و حفاظت آن دسته از عناصر زیستی که توانسته‌اند مدت طولانی‌تری روندهای زیستی خود با نتایج تصمیم‌سازی‌های انسان‌ساخت را وفق دهند</p>	<p>۳- نهادهای زیستی 3- Living organisms</p>

ادامه جدول ۳- راهبرد شبکه‌های بوم‌شناختی، جهت اعتلای "زیستی-فضایی-اجتماعی" سامانه کالبدی سیمای سرزمین تهران، با توجه به تبیین چرخه ای مبانی در چارچوب مفهومی-تحلیلی

Table 3. The strategy of ecological networks for improving Tehran's "eco-socio-spatial" landscape structure according to the study's analytical-conceptual framework

<p>سطح سوم تخصصی: راهکارهای بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سیمای سرزمین (زیستی-فضایی-اجتماعی) The third level of study: Eco-socio-spatial landscape strategies</p>	<p>عاملین متاثر Affected Factors</p>	<p>سطح دوم تخصصی: راهکارهای بوم‌شناختی (زیستی-اجتماعی) The second level of study: Ecological strategies</p>	<p>ناهمگنی‌های بوم‌شناختی Heterogeneity Types</p>	<p>سطح اول تخصصی: راهکارهای زیست‌شناختی (زیستی) The first level of study: Biological strategies</p>	<p>عاملین تغییر Effective Changes</p>
<p>۱- تمرکز زدایی و کنترل مهاجرت به داخل سامانه برای کاهش نیازهای جمعیت در حال رشد نسبت به ساخت و سازهای انسان‌ساخت و نیز انتقال تعدادی از مراکز مهم دولتی به خارج از حاشیه‌ی سامانه با الویت‌بندی تعداد مراجعه‌کنندگان در جهت تعادل بین روابط انزوایی و ارتباطی بخش‌های انسان‌ساخت</p> <p>۲- در توسعه‌ی زیستی علاوه بر گسترش پهنه‌های طبیعی و آموزش همگانی، حفاظت از بافت فیزیکی خاک، سنگ، آب و هوا آموزش داده شود</p>	<p>۴- تأمین زیستی نهاد "زیستی-اجتماعی" ساخت فضایی کالبد سیستم سیمای سرزمین 4- The total "bio-socio-spatial" living totality of the physic of landscape system</p>	<p>۱- توسعه آگاهی در رابطه با مدیریت گردشگری پایدار و مسئولانه با حفاظت از پهنه‌های طبیعی کوهستانی، دشت‌ها و روددره‌ها در جهت کنترل و حفظ ناهمگنی‌های فضایی</p> <p>۲- توسعه‌ی فرهنگی در زمینه زمین‌گردشگری، زیست‌گردشگری، آب-گردشگری، طبیعت‌درمانی و نیز بوم‌گردشگری: اهمیت حفظ فیزیک طبیعت و نیز گسترش فهم و درک عمیق از طبیعت</p>	<p>۴- فضایی (Spatial)</p>	<p>۱- با کمک زمین‌شناسان با شناسایی جنس خاک و ویژگی‌های فیزیکی سیمای سرزمین، و رعایت اصول توسعه با در نظر گرفتن نقش گیاهان در جلوگیری از فرسایش خاک و نفوذ آن در پهنه‌های دورتر، از فرسایش خاک جلوگیری گردد</p> <p>۲- در صورت لزوم توسعه در نقاط حساس، تغییر کاربری براساس مبانی آمایش سرزمین و الویت‌بندی‌ها با توجه به نقشه‌های خاک، شیب، پوشش گیاهی ... و رویهم‌گذاری آن‌ها انجام گیرد</p>	<p>۴- طبیعت 4- The Nature</p>

نتیجه‌گیری

در سمت‌های غرب، شمال غرب، شمال و شمال شرق سامانه‌ی شهری و نیز در سمت‌های جنوب و جنوب غربی خارج از محدوده‌ی شهری مورد بررسی قرار دارند. به دلیل این‌که شبکه شهری سیمای سرزمین با محدوده‌های اطراف خویش در تعامل مستقیم است، دانستن نقطه‌های آسیب‌پذیر نسبت به گسترش غیرزیستی خارج از محدوده شهری مورد بررسی نیز برای برنامه‌ریزی سامانه‌ی کالبدی سیمای سرزمین شهری، لازم و ضروری است. در جدول ۳ راهبرد شبکه‌های بوم-شناختی، با توجه به سطح‌های تخصصی سه گانه و اجزای آن، بیان می‌شوند. با توجه به جدول چارچوب مفهومی-تحلیلی پژوهش (جدول ۱)، عامل‌های تاثیرگذار، ناهمگنی‌های بوم‌شناختی و عاملان تاثیرپذیر به تفکیک بیان می‌شوند.

در برنامه‌ریزی سامانه‌ی کالبدی سیمای سرزمین شهری بر اساس مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین، می‌بایست همه جوانب گسترش زیستی سنجدیده شوند. برای این منظور، لازم است به پیش‌بینی‌های اصولی در رابطه با گسترش یک‌جانبه غیرزیستی و پیامدهای آن توجه کافی نمود. برای این‌که دقت مورد نظر در بررسی این پیامدها صورت گیرد، لازم است از نرم‌افزارهای دقیق و نیز نقشه‌ها و آمارهای خروجی آن‌ها و در پی آن تحلیل داده‌ها توسط چارچوب مفهومی-تحلیلی تبیین شده بر اساس مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین، استفاده نمود. در این پژوهش، با همین روش به نقطه‌های حساس نسبت به گسترش غیرزیستی سامانه‌ی کالبدی شبکه شهری سیمای سرزمین تهران دست یافته‌ایم. این نقطه‌ها

پی‌نوشت‌ها

- 1 Land Change Modeler
- 2 Geographic Information System
- 3 Ecology in the city
- 4 Ecology of the city
- 5 Ecology for the city
- 6 Structural
- 7 Procedural
- 8 Temporal
- 9 Spatial

سپاسگزاری

در آماده‌سازی نقشه‌ها از همکاری مهندس خدیجه فرامرزی، کارشناس ارشد طراحی شهری و سازمان جغرافیایی ارتش جمهوری اسلامی، بهره بردیم که جا دارد از ایشان سپاس‌گزاری کنیم.

منابع

- Cadenasso, M.L., Pickett, S.T.A. and Grove, J.M., 2006. Integrative approaches to investigating human–natural systems: the Baltimore ecosystem study. *Nat Sci Soc.* 14, 4–14.
- Cadenasso, M.L. and Pickett, S.T.A., 2008. Urban principles for ecological landscape design and management: scientific fundamentals. *Cities Environ* ۱: Article 4.
- Faehnle, M., Söderman, T., Schulman, H. and Lehvāvirta, S., 2014. Scale-sensitive integration of ecosystem services in urban planning. *GeoJournal.* 80, 411–425.
- Grimm, N. B., Pickett, S.T.A., Hale, R.L. and Cadenasso, M.L., 2017. Does the ecological concept of disturbance have utility in urban social–ecological–technological systems?. *Ecosystem Health and Sustainability.* 3(1), 1-18.
- Grove, M., Cadenasso, M.L., Pickett, S.T.A., Machlis, G. and Jr Burch, W.R., 2015. *The Baltimore school of urban ecology.* Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA.
- Goode, D., 2014. *Nature in towns and cities.* Harper Collins, London.
- Iran's Statistics Center, 1395, based on the Population and Housing Census, the Directorate of the Organization of Budget and Planning, Tehran Province (National Portal of Statistics).
- McPhearson, T., Pickett, S.T.A., Grimm, N.B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., Weber, C., Haase, D., Breuste, J. and Qureshi, S., 2016. Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities. *Bioscience.* 66(3), 198-212.
- Numata, M., 1977. *Tokyo project: interdisciplinary studies of urban ecosystems in the metropolis of Tokyo.* Chiba University, Chiba.
- Pickett, S.T.A. and Cadenasso, M.L., 2009. Altered resources, disturbance, and heterogeneity: A framework for comparing urban and non-urban soils. *Urban Ecosystems.* 121, 23–44.
- Pickett, S.T.A. and Grove, J.M., 2009. Urban ecosystems: what would Tansley do? *Urban Ecosystems.* 12, 1–8.
- Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., Childers, D.L., McDonnell, M.J. and Zhou, W., 2016. Evolution and future of urban ecological science: ecology in, of, and for the city. *Ecosystem Health and Sustainability.* 2(7), 1-16.
- Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., Rosi-Marshall, E.J., Belt, K.T., Groffman, P.M., Grove, J.M., Irwin, E.G., Kaushal, S.S., LaDeau, S.L., Nilon, C.H., Swan, C.M. and Warren, P.S., 2017a. Dynamic heterogeneity: a framework to promote

ecological integration and hypothesis generation in urban systems. *Urban Ecosystems*. 1(20), 1-14.

Pickett, S.T.A. and Cadenasso, M.L., 2017b. How many principles of urban ecology are there? *Landscape Ecology* 4(32), 699-705.

Rajabi, Sh., 1394. Preliminary survey of the population of Tehran until 1430 based on different demographic approaches. *Two Monthly Magazine* No. 75 and 76, 87-96.

The Geographic Organization of the Armed Forces., 1395. Green space with emphasis on passive defense of Tehran. *Geographical exploration and geography center, Tehran*.

Young, R.F., 2016. Modernity, postmodernity, and ecological wisdom: Toward a new framework for landscape and urban planning. *Landscape and Urban Planning*. (155), 91-99.





Environmental Sciences Vol.16 / No.3 / Autumn 2018

181-202

The structural planning of a physical system's ecological networks (case study: Tehran's landscape system)

Sara Abbaszadeh and Shahindokht Barghjelveh*

Department of Planning and Design of the Environment, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2018.08.27

Accepted: 2018.10.31

Abbaszadeh, S. and Barghjelveh, Sh., 2018. The structural planning of a physical system's ecological networks (case study: Tehran's landscape system). *Environmental Sciences*. 16 (3), 179-200.

Introduction: The paradigm of “Ecology in City” became an active approach in the early 1950s in Asia and Europe. In the paradigm of “Ecology of City”, the planning process of solving the urban landscape systems’ complex environmental problems relies upon a comprehensive knowledge of ecological principles and of ecological networks. As in the process of planning the urban landscape systems’ ecological networks, the physical system of urban structures has a quadruple characterization of ecological heterogeneity: “structural”, “procedural”, “temporal” and “spatial”, it characterizes that in the study of urban planning there is a need for a deeper knowledge of urban structures and of ecological networks they provide. Overall, the urban structures’ ecological networks provide a physical system for the flow of matter, energy and information. On the other hand, “urban ecology” merely adds an emphasis on human ecosystems in general, which include organisms, the physical environment and conditions, the human population and its social structures and processes, and the built and technological components. Therefore, the main objective of this research is to apply the principles of landscape ecology and of ecological networks in the process of planning the urban landscape systems’ physical structures.

Material and methods: The methodology of this research is divided into two main sections: 1) analyzing the conceptual framework of the research in explaining the structural planning of ecological networks, and 2) programming the physical structure of Tehran's landscape system in coordination with the ecological trends of its landscape system, and the management system of the desired changes in the structural pattern of ecological networks. In this research, we used the LCM model (Land Change Modeler), which depicts the modeling of the changes in urban land use from the past to the present and future, and GIS (Geographic Information System) software.

* Corresponding Author. *E-mail Address:* s-barghjelveh@sbu.ac.ir

Results and discussion: The damage to ecological networks has caused a dam in biological processes and loss of cycles of matter and energy in the creation of eco-sociological landscape systems. This eventually has led to simplification, fragmentation, and deficiency of urban landscape systems, resulting in negative effects on the level of coordination between the four aspects of heterogeneities and their impact on human health and the environment. The generated maps in three consecutive times indicate a significant decrease in vegetation cover and landscape fragmentation in Tehran's physical system and, consequently, an increase in the magnitude of manmade structures during urban development processes, especially in the next ten years. In this regard, two issues have been considered: 1) establishing an analytical relationship between the research's proposed conceptual framework and the data obtained from the physical system of Tehran's landscape system, and 2) analyzing the current trend of urban changes, predicting the effects of the city's physical development on local ecological networks, and the proper planning of changes for the structural pattern of Tehran's physical system.

Conclusion: The analysis of Tehran's landscape system is based on a framework proposed by current research's conceptualization of three scientific approaches, including: "biology", "ecology", and "landscape ecology". In addition of clarifying the living process of an urban landscape system's "biological", "social" and "spatial" characteristics, it takes into account the process of planning urban ecological networks, based on an applied strategies in reducing the ecological disturbances of Tehran's urban landscape system.

Keywords: Landscape ecology, Cycles of mater and energy, Ecological heterogeneity, Landscape fragmentation, LCM model, Conceptual framework.

