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 محیط، 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): ۲۰۰-۱۷۹.

سابقه و هدف: سیمای‌سرزمین شهری دارای پیچیدگی‌های فراوانی است که برنامه‌ریزی در روند حل مشکلات آن‌ها نیاز به دانشی جامع دارد. دراین راستا، بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین به‌دلیل تعامل با دیگر علم‌ها، در برنامه‌ریزی کاربردی سیمای‌سرزمین 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 اعتلای سیمای‌سرزمین شهرها تبیین کنند. ساخت سیمای‌سرزمین شهرها دارای ویژگی‌های چهارگانه ناهمگنی، شامل: "ساختاری"، "فرآیندی"، "زمانی" و "فضایی"، می‌باشد که همین امر تحقیق در زمینه برنامه‌ریزی سیمای‌سرزمین شهری را نیازمند بررسی‌های عمیق‌تر می‌نماید. شبکه‌های بوم‌شناختی سیمای‌سرزمین 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 سیمای‌سرزمین 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 سیمای‌سرزمین 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[1] 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[2]، پیش‌بینی نقطه‌های حساس ساخت سامانه کالبدی سیمای‌سرزمین تهران در ده سال آینده، با توجه به‌میزان تغییر کاربری زمین‌ها در سامانه‌ی کالبدی شهر در یک ده‌ی گذشته، صورت می‌گیرد.

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

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

شهری گردیده است. نتایج بررسی نقشه‌ها در سه زمان متوالی نشان‌دهنده‌ی کاهش سطح پوشش گیاهی و تکه-تکه‌شدگی لکه‌های سبز سامانه‌ی کالبدی تهران در شمال شرق، 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 سیمای‌سرزمین 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 سیمای‌سرزمین از یک سو، و برنامه‌ریزی تغییرپذیری‌ها در الگوهای ساختار سامانه کالبدی تهران از سوی دیگر، مد نظر بوده است.

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

واژه‌های کلیدی: بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین، چرخه ماده و انرژی، ناهمگنی بوم‌شناختی، تکه-تکه شدگی سیمای‌سرزمین، مدل LCM، چارچوب مفهومی.

مقدمه

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. و 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 تصمیم سازی انسان و انتخاب او به عنوان عامل اصلی هدایت‌کننده‌ی سامانه کالبدی شهرها، سامانه سیمای‌سرزمین شهری نیاز به برنامه‌ریزی اصولی بر اساس دانشی جامع دارد. روند تکاملی بوم‌شناسی شهری در طول تاریخ شکل‌گیری شهرها، برنامه‌ریزان شهری و روستایی را با فرصت‌ها و چالش‌های بسیاری آشنا کرده است و نقطه‌های قوت و ضعف مفهوم‌ها در راستای برنامه‌ریزی بوم‌شناختی کاربردی در سیمای‌سرزمین‌های شهری را به مرور آشکار کرده است. در طی شکل‌گیری این روند تکاملی، با سه الگووارهٔ عمده در طول زمان مواجه هستیم که عبارت‌اند از: بوم‌شناسی در شهر[۳]، بوم‌شناسی شهری[۴]، و بوم‌شناسی برای شهر[۵]

در نخستین الگووارهٔ (بوم‌شناسی در شهر)، بوم‌شناسان 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

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 می-کنند. فرآیندهای سیاسی، از جمله گفتمان درباره مزیت‌ها و خطرهای محیط زیستی شهرها، نقش مهم قدرت اجتماعی و یا تاثیر رهبران سیاسی سیمای‌سرزمین شهری در اعمال بوم‌شناسی شهری را ابقاء می‌کنند (Goode, 2014; Grove *et al.*, 2015) در این مرحله، الگوواره دوم کامل کننده‌ی 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) سیمای‌سرزمین شهری، به شکل علمی‌تری مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. این نوع پژوهش، نزدیکی بیشتری با بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین 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 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 شکل-گیری شهر پایدار است (Pickett *et al.*, 2016). بوم-شناسی شهری به عنوان یک زمینه‌ی تحقیقاتی چند-رشته‌ای، با بسیاری از ابزارهای مورد نیاز برای پیش‌برد پایداری و تاب‌آوری شهرها به‌وجود آمده است. (Mcphearson *et al.*, 2016) که در این باره، به رویکرد بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین 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 سیمای‌سرزمین نیز در تعامل با دیگر علوم و با رویکرد پژوهشی چنددانشی و میان‌دانشی به دنبال حل مشکل‌های سامانه سیمای‌سرزمین 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 سیمای‌سرزمین 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 آینده‌ای 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

توجه به مبانی بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین، هدف‌های مطالعه عبارتند از:

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

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

روش‌شناختی: برنامه‌ریزی توسعه شهری تهران در هماهنگی با روندهای بوم‌شناختی سیمای‌سرزمین و همراه با مدیریت تغیرپذیری‌های 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

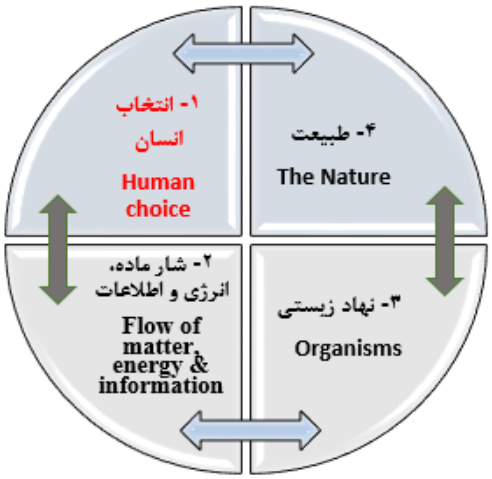
اعتلای زیستی در تمامیت زیستی-فضایی-اجتماعی سیستم سیمای‌سرزمین شهری، با لحاظ کردن نقطه‌های حساس در سامانه کالبد شهری

ابزارشناختی: ایجاد ارتباط تحلیلی بین چارچوب مفهومی پژوهش و داده‌های سامانه کالبدی تهران، برای تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی تاثیر 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 تاثیری بر گذرگاه های ماده، انرژی و اطلاعات در سیمای‌سرزمین دارد؟ ۲) آیا آسیب رسیدن به گذرگاه‌های ماده، انرژی و اطلاعات، تاثیری بر روند توسعه زیستی سیمای‌سرزمین تهران دارد؟ ۳) و با چه ابزاری می‌توان ضمن برنامه‌ریزی ساختاری شبکه‌های بوم‌شناختی سامانه کالبدی تهران، موجب اعتلای زیستی در گذرگاه‌های ماده، انرژی و اطلاعات در این سیمای-سرزمین شهری شد؟

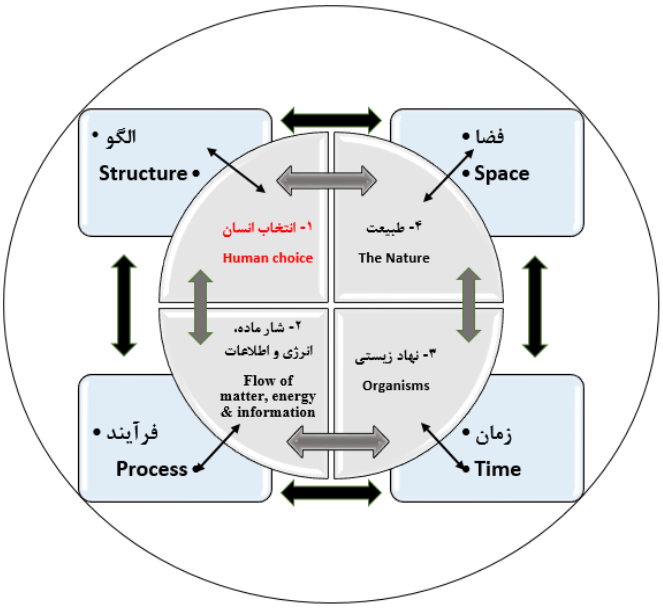
به‌دنبال توسعه شهرهای بزرگی از جمله تهران، مراتب نزولی در ساخت ارتباطی-انزوایی شبکه‌های بوم-شناختی سیمای سرزمین شهری به‌دست‌آمده است و آسیب‌رسانی به این شبکه‌ها سبب ایجاد خوره در سامانه زیستی و هدررفت ماده و انرژی در ساخت بوم‌شناختی-جامعه‌شناختی سیمای‌سرزمین آن‌ها شده است. این امر، درنهایت، سبب ساده‌شدگی، تکه-تکه‌شدگی و فقر سیمای‌سرزمین شهری شده است که نتایج آن موجب تاثیرهای منفی در میزان هماهنگی بین ناهمگنی‌های چهارگانه و نیز تاثیر 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 سیمای‌سرزمین 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 عاملان تاثیرگذار و متاثر از روند توسعه سیمای‌سرزمین شهری تبیین می‌شود. این چارچوب در سه سطح تخصصی: "علوم پایه‌ی زیست-شناختی"، "علوم تخصصی بوم‌شناختی"، و "علوم فراتخصصی بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سامانه سیمای‌سرزمین"، روند تاثیر توسعه سامانه‌ی کالبدی شهر در فرآیندهای زیستی نهاد "زیستی-فضایی-اجتماعی" سامانه سیمای‌سرزمین شهری را با در نظر گرفتن فرآیند برنامه‌ریزی شبکه‌های بوم‌شناختی، در یک طرح کلی بررسی می‌کند و نیز تجزیه-تحلیل ساختار، عملکرد و تاثیر ناشی از عامل‌های تاثیرگذار و متاثر را نیز در جدولی

به شکل مفهومی نقد می‌نماید.

"علوم پایه‌ی زیست‌شناختی": در حوزه‌ی علوم "زیست‌شناسی"، عاملان موثر در فرآیند تغییر محیط، عبارتند از: ۱- تصمیم سازی 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 وجود آن‌ها وابسته است. بنابراین، با دست‌اندازی در الگوی ساخت چرخه‌های طبیعی، سبب نابودی بسیاری از گونه-های طبیعی می‌شود. انسان در سامانه‌های فیزیکی-زیستی طبیعت، به نفع نیازهای اساسی خویش دست اندازی 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

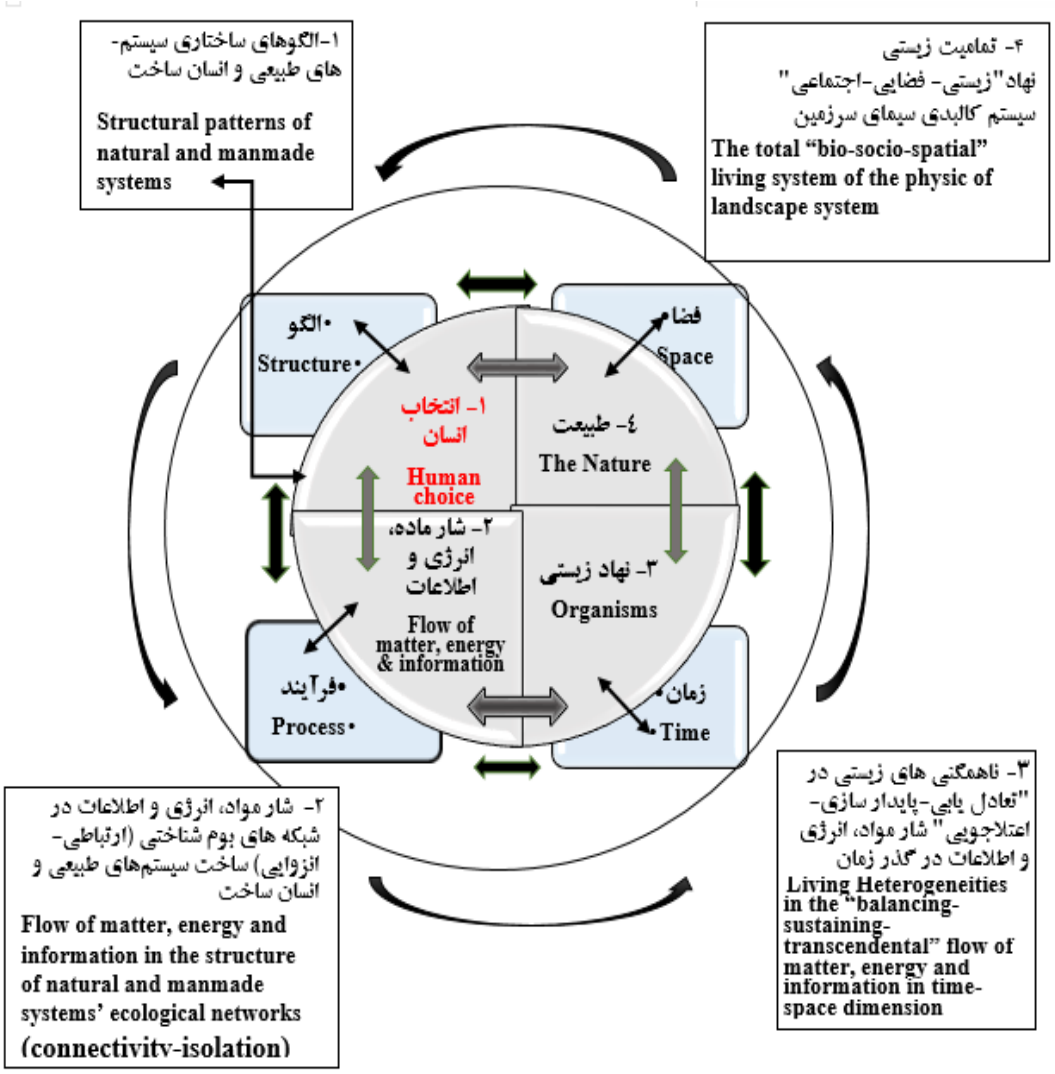


شکل۲- سطوح دوم: "علوم تخصصی بوم‌شناختی"
Fig. 2- The second level of the study: ecological studies (bio-spatial)

"علوم تخصصی بوم‌شناختی": بر اساس مقاله‌ی مربوط به نظریه ناهمگنی پویا Pickett *et al.* (2017a)، ناهمگنی‌های بوم شناختی 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 (شکل۲)، 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 سیمای‌سرزمین‌های 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. و 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.

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 بوم شناختی" در پیچیدگی‌های اجتماعی، محیط زیستی، و فناوری الگوی ساخت بوم‌سازگان‌های شهری در مقیاس فضایی سامانه سیمای‌سرزمین" (Pickett and cadensso, 2009; Grimm *et al.*, 2017).

"علوم فرا-تخصصی بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سامانه سیمای‌سرزمین": 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 سیمای‌سرزمین 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 شبکه های بوم‌شناختی (ارتباطی-انزوایی) ساخت شبکه‌های طبیعی و انسان ساخت، ۳) ناهمگنی های زیستی در "تعادل یابی-پایدارسازی-اعتلاجویی" شار مواد، انرژی و اطلاعات در گذر زمان، و ۴) تمامیت زیستی نهاد "زیستی-فضایی-اجتماعی" شبکه کالبدی سیمای‌سرزمین، در فرآیند "برنامه‌ریزی شبکه‌های بوم‌شناختی" مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.



شکل۳- سطح سوم: "علوم فراتخصصی بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سامانه سیمای‌سرزمین"
(چارچوب مفهومی-تحلیلی)

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

با توجه به (شکل۳) حوزه‌های تخصصی "زیست-شناسی"، "بوم‌شناسی" و "بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین" 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 (جدول۱).

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مورد بررسی

سیمای‌سرزمین شهر تهران از نظر جغرافیایی در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول 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 به‌نسبت هموار از جنوب و جنوب غربی به کوه-های ری و بی‌بی‌شهـــربانو و دشت‌های شهریار و ورامین منتـــهی می‌شود و از شمال به واسطـــه‌ی کوهستان البرز محصور شـده است (The Geographic Organization of the Armed Forces,1395) (شکل ۴).

جدول۱- چارچوب مفهومی-تحلیلی: چرخه‌ی عامل‌های تاثیرگذار در تغییر ناهمگنی‌های بوم‌شناختی و عاملان تاثیرپذیر آن‌ها در ساخت سامانه سیمای‌سرزمین

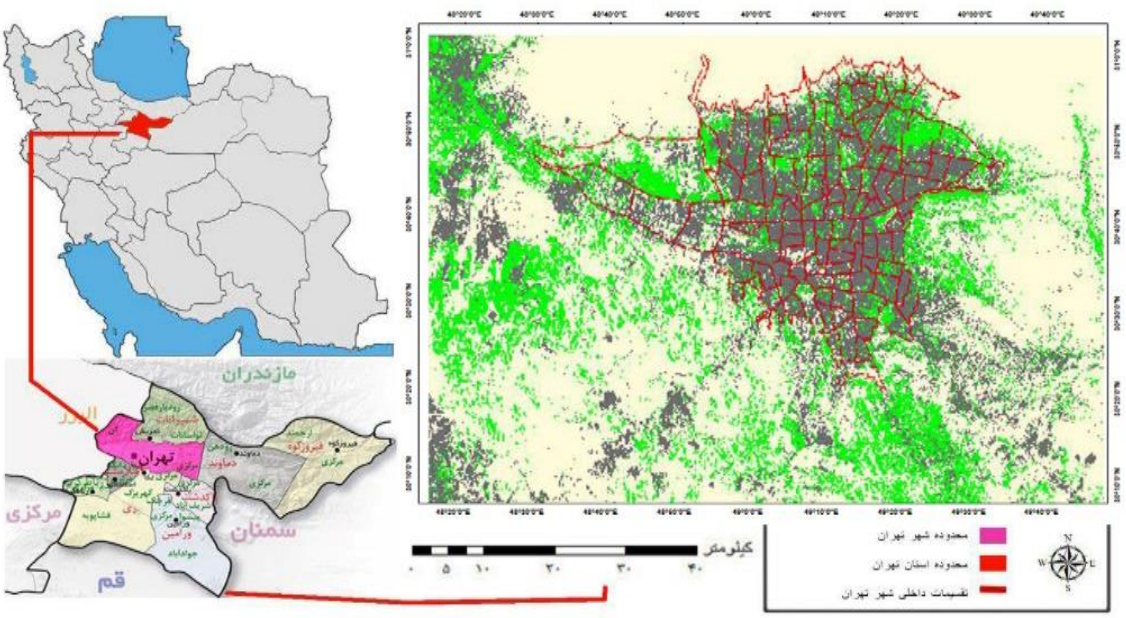
Table 1. The analytical-conceptual framework: the cycles of effective factors in changing ecological heterogeneities and their influenced factors in the structure of landscape system

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

ادامه جدول۱- چارچوب مفهومی-تحلیلی: چرخه‌ی عامل‌های تاثیرگذار در تغییر ناهمگنی‌های بوم‌شناختی و عاملان تاثیرپذیر آن‌ها در ساخت سامانه سیمای‌سرزمین

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

عاملین تغییر Effective Changes	ساخت و عملکرد انسان ساختی Structure & Function	نتایج Effects	ناهمگنی‌های بوم-شناختی، براساس نظریه ناهمگنی پویا Ecological Heterogeneity, (Pickett et al 2017a).	تغییر ساخت و عملکرد بوم شناختی Change in Structure & Function	تغییر نتایج بوم-شناختی Change in Effects	عاملین متاثر از تغییر ناهمگنی‌ها Affected Factors by the change of Heterogeneity	نتایج Effects
۳ - نهادهای زیستی 3- Living organisms	-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	-عدم توسعه زیستی در فرایندهای زمانی تعادل‌یابی، پایدارسازی و اعتلاجویی نهادهای زیستی Lack of development in the process of balancing-sustaining-transcendental living institutions	۳- ناهمگنی" زمانی" ناهمگنی زیستی درتعادل‌یابی- پایدارسازی- اعتلاجویی شار مواد، انرژی و اطلاعات درگذر 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 گسترش پویایی زیستی در روند اعتلای فرآیند- های بوم‌شناختی Non-expanding biological dynamics following the process of raising variety of ecological processes	-عدم پویایی زیستی در تعادل، پایداری و اعتلای فرآیندهای شار مواد، انرژی و اطلاعات در گذر زمان No biological dynamics in the balancing and sustainability of improving the flow of mater, energy & information over time	-تکه‌تکه شدگی و کاهش پوشش گیاهی، نابودی زیستگاه های طبیعی و کاهش تنوع زیستی ساخت سیمای‌سرزمین شهری Fragmentation and reduction of vegetation cover, destruction of natural habitats, and reduction of biodiversity of urban landscape system
۴- طبیعت 4- The Nature	-پهنه‌بندی فضایی طبیعت با موزاییک‌هایی از لکه‌های انسان‌ساخت در فرآیندهای زیستی ساخت زیستی-فضایی-اجتماعی در گذر زمان Spatial configuration of nature with mosaics of manmmade patches in the living process of bio-socio-spatial construtions over time	-عدم توسعه ناهمگنی فضایی قابل استفاده در پایداری چرخه‌ی ماده، انرژی و اطلاعات فرآیندهای زیستی No spatial heterogeneity in sustainable flow of mater, energy & information	۴ - ناهمگنی "فضایی" تمامیت زیستی نهاد "زیستی-فضایی- اجتماعی" سیستم کالبدی سیمای- سرزمین 4- Spatial Heterogeneity (The total living "bio-socio-spatial" physical landscape system)	-توسعه همگنی فضایی، نتیجه همگنی‌های فضایی 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 در فیزیک طبیعت و ایجاد شرایط اقلیمی نامناسب Spacial homogeneity in physic of nature and creating inappropriate climatic conditions	-عدم تمامیت "زیستی-فضایی- اجتماعی" نهاد زیستی سیستم سیمای‌سرزمین در گذر زمان Lack of total "bio-socio-spatial" living system of the physic of landscape system	-دخالت گسترده انسان در گسترش بخش‌های مصنوع و سیر نزولی ساخت طبیعت در سیستم سیمای‌سرزمین شهری Extensive human involvement in the development of manmade urban systems and the declining nature of nature in urban landscape systems



شکل۴- محدوده‌ی مورد بررسی: سامانه سیمای‌سرزمین تهران
Fig. 4- The study area: Tehran's landscape system

طراحی و اجرای آزمون

به دنبال تبیین چارچوب مفهومی-تحلیلی پژوهش بر مبنای مبانی بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین، روش انجام پژوهش استفاده از نرم‌افزارهای مناسب در تامین داده‌ها و نیز در تخمین میزان تغییرپذیری‌ها در ساخت سامانه کالبدی سیمای‌سرزمین تهران در برهه‌های زمانی مشخص و سپس پیش‌بینی تغییرپذیری‌های آتی در سامانه کالبدی سیمای‌سرزمین 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 طبقه-بندی، بیشترین شباهت پیکسل‌های مشابه به لایه‌های مدنظر، به دسته‌های تعریف شده اختصاص پیدا کردند. 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.

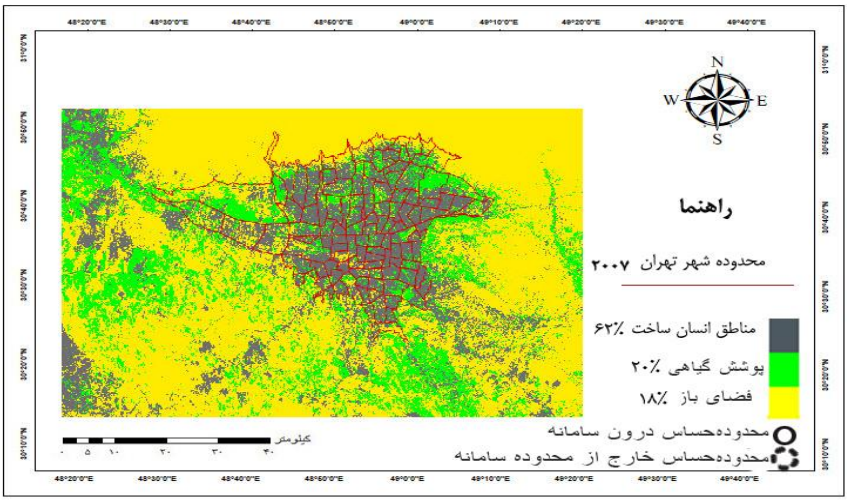
برای تهیه نقشه لندست سال ۲۰۲۷ نیز مرحله‌ها به همین روش بوده است. با این تفاوت که به منظور پیش‌بینی و تولید نقشه ۱۰ سال آینده تهران، ابتدا تفاضل پیکسل‌های اختصاص داده شده به لایه‌های مربوطه در یک بازه ۲۰ سال محاسبه شدند و این اختلاف، با لایه‌های کاربری و داده‌های آماری کمترین (مینیموم) و بیشترین (ماکزیمم) 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

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

نتایج و بحث

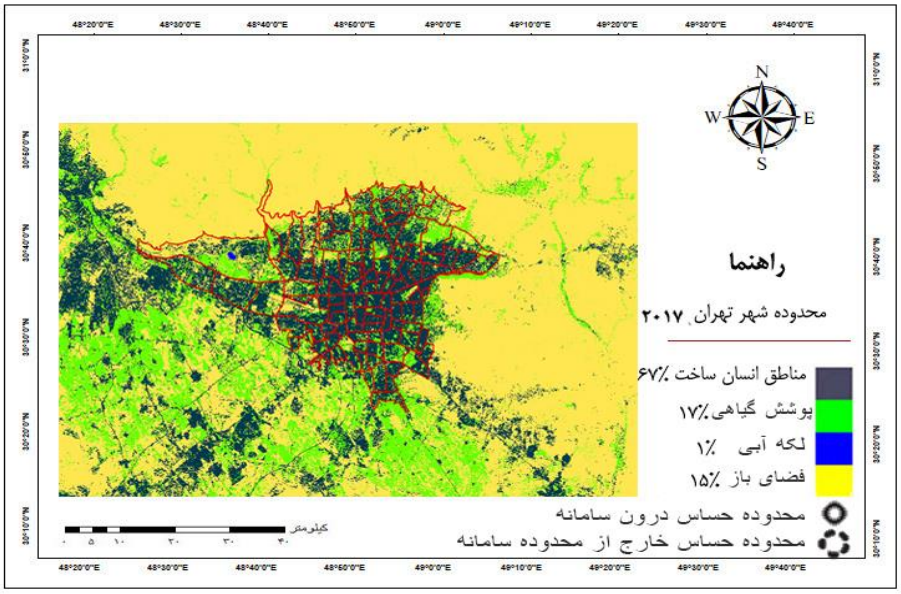
اکنون با توجه به نقشه‌ی کاربری‌ها در سامانه‌ی کالبدی سیمای‌سرزمین تهران در سال ۲۰۰۷ و مقایسه‌ی آن با همان نقشه در سال ۲۰۱۷ (شکل۵ و۶)، سرعت تغییرپذیری‌های کاربری در مدت ۱۰ سال گذشته به دست می‌آید. با توجه به مقایسه‌ی شکل‌های ۵ و ۶ و داده‌های آماری تغییرپذیری‌های کاربری بر اساس هکتار (جدول۲) می‌توان مشاهده 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 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 شکل۵ ، 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 (شکل۶) 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.



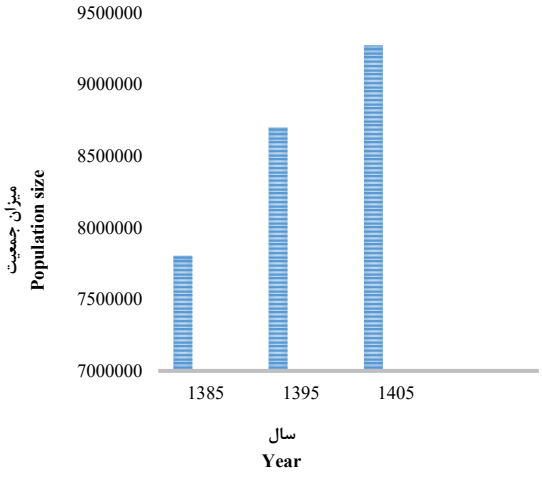
شکل۵- لکه‌های انسان‌ساخت، پوشش گیاهی و فضای باز سامانه کالبدی سیمای‌سرزمین تهران، سال۱۳۸۶

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



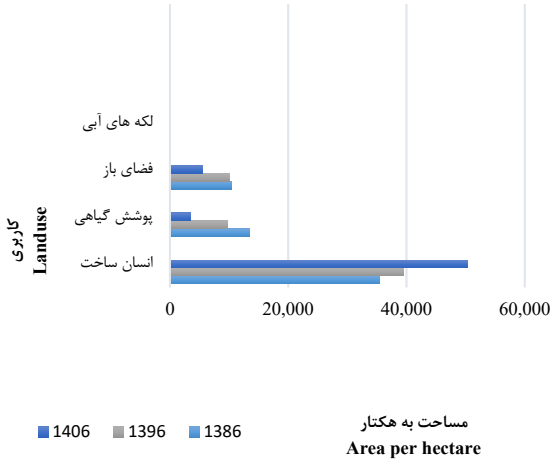
شکل۶- لکه‌های انسان‌ساخت، پوشش گیاهی و فضای باز سامانه کالبدی سیمای‌سرزمین تهران، سال ۱۳۹۶

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



شکل۷- رشد جمعیت تهران و پیش‌بینی رشد جمعیت در سال ۱۴۰۵

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



شکل۸- تغییرپذیری‌های کاربری‌ها بر اساس داده‌های نقشه‌ها از سال ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۶

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

سرانه‌ی فضای سبز تهران برای سال ۱۳۸۶ به مترمربع

۱۷=۱۰۰۰۰×۰۰۱۷۱/. =۷،۸۰۳،۸۸۳ : ۱۳،۳۷۰

سرانه‌ی فضای سبز تهران برای سال ۱۴۰۵ به مترمربع

۱۱=۱۰۰۰۰×۰۰۱۱۱/. =۸،۶۹۹،۲۸۴ : ۹،۶۸۱

سرانه‌ی فضای سبز تهران برای سال ۱۳۹۶ به مترمربع

۳/۷=۱۰۰۰۰×۰۰۰۳۷۱/. =۹،۲۷۳،۶۷۶ : ۳،۴۴۲

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

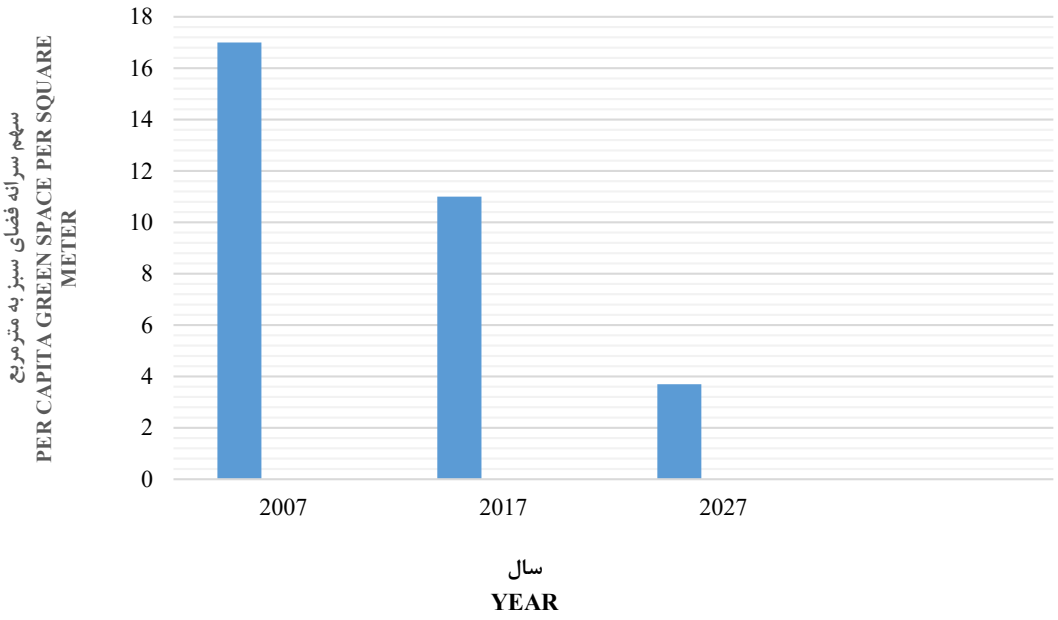
هستند. در نقشه‌های شکل۶ و ۱۰ به ترتیب مشاهده می‌کنیم که آن‌چه در چارچوب مفهومی ترسیم شده، بیان شده بر اساس نوع تصمیم‌سازی انسان قابل پیش‌بینی است. در شکل۶ میزان تکه-تکه شدگی نسبت به شکل۵ در محدوده‌ی شمال غرب، شمال و شمال شرق بیشتر شده و اندازه‌ی لکه‌های سبز در جنوب غربی و مرکز کوچک‌تر شده است.

با توجه به شکل ۹، سیر نزولی سهم سرانه‌ی 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.

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

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

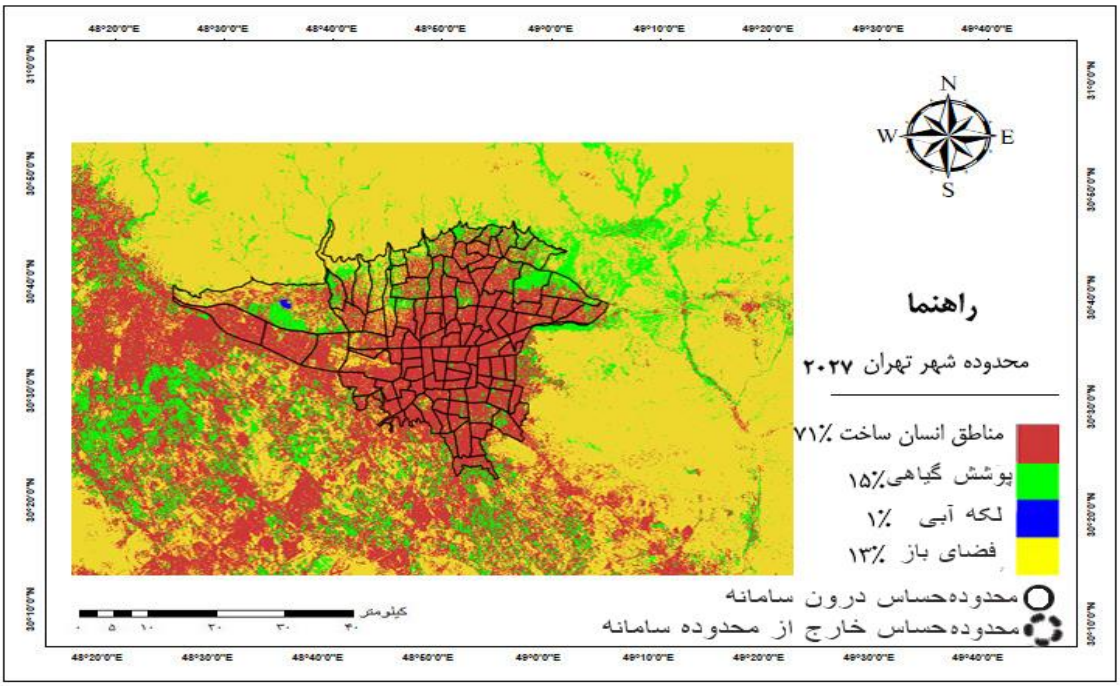


شکل ۹- تغییرپذیری‌های سهم سرانه‌ی فضای سبز از سال ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۶ در سامانه‌ی کالبدی تهران

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

براساس مشاهدات ظاهری با مقایسه‌ی دو نقشه‌ی شکل‌های۶ و۱۰ ملاحظه می‌کنیم که تکه-تکه شدگی در خارج از محدوده‌ی سامانه‌ی کالبدی مورد بررسی در سمت جنوب شرقی بسیار بیشتر گسترش یافته است و ساخت و سازهای انسان‌ساخت به محدوده‌ی اطراف نیز سرایت کرده‌است که این مسئله بسیار نگران‌کننده است. همچنین، در شکل۶ در محدوده شمال غربی و جنوب محدوده، در خارج از سامانه‌ی کالبدی، که به نظر می‌رسد

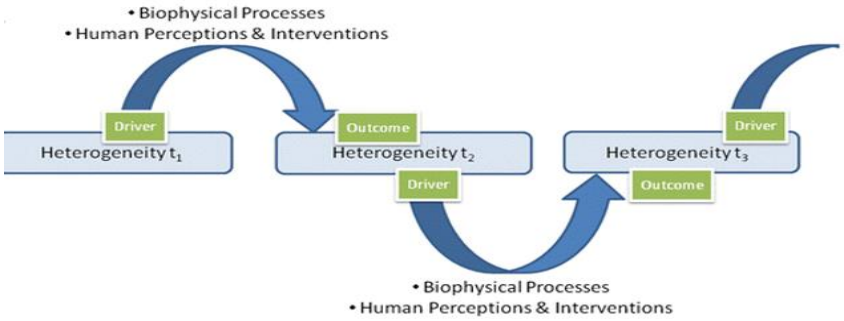
رشد پوشش گیاهی مشاهده می‌کنیم، به دلیل نوع انتخاب انسان برای کاشت نوع خاصی از گیاهان به منظور استفاده‌ی جمعیت درحال رشد تهران، باز هم شاهد همگنی و نابودی تنوع زیستی در این زمینه هستیم. با توجه به مطالب بیان شده، پوشش گیاهی همواره درحال کاسته‌شدن و بخش‌های انسان‌ساخت درحال گسترش است و اگر به همین منوال پیش برود، آسیب به پوشش گیاهی چنان عمیق خواهد بود که نه‌تنها قابل جبران نخواهد بود بلکه آسیب شدیدی به گذرگاه‌های ماده و انرژی و نیز تمامیت زیستی-فضایی-اجتماعی شبکه سیمای‌سرزمین وارد خواهد شد که سلامت انسان و سایر نهادهای زیستی را به خطر می‌اندازد.



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)

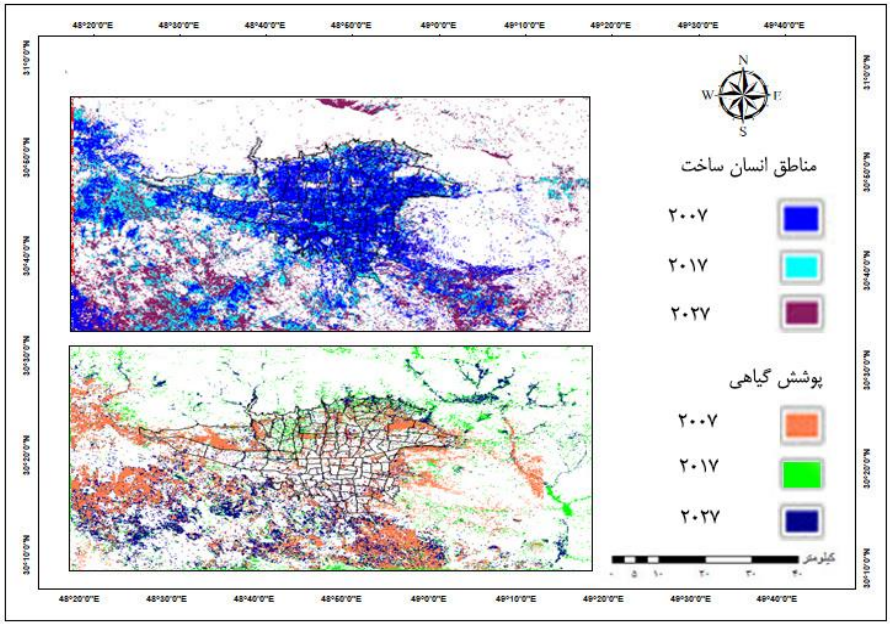
با توجه به بررسی انجام گرفته بر روی نقشه‌های سامانه کالبدی در دو دهه‌ی متوالی و نیز بررسی داده‌های آماری به دست آمده از نرم‌افزارهای به کار گرفته شده، در نهایت، مشخص شد که با مقایسه‌ی این نقشه‌ها و نیز با توجه به تحلیل آن‌ها با چارچوب مفهومی پژوهش، نقش انسان به عنوان عامل اصلی ایجاد اختلال در سیر گسترش یک‌جانبه و غیرزیستی سامانه سیمای‌سرزمین شهری تهران محرز است. با در نظر گرفتن چرخه‌ی تبیین شده در چارچوب مفهومی-تحلیلی پژوهش، (۱) "تصمیم-سازی‌های انسان" در طرح‌ریزی الگوهای غیربوم‌شناختی شبکه طبیعی و انسان‌ساخت سیستم سیمای‌سرزمین 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 سیمای‌سرزمین شهری، در رابطه با (۳) "نهادهای زیستی"، موجب تکه‌تکه شدگی و کاهش پوشش گیاهی، نابودی زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی ساخت سیمای‌سرزمین شهری، و در رابطه با (۴) "طبیعت"، سبب دخالت گسترده انسان در گسترش بخش‌های مصنوع، سیر نزولی ساخت طبیعت در شبکه سیمای‌سرزمین شهری، و در نهایت روال نابودی و کاهش

فرآیندهای زیستی، موجب می‌شود روندکاهش ناهمگنی-های بوم‌شناختی: ساختاری، فرآیندی، زمانی و فضایی سیمای‌سرزمین شهری، در سطح دوم (علوم تخصصی بوم‌شناختی) پدید آید، و اختلال‌هایی در این سطح زیستی مشاهده شود. انسان با تغییر در الگوی ساخت طبیعی سیمای‌سرزمین، 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 بوم‌شناختی به اشکال طبیعی در گذر زمان سبب ایجاد دیگر ناهمگنی‌ها به شکل زنجیره‌وار می‌شوند (شکل۱۱). زیرا هر ناهمگنی هدایت‌کننده‌ی ناهمگنی بعدی در گذر زمان است و خودش نتیجه‌ی ناهمگنی‌های گذشته بوده است. با در نظر گرفتن شکل۱۲ 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.



شکل ۱۱- چگونگی نمایش ناهمگنی در روند هدایت‌کننده و نتیجه گیری (Picket et al., 2017a)

Fig. 11- Displaying heterogeneity in the form of a directory and its outcome (Picket 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 سیمای‌سرزمین 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

عاملین تغییر Effective Changes	سطح اول تخصصی: راهکارهای زیست‌شناختی (زیستی) The first level of study: Biological strategies	ناهمگنی‌های بوم‌شناختی HeterogeneityTypes	سطح دوم تخصصی: راهکارهای بوم‌شناختی (زیستی-اجتماعی) The second level of study: Ecological strategies	عاملین متاثر Affected Factors	سطح سوم تخصصی: راهکارهای بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سیمای‌سرزمین (زیستی-فضایی-اجتماعی) The third level of study: Eco-socio-spatial landscape strategies
۱- تصمیم سازی انسان 1- Human choice	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	۱- ساختاری (Structural)	۱- به کارگیری الگوهای ساختاری بافت شهری در راستای توسعه‌ی زیستی سیمای‌سرزمین، با در نظر گرفتن فرهنگ و تاریخچه‌ی سیمای‌سرزمین 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	۱- الگوهای ساختاری سیستم‌های طبیعی و انسان‌ساخت 1- Structural patterns of natural & manmade systems	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 بخش-های فضای باز و کاشت گونه‌های بومی منطقه
۲- شار مواد، انرژی و اطلاعات 2- Flow of mater, energy & information	۱- توسعه ی آگاهی در زمینه-ی حفاظت از آب، عدم آلودگی رودخانه‌ها 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	۲- فرآیندی (Procedural)	۱- انتقال کارنجات آلوده-کننده با در نظر گرفتن مکان‌یابی بر اساس مبانی بوم‌شناسی‌سیمای‌سرزمین و مبانی آمایش سرزمین ۲- کنترل وسایل نقلیه‌ی آلوده‌کننده، جلوگیری از کاربرد آن‌ها در سطح سامانه، همکاری با مسئولین در جهت تعویض آن‌ها	۲- شار مواد، انرژی و اطلاعات در شبکه‌های بوم‌شناختی (ارتباطی-انرژایی) ساخت سیستم‌های طبیعی و انسان‌ساخت 2- Flow of matter, energy & information in the structure of natural & manmade systems' ecological networks	۱- ایجاد گذرگاه‌های عبوری مختلف در برقراری ارتباط بین گونه‌های مختلف: جریان انرژی، نهادهای زیستی و ... ۲- گسترش پهنه‌های طبیعی سبز در دو طرف رودخانه‌ها و حفاظت از آن‌ها ۳- جلوگیری از سیمانی نمودن کف رودخانه‌های به منظور ایجاد تعامل بیش‌تر آب با لایه‌های زیرین و ایجاد جریان‌های رسوب‌گذاری یک‌طرفه
۳- نهادهای زیستی 3- Living organisms	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 سیمای‌سرزمین ۲- شناسایی و حفاظت آن دسته از عناصر زیستی که توانسته‌اند مدت طولانی‌تری روندهای زیستی خود با نتایج تصمیم‌سازی‌های انسان‌ساخت را وفق دهند	۳- زمانی (Temporal)	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	۳- ناهمگنی‌های بوم‌شناختی در "تعادل‌یابی-پایدارسازی-اعتلاجویی" 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	۱- گسترش پویایی زیستی با ایجاد کارگاه‌هایی در رابطه با نقش جوامع محلی در حفاظت از گونه‌های بومی ۲- بیان کاربردهای درمانی، الگوبرداری 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

ادامه جدول ۳- راهبرد شبکه‌های بوم‌شناختی، جهت اعتلای "زیستی-فضایی-اجتماعی" سامانه کالبدی سیمای‌سرزمین 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

عاملین تغییر Effective Changes	سطح اول تخصصی: راهکارهای زیست‌شناختی (زیستی) The first level of study: Biological strategies	ناهمگنی‌های بوم‌شناختی HeterogeneeityTypes	سطح دوم تخصصی: راهکارهای بوم‌شناختی (زیستی-اجتماعی) The second level of study: Ecological strategies	عاملین متاثر Affected Factors	سطح سوم تخصصی: راهکارهای بوم‌شناختی در مقیاس فضایی سیمای‌سرزمین (زیستی-فضایی-اجتماعی) The third level of study: Eco-socio-spatial landscape strategies
۴- طبیعت 4- The Nature	۱- با کمک زمین‌شناان 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 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	۴- فضایی (Spatial)	۱- توسعه آگاهی در رابطه با مدیریت گردشگری پایدار و مسئولانه با حفاظت از پهنه-های طبیعی کوهستانی، دشت‌ها و رودره‌ها در جهت کنترل و حفظ ناهمگنی‌های فضایی 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	۴- تمامیت زیستی نهاد "زیستی-فضایی-اجتماعی" ساخت فضایی کالبد سیستم کالبدی سیمای سرزمین 4- The total "bio-socio-spatial" living totality of the physic of landscape system	۱- تمرکز زدایی و کنترل مهاجرت به داخل سامانه برای کاهش نیازهای جمعیت درحال 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 ۲- در توسعه‌ی زیستی علاوه بر گسترش پهنه‌های طبیعی و آموزش همگانی، حفاظت از بافت فیزیکی خاک، سنگ، آب و هوا آموزش داده شود

نتیجه‌گیری

در برنامه‌ریزی سامانه‌ی کالبدی سیمای‌سرزمین شهری بر اساس مبانی بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین، می-بایست همه جوانب گسترش زیستی سنجیده 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 درپی‌آن تحلیل داده‌ها توسط چارچوب مفهومی-تحلیلی تبیین شده بر اساس مبانی بوم‌شناسی سیمای‌سرزمین، استفاده نمود. در این پژوهش، با همین روش به نقطه‌های حساس نسبت به گسترش غیرزیستی سامانه‌ی کالبدی شبکه شهری سیمای‌سرزمین تهران دست یافته‌ایم. این نقطه‌ها 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 سیمای‌سرزمین 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 سیمای‌سرزمین 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 (جدول۱)، عامل‌های تاثیرگذار، ناهمگنی‌های بوم‌شناختی و عاملان تاثیرپذیر به تفکیک بیان می‌شوند.

سپاسگزاری

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

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

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 Lehvävirta, 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 knowlwdge of urban structures and of ecological networks they provide. Overall, the urban structures' ecological networks provide a physical system for the flow of mater, 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 clarifing 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 reducting 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.