



فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۳، پائیز ۱۴۰۰

۱۲۳-۱۴۲

تحلیل روند تحولات منظر بوم شناختی شهر «قم» مبتنی بر مدل آلبرتی

عرفان خداپرست، فاطمه اسحقی و حسن دارابی*

گروه مهندسی طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۶

خداپرست، ع.، ف. اسحقی و ح. دارابی. ۱۴۰۰. تحلیل روند تحولات منظر بوم شناختی شهر «قم» مبتنی بر مدل آلبرتی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۳): ۱۲۳-۱۴۲

مقدمه: منظر بازتابی از ساختار، کارکرد و تعامل میان آن‌ها در قالب یک مفهوم جامع است. اگرچه سنجه‌های اکولوژی منظر قابلیت خوانش ساختار و کارکرد منظر را دارند، اما به چارچوبی نیاز است که بتوان براساس آن، کلیت و روند تحولات منظر به‌عنوان یک مفهوم جامع را درک کرد. این موضوع در منظر شهری اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. بویژه زمانی که توسعه شهری برآیند بارگذاری فضایی ناشی از فرایندهای اجتماعی و اقتصادی است که در آن بنیان‌های محیطی کمتر در نظر گرفته می‌شود. این وضعیت منجر به ایجاد اختلال در ساختارهای طبیعی و زیستی شده و در نهایت به گسستگی اکولوژی منظر می‌انجامد. در نتیجه تغییرات ساختاری بر کارکرد زیست‌بوم شهرها اثر گذاشته و آن‌ها را بیش از پیش ناپایدار می‌سازد. براین اساس به‌نظر می‌رسد گام نخستین در اصلاح وضعیت کنونی، تبیین الگوی مناسبی از تغییرات منظر و فراهم ساختن درک صحیحی از تأثیرات الگوهای توسعه شهری بر اکوسیستم باشد.

مواد و روش‌ها: براین اساس این تحقیق با هدف ارزیابی تحولات کلیت منظر شهر قم در یک دوره ۳۰ ساله تلاش نموده تا با بهره‌گیری از سنجه‌های منظر به محاسبه تغییرات ساختاری و کارکردی آن بپردازد. از این رو با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بازه‌های زمانی ده ساله از پایگاه داده زمین‌شناسی آمریکا (USGS) لایه‌های طبیعی و مصنوع تشکیل دهنده منظر شهر استخراج گردید. تصویر سال ۱۹۸۹ از ماهواره لندست ۵ سنجنده TM، سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM و سال ۲۰۱۹ ماهواره لندست ۸ سنجنده (OLI) تهیه شد. سپس در محیط نرم‌افزار ENVI ساختارهای طبیعی و مصنوع در چهار رده پوشش گیاهی، ساختمان، شریان‌های ارتباطی و زمین‌های بایر تعیین و به‌روش طبقه‌بندی نظارت‌شده^۲ و بیشترین شباهت^۳ کلاس‌بندی شده است. پس از آن ده سنجه متناسب با هدف انتخاب و برای کمی‌سازی تغییرات در این چهار رده به‌وسیله نرم افزار Fragstats محاسبات لازم صورت پذیرفته است. در ادامه این تحولات با استفاده از مدل آلبرتی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث: نتایج حاصل از کاربرد متریک‌های منظر در بررسی اکولوژی شهر قم نشان از تغییرات نامطلوب و شتابان در اکوسیستم این شهر به‌صورت ساختاری و کارکردی طی دوره سی ساله دارد. منظر انسان ساخت به زیان ساختارهای طبیعی در حال توسعه است. لکه‌های طبیعی در حال از دست رفتن و در عوض لکه‌های معرفی شده به‌نسبت رو به فزونی هستند که البته نتوانسته بر روند کلی تغییر منظر اثر چندانی داشته باشد. بررسی سنجه‌های LPI، AREA-MN، SHAPE-AM و SHAPE-MN اطلاعاتی را از تغییرات فرم بصری منظر

* Corresponding Author: *Email Address.* darabih@ut.ac.ir
<http://dx.doi.org/10.52547/envs.2021.34531>

در اختیار می‌نهد. افزایش لکه‌های مصنوع به‌همراه کاهش بزرگترین لکه بیابانی به یک سوم، حکایت از بروز گسستگی بسیار در منظر بیابانی شهر قم دارد. در این میان فرم شهر به سمت الگوی هندسی ساده در حال تغییر بوده که به معنای از دست دادن اکوسیستم‌های طبیعی است. وضعیت سنجه‌ها نیز طی سال‌های متفاوت بر ساده شدن ساختار منظر تأکید می‌کند که اثرهای زیادی بر محیط شهری از جمله تغییر میکرو اقلیم و پیامدهای حاصل از آن در اکوسیستم شکننده بیابانی محدود دارد. بنابراین لزوم بازنگری در الگوی توسعه شهر قم با توجه به رویکردهای طبیعت‌گرا در کنار پاسخگویی به نیازهای انسانی احساس می‌شود. برنامه‌ریزی اکولوژیک توأم با پیشنهادهای راهبردی برای بکارگیری طرح‌های طبیعت‌محور در این عرصه به‌منظور بهبود و ارتقاء کیفیت منظر اکولوژی شهر قم ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

واژه‌های کلیدی: اکولوژی منظر، متریک، سنجه، گسستگی و پیوستگی، منظر شهر، پهرو شدگی.

مقدمه

ساختار منظر (که خود حاصل ترکیب و پیکربندی ویژگی‌های منظر است) بر فرآیندهای محیط زیستی است (Kedron and Frazier, 2018).

امروزه شهرنشینی به‌طور قابل توجهی بر عملکرد اکوسیستم‌های محلی و جهانی زمین اثر گذاشته و چرخه خدمات زیست‌بوم را که انسان و سایر گونه‌های حیات سال‌ها از آن بهره‌مند بوده‌اند، دچار اختلال نموده است. توسعه‌ی شهری منجر به ایجاد تغییراتی در سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیکی در ساختار منظر شهری شده (Bonilla-Bedoya et al., 2020) که سبب گسستگی، انزوا و یا تخریب زیستگاه‌های طبیعی گردیده، تنوع زیستی را کاهش داده و سیستم‌های هیدرولوژیکی و جریان انرژی و چرخه مواد غذایی را به چالش کشیده است (Alberti et al., 2003)، به‌نحوی که ادامه این روند پیامدهای غیر قابل جبرانی را بر اکوسیستم و در نهایت بر انسان به‌عنوان جزئی از آن در پی خواهد داشت. به نظر می‌رسد گام نخستین در اصلاح وضعیت کنونی تبیین الگوی مناسبی از تغییرات منظر و درک صحیحی از تأثیرات الگوهای توسعه شهری بر اکوسیستم باشد.

در دهه‌های اخیر توجه و تمایل روزافزون به استفاده از بوم‌شناسی منظر در برنامه‌ریزی شهری نمود ویژه‌ای داشته است (Mc Garigal and Cushman, 2002). امروزه برخلاف روش‌های سنتی برنامه‌ریزی شهری که اقتصادمحورند، توجه بیشتری به شبکه زیستی شهر جهت بهینه‌سازی عملکردهای بوم‌شناختی فضاهای سبز

منظر می‌تواند از سه جنبه متفاوت اکولوژی، ادراکی و بصری تحلیل شود. بدین صورت که در شناخت منظر، هم به ویژگی‌های فیزیکی و محسوس و هم به مشخصه‌های غیرفیزیکی (پنهان) و نامحسوس به‌طور هم‌زمان توجه می‌شود. این ویژگی‌ها در منظر از طریق بررسی لایه‌های مختلف فرهنگی و طبیعی تحلیل می‌گردند. محیط فیزیکی شهر به‌عنوان منبع تصاویر ذهنی و خاطرات به‌صورت برجسته‌ای شکل‌پذیر است و هر فرد با توجه به خاطراتی که از منظر شهری دارد، نسبت به آن حس تعلق پیدا می‌کند (Kincaid, 2005). بنابراین شناخت عامل‌هایی که منجر به ایجاد خاطرات و ارتباط مناظر شهری با ادراکات ذهنی می‌گردند، امری ضروری است که توجه نکردن به آن منجر به گسست فرهنگی می‌شود. ارتباط صحیح میان ادراکات ذهنی به‌عنوان امری ثابت و ساختار فیزیکی شهر به‌عنوان امری متغیر سبب حضور مردم در شهر خواهد شد (Gohari et al., 2016). گسستگی در منظر دیداری سبب تکه‌تکه شدن مکان‌ها و لامکانی و در نتیجه از بین رفتن خاطرات جمعی می‌شود.

از پیدایش بوم‌شناسی منظر در نشست آلتون پارک تاکنون، این گرایش با تمرکز کامل بر الگوهای فضایی توانسته است خود را به‌طور کامل از بوم‌شناسی سنتی متمایز کند. در حالیکه طی بیش از سه دهه، این رشته رشد چشمگیری یافته اما هدف اصلی آن کمابیش بدون تغییر باقی مانده است. این هدف در واقع بررسی تأثیر

Hatami *et al.*, 2014; Ghasemi pournikbin, 2016; Mehrfrouz *et al.*, 2016)؛ همچنین این روش در ارزیابی تغییرات در برخی حوزه‌های آبخیز نیز بکار گرفته شده است. (Naseri, 2019 Hosseine *et al.*, 2019; Zabih *et al.*, 2018; 2019). در برخی از مطالعات محدود، منظر کلی بعضی از شهرهای ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است. (Parivar *et al.*, 2010). استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین سعی در دادن راهکارهایی برای اصلاح اکولوژیک تهران از طریق اصلاح ساختارهای منظر نموده‌اند. SadeghiBenis (2015) در پژوهش خود روی شهر تبریز با استفاده از مفاهیم بوم‌شناسی منظر با بکارگیری متریک‌های منظر، به بیان پیشنهادهایی در به‌سازی شبکه بوم-شناختی شهر پرداخته است. Parvar and Shayeste (2018) نیز ضمن استفاده از تحلیل عکس‌های ماهواره‌ای، مدل مارکوف را جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری‌ها در شهر بجنورد بکار برده است. در تمام این تحقیق‌ها انتخاب طبقه‌ها و متریک‌ها براساس هدف مقاله و نوع نگرش متفاوت بوده و بیشتر متمرکز بر بررسی بوم‌شناختی ساختارهای منظر است. این پژوهش ضمن تلاش برای دستیابی به اشراف جامعی از روند تغییرات در بوم‌شناسی منظر شهر قم سعی دارد اطلاعات کمی را به گونه‌ای تفسیر نماید که روند تغییرات منظر خارج از اعداد و ارقام کمی به یک ادراک کلی فضایی و بصری در بستر زیست‌بوم منتهی گردد. همچنین به‌منظور ارزیابی تأثیر ناشی از این تغییرات، تفسیر داده‌ها در قالب مدل Alberti انجام می‌شود. در این مدل، ارتباط چرخه‌ای محرک‌های انسانی و زیستی، و تأثیر آن‌ها بر الگوها و فرایندهای انسانی و زیستی و بازخورد حاصله تحلیل می‌گردد. بنابراین امکان دسترسی به نتایج حاصل از تغییرات محیطی و بازخورد حاصل از این محرک‌ها به راحتی فراهم می‌باشد. بیشتر مطالعات بوم‌شناسانه روی

شهری صورت می‌گیرد. در راستای مفاهیم بوم‌شناسی منظر، به منظر شهر به‌عنوان یک سیستم منسجم که عنصرهای آن به هم پیوسته‌اند نگریسته می‌شود (Xing and Meng, 2020). در رابطه با کاربرد بوم‌شناسی در تحلیل منظر شهری و طرح‌های توسعه، مطالعات متعددی صورت گرفته است (Aithal and Ramachandra, 2016; Reis *et al.*, 2016; Vanderhaegen and Canters, 2017 Nong *et al.*, 2018; Tagil *et al.*, 2018). به‌عنوان نمونه در حوزه منظر طبیعی (Yuan *et al.*, 2015) با به‌کاربردن سنجه‌های منظر به بررسی کمی اثرات الگوهای منظر بر فرایندهای هیدرولوژیکی در طول دوره‌های مختلف در حوزه‌های آبخیز پرداخته است. (Lausch *et al.*, 2015) نیز اثرها و مکانیسم‌های فرایندهای اکولوژیکی را بر الگوهای منظر و پویایی آن در طول زمان و فشار انسان بر میزان طبیعی بودن منظر را بررسی نموده است. (Mu *et al.*, 2015) و (Zhou *et al.*, 2015) و (Wu *et al.*, 2015) استفاده از سنجه‌های منظر به شناسایی تأثیر سیاست‌های برنامه‌ریزی در سطح‌های مختلف شهر بر الگوهای منظر و روند تغییرات آن در سیر شهرنشینی پرشتاب، در چین پرداخته‌اند. (Bonilla-Bodoya *et al.*, 2020) با بهره‌گیری از سنجه‌های منظر به تعیین و بررسی عامل‌ها و اثرهای نهفته گسترش شهرنشینی و تجزیه و تحلیل فرایندهای آن بر اکوسیستم‌های جنگلی شهری و نیمه شهری، می‌پردازد. (Bosch *et al.*, 2020) به بررسی الگوهای مکانی - زمانی در کاربری‌های زمین‌ها و حالت‌های رشد توده‌های شهری سوئیس با استفاده از سنجه‌های منظر در دوره‌های زمانی مختلف اقدام نموده است. در ایران نیز مطالعاتی بر روی الگوی تغییرات در فضاهای سبز شهری در یک بازه زمانی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین صورت گرفته است (Parivar *et al.*, 2008; Feizizade *et al.*, 2008;

Alberti ادراک ارتباط میان بازخورد حاصل از محرک‌های زیستی و انسانی، کنشگری زیست‌بوم تسهیل شود.

مواد و روش‌ها

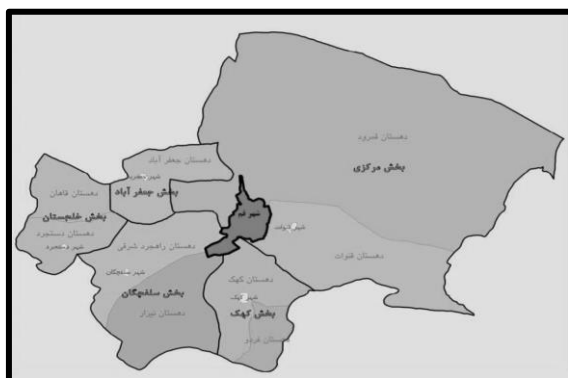
شناخت محدوده مطالعه

استان قم به لحاظ موقعیت جغرافیایی مختصات جغرافیایی $34^{\circ} 09'$ تا $35^{\circ} 11'$ عرض شمالی و 50° تا $51^{\circ} 58'$ طول شرقی قرار دارد. این استان مساحت ۱۱۲۳۸ کیلومترمربع دارد (Qom Budget and Planning Organization, 2019) و میزان ارتفاع در استان از ۸۰۰ متر در ساحل دریاچه نمک تا ۳۲۰۰ متر در ارتفاعات مرکزی در نوسان است (Gholami, 2018). آب و هوای شهر قم در طبقه‌بندی اقلیمی کشور در زمره آب و هوای نیمه بیابانی (جزء اقلیم کویری و خشک) محسوب می‌شود (Qom Meteorological Organization, 2019). افزایش روزافزون جمعیت و مهاجرپذیری بالا سبب نرخ رشد زیاد ۲/۳۳ درصدی جمعیت بین سال ۹۰ تا ۹۵ گشته است (Qom Budget and Planning Organization, 2019). این عامل‌ها به همراه ظرفیت زیستی پایین و کسری اکولوژیک بالا شرایط بسیار هشدارآمیزی را رقم زده است (Daliri and Mehregan, 2016).

در این مطالعه ابتدا ساختارهای طبیعی و مصنوعی تشکیل دهنده منظر شهر، شناسایی و به منظور بررسی این عناصر، تصویرها ماهواره‌ای در بازه‌های زمانی ده ساله از پایگاه داده زمین‌شناسی آمریکا استخراج گردید. تصویر سال ۱۹۸۹ از ماهواره لندست ۵ سنجنده TM، سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM و سال ۲۰۱۹ ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI تهیه شده است. تمام تصویرها مربوط به تیرماه بوده و برای اطمینان بیشتر با تصویرهای Google Earth مقایسه گردید.

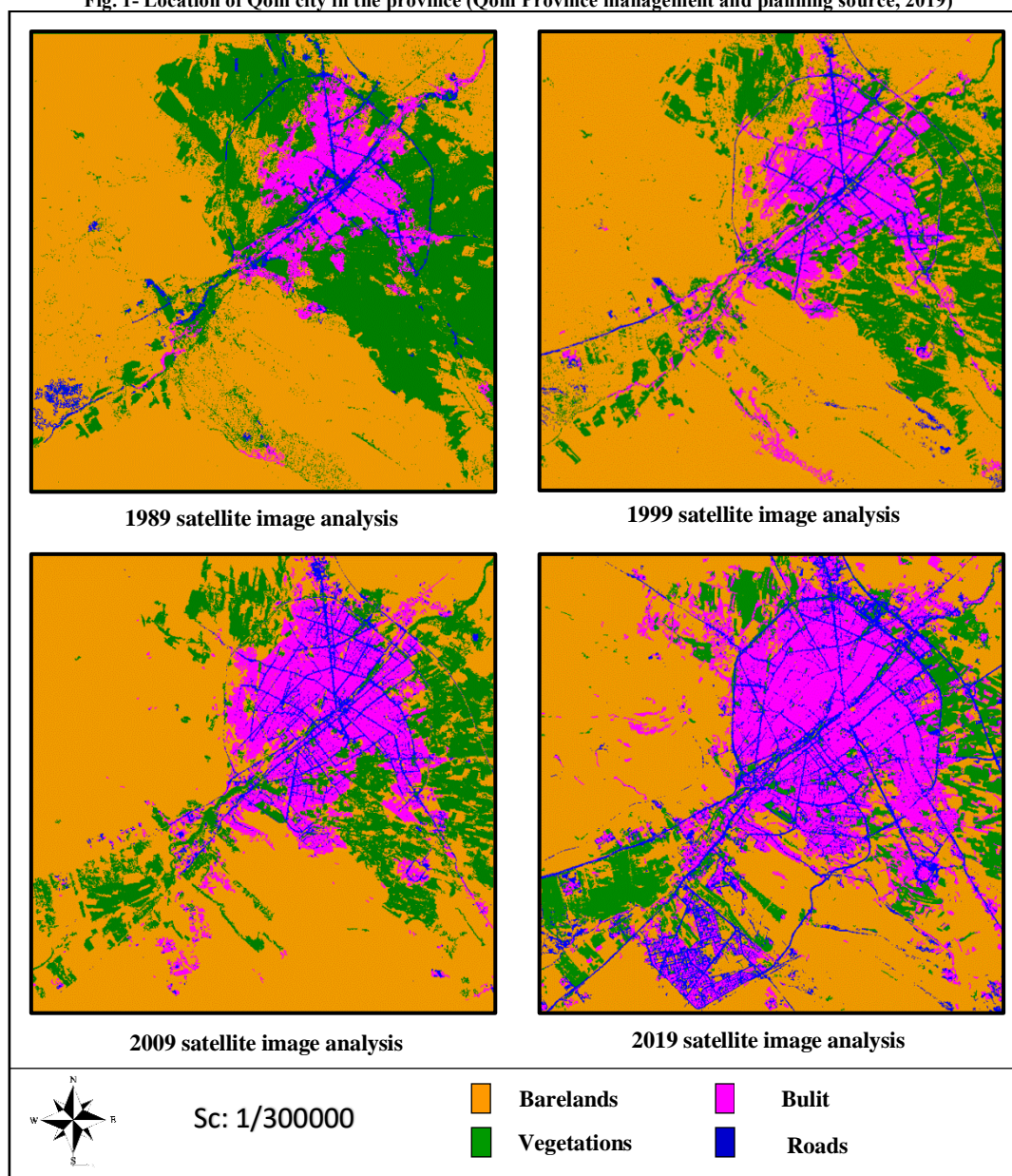
شهرها پدیده‌های شهری و عامل‌های انسانی را در متغیرهایی جداگانه و همگن در نظر می‌گیرند که بدین ترتیب ارزیابی از شهرنشینی تک بعدی است. این مدل مفهومی عامل‌های انسانی، زیستی، الگوهای توسعه، فرایندها و اثرهای آن‌ها را به هم پیوند می‌دهد تا منظر شهر در ابعاد مختلف زمانی و مکانی به صورتی چندبعدی سنجیده شود (Alberti, 2003).

براساس آن چه گفته شد سنجش منظر در این پژوهش هدف خود را در پنج محور دنبال می‌کند: (۱) با بکارگیری متریک‌های CA و PLAND که قابلیت فراوان آن‌ها در تحقیق‌های بسیاری به اثبات رسیده است (Kedron et al., 2018)، ارزیابی جامعی از وضعیت طبقه‌ها و شناسایی مساحت غالب پهنه‌ها صورت گیرد (Bosch et al., 2020). (۲) با استفاده از متریک‌های NP، PD میزان تراکم و نحوه دانه‌بندی دقیقتر لکه‌ها بررسی گردد، چراکه همانگونه که (Bosch et al. و Leiato and Ahern (2002) در پژوهش خود مدعی شدند معیار مناسبی جهت سنجش ترکیب و توزیع لکه‌هاست. (۳) با بهره‌گیری از چهار متریک LPI، AREA-MN، SHAPE-AM و SHAPE-MN سعی شود با استدلال منطقی فرم کلی منظر به نحوی بصری با بهره از تحلیل سنجه‌ها ترسیم گردد. این شکل از استفاده متریک‌ها با نحوه کاربرد آن‌ها در پژوهش (Mu et al., 2016) شباهت دارد اما به طور کلی منحصر به این پژوهش است. (۴) روند تغییرات کیفیت اکولوژیک به صورتی کلی به وسیله متریک تنوع شانون و CONTAG بررسی گردد. کارایی آن‌ها در مطالعات (Nasiri and Darvishsefat (2018) روی منطقه ارسباران و (Bonilla-Bedoya et al. (2020) در منطقه Quito نشان داده شده است. (۵) با اطلاعات حاصل از تمام این سنجه‌ها، الگوهای ایجاد شده و یا در حال پیدایش در منظر زیست‌بوم شهر شناسایی شود تا با کمک مدل



شکل ۱ - نقشه موقعیت شهر قم در استان (منبع مدیریت و برنامه‌ریزی استان قم، ۱۳۹۸)

Fig. 1- Location of Qom city in the province (Qom Province management and planning source, 2019)



شکل ۲ - آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در نرم افزار ENVI

Fig. 2- Analysis of satellite images in ENVI software

جدول ۱- سنجه‌های منتخب

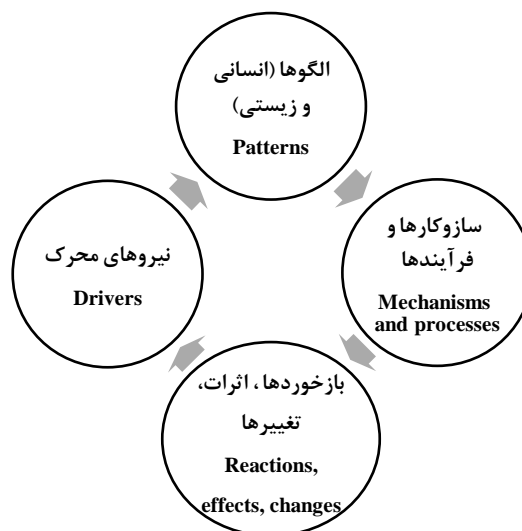
Table 1. Selected metrics

عملکرد متریک در سایر پژوهش‌ها Metric function in other research	هدف‌گذاری در این پژوهش Goal setting in this research	متریک Metric	واحد Unit	عنوان اختصاری Abbreviated title	سطح بررسی Survey level
Nasiri and Darvishsefat, 2018	سنجش کلی کیفیت منظر General assessment of landscape quality	شاخص تنوع شانون Shannon's diversity index	ندارد No unit	SHDI	سرزمین Land
Bonilla-Bedoya et al., 2020		سنجه مجاورت Contagion index	درصد Percent	CONTAG	
Uuemaa et al., 2009	ارزیابی کلی لکه‌ها و طبقه‌ها General assessment of patches and classes	مساحت هر رده Class area	هکتار Hectare	CA	رده Class
Bosch et al., 2020		درصد مساحت Percentage of landscape	درصد Percent	PLAND	
Leiato and Ahern, 2002	تراکم و نحوه دانه‌بندی و پراکنش لکه‌ها Density and method of granulation and distribution of patches	تعداد لکه Number of patch	ندارد No unit	NP	رده Class
Bosch et al., 2020		تراکم لکه Patch density	تعداد در صد هکتار Number per hundred hectares	PD	
Mou et al., 2016	سنجش تأثیر احتمالی فرم لکه بر فرم کلی منظر دیداری Assessing the possible effect of spot form on the overall form of visual landscape	بزرگترین لکه Largest patch index	درصد Percent	LPI	رده Class
Bonilla-Bedoya et al., 2020		متوسط اندازه لکه Mean patch size	هکتار Hectare	AREA-MN	
Mou et al., 2016		سنجه شکل میانگین وزن محدوده Shape area weighted mean	ندارد No unit	SHAPE-AM	
Tamagnone, 2020		سنجه میانگین شکل Shape mean	ندارد No unit	SHAPE-MN	

این مدل می‌تواند به آزمون فرضیه در مورد نحوه تعامل میان انسان و فرایندهای محیطی در طول زمان و مکان کمک کند. همچنین به کمک آن می‌توان تحلیل نمود: (الف) چه نیروهای الگوهای توسعه شهری را تحریک می‌کند، (ب) الگوهای موجود و یا در حال ظهور در زمین‌های بکر و توسعه یافته کدامند (این قسمت می‌تواند به‌طور عمده توسط سنج‌ها شناسایی گردد)، (ج) چگونه این الگوها بر عملکرد اکوسیستم و رفتار انسان تأثیر می‌گذارند و (د) و چطور فرایندهای انسانی و زیست‌بوم به‌عنوان مکانیزم بازخورد عمل می‌کنند. نکته کلیدی اینکه یک متغیر بسته به شکل مسئله، مقیاس و چهارچوب زمانی می‌تواند در قسمت‌های مختلف مدل جای بگیرد (Albert et al., 2003).

آلبرتی و همکارانش (Albert et al., 2003) طی پژوهش خود مدلی یکپارچه از فرایندهای انسانی و محیطی برای درک تعاملات میان این دو، در سیستم‌های انسانی تبیین نمودند تا استنباط پویایی پیچیده چنین نظامی برای محققان میسر گردد. در این مدل، محرک‌ها نیروهای انسانی و زیستی هستند که خود سبب ایجاد تغییر در الگوها و فرایندهای انسانی و زیستی می‌گردند. الگوهای توزیع و توسعه‌ی فضایی یا زمانی شامل متغیرهای انسانی یا زیستی می‌گردد. فرایندها، مکانیزم‌هایی هستند که متغیرهای انسانی و زیستی در آن با یکدیگر تعامل دارند که اثر تغییرات ناشی از این تعاملات، در فرهنگ و زیست‌بوم است.

اکولوژیک را در مقیاس کلی دارا هستند. پایین بودن ضریب شانون نشان دهنده همگن تر بودن لکه‌ها و کیفیت بالای اکولوژیک منظر است. افزایش یافتن این سنجه نشان از افت کیفیت محیط زیست است (O'Neill *et al.*, 1988). این سنجه با شیبی به نسبت ثابت در طی ۳۰ سال روند صعودی در محدوده مورد مطالعه داشته و از رقم ۰/۸۹ در سال ۱۹۸۹ به رقم ۱/۱۵ در سال ۲۰۱۹ رسیده است. سنجه CONTAG احتمال یافتن یک سلول نوع (i) مجاور یک سلول از نوع (j) را بررسی می‌کند. اگر همه چیز را یکسان فرض کنیم در منظری که در آن لکه‌ها به خوبی پراکنده نشده‌اند، این سنجه میزان کمتری را نشان می‌دهد (Mokhtari and Saiyahnia, 2017). این سنجه در شهر قم کمابیش ثابت بوده و در سال ۲۰۱۹ افتی حدود ۱۲ درصد داشته است (جدول ۲).



شکل ۳- مدل آلبرتی (Alberti *et al.*, 2003)

Fig. 3- Alberti model (Alberti *et al.*, 2003)

یافته‌های پژوهش

سنجه‌های SHDI و CONTAG توانایی ارزیابی کیفیت

جدول ۲- سنجه SHADI و CONTA - محدوده شهر قم
Table 2. SHADI and CONTAG metrics - Qom city area

سنجه‌ها Metrics	2019	2009	1999	1989
CONTAG	39.10	51.46	53.14	52.78
SHDI	1.15	0.95	0.93	0.89

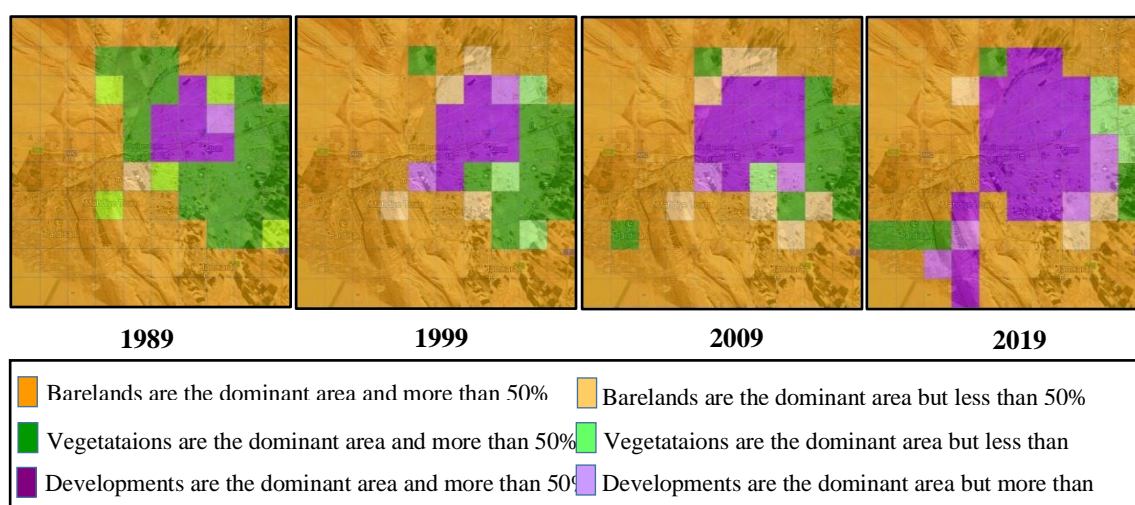
درصد کاهش و در عوض سهم زمین‌های بایر افزایش یافته است. از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ شاهد کاهش سهم زمین‌های بایر و پوشش گیاهی و در عوض افزایش سهم ساخت و ساز هستیم.

برای درک بهتر تغییرات در موزاییک منظر در شکل ۴ هر پهنه (مربع‌هایی به مساحت ۴۰۰ هکتار) به رنگ لکه‌ای درآمده که مساحت غالب را داشته است. به عنوان نمونه در سال ۱۹۸۹ تعداد پهنه‌های اطراف قم که بیش از ۲۰۰ هکتار از مساحت آن‌ها پوشش گیاهی بود ۲۲ عدد بوده که در سال ۲۰۱۹ به ۶ پهنه کاهش یافته است.

مساحت کلاس^۶ عنوان می‌کند چه مقدار از سیمای سرزمین از یک نوع لکه خاص تشکیل شده است (Mokhtari and Saiyahnia, 2017). اطلاعات مربوط به این سنجه (جدول ۳) نشان می‌دهد مساحت پوشش گیاهی به یک سوم و مساحت حوزه مصنوع به حدود ۴ برابر رسیده است. سنجه PLAND برابر است با مجموع مساحت‌های همه لکه‌های مربوط به یک نوع کلاس تقسیم بر کل مساحت محدوده ضرب در صد. این سنجه نیز نشان دهنده سهم هر یک از کلاس‌ها از کل محدوده مورد بررسی است و دیدی کلی نسبت به اکولوژی منظر می‌بخشد. سهم پوشش گیاهی از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ ده

جدول ۳- سنجه CA و PLAND - محدوده شهر قم
Table 3. CA and PLAND metrics - Qom city area

CA	1989	1999	2009	2019	PLAND	1989	1999	2009	2019
زمین‌های بایر Barelands	22473.1	24846.7	24232.4	19807.9	زمین‌های بایر Barelands	62.64	69.25	67.54	55.21
پوشش گیاهی Vegetations	10016.4	6440.4	5712.6	3754.5	پوشش گیاهی Vegetations	27.92	17.95	15.92	10.46
ساختمان Built	2501.1	3612.2	4443.4	7964.4	ساختمان Built	6.97	10.07	12.38	22.20
راه‌ها Roads	888.8	980.1	1491.0	4352.6	راه‌ها Roads	2.48	2.73	4.16	12.13



شکل ۴- تغییرات موزاییک منظر در بازه ۳۰ ساله

Fig. 4- Perspective mosaic changes over a 30-year period

سنجه Number of Patch برای اندازه‌گیری میزان گسستگی یکپارچگی است و این ممکن است به سود یا زیان اکوسیستم کلاس‌ها بکار می‌رود. افزایش تعداد لکه‌ها نشانه کاهش باشد. این سنجه باید به‌همراه سنجه‌های دیگر تحلیل گردد.

جدول ۴- سنجه NP و PD - محدوده شهر قم

Table 4. NP and PD metrics - Qom city area

NP	1989	1999	2009	2019	PD	1989	1999	2009	2019
زمین‌های بایر Barelands	1289	1754	2122	2304	زمین‌های بایر Barelands	3.59	4.89	5.91	6.42
پوشش گیاهی Vegetations	3648	2476	173	2835	پوشش گیاهی Vegetations	10.17	6.90	0.48	7.90
ساختمان Built	17	127	402	590	ساختمان Built	0.05	0.35	1.12	1.64
راه‌ها Roads	147	888	1347	565	راه‌ها Roads	0.41	2.48	3.75	1.57

سنجه تراکم لکه، تعداد کل لکه‌های مربوط به یک دسته را در ۱۰۰ هکتار نشان می‌دهد. این نمایه در تطبیق با سنجه بنابر جدول ۴، فضای سبز که از بیشترین تراکم و تعداد لکه‌ها

افزایش یافته است. تعداد و تراکم لکه‌های ساختمانی و هم‌منظور زمین‌های بایر در طول سی سال پیوسته رشد داشته است (Mehrfrouz et al., 2016).

و نیز مساحت در سال ۱۹۸۹ برخوردار بوده به روند نزولی خود طی سال‌های بعدی ادامه داده است. اما در سال ۲۰۱۹ ناگهان همزمان با کاهش مساحت دوباره تعداد لکه‌ها و تراکم

جدول ۵- سنجه LPI، AREA-MN، SHAPE-AM، SHAPE-MN - محدوده شهر قم
Table 5. LPI, AREA-MN, SHAPE-AM, and SHAPE-MN metrics - Qom city area

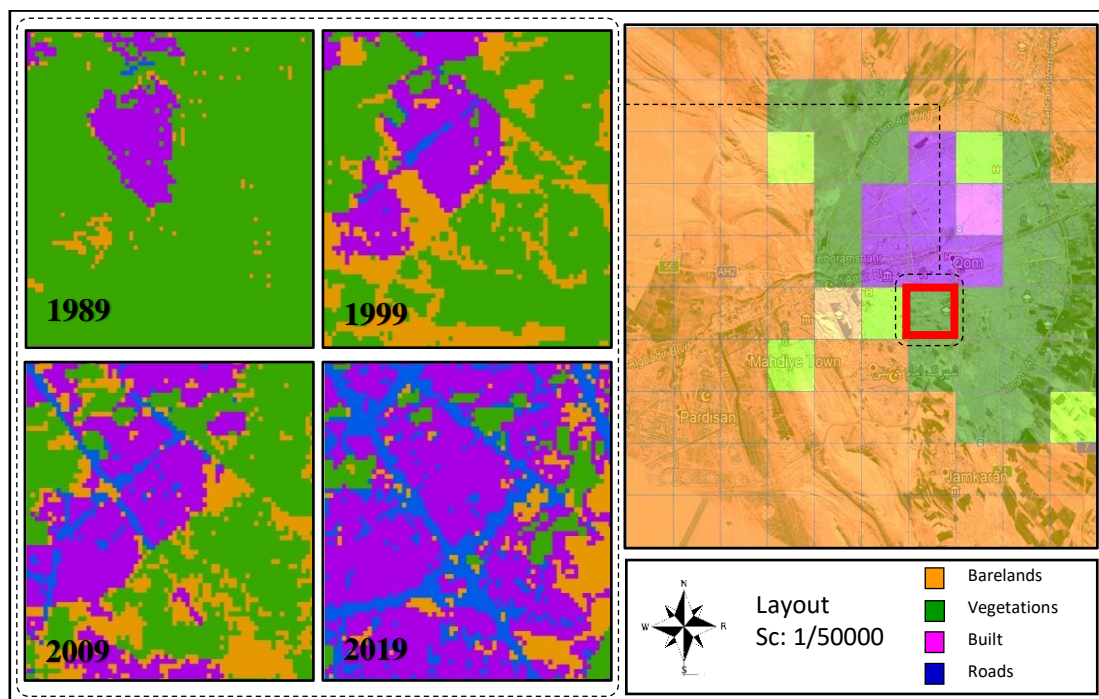
LPI	1989	1999	2009	2019	AREA_MN	1989	1999	2009	2019
زمین‌های بایر Barelands	53.66	58.45	63.16	23.17	زمین‌های بایر Barelands	17.43	14.17	11.42	8.60
پوشش گیاهی Vegetations	14.41	8.95	5.37	6.90	پوشش گیاهی Vegetations	2.75	2.60	33.02	1.32
ساختمان Built	2.88	1.59	2.96	10.27	ساختمان Built	47.12	28.44	11.05	13.50
راه‌ها Roads	0.90	1.34	2.44	2.52	راه‌ها Roads	6.05	1.10	1.11	7.70
SHAPE-MN	1989	1999	2009	2019	SHAPE-AM	1989	1999	2009	2019
زمین‌های بایر Barelands	1.20	1.24	1.23	1.23	زمین‌های بایر Barelands	16.86	17.02	18.05	7.85
پوشش گیاهی Vegetations	1.17	1.18	2.74	1.22	پوشش گیاهی Vegetations	11.95	11.59	11.50	35.94
ساختمان Built	7.04	3.69	2.12	2.43	ساختمان Built	13.17	8.17	7.20	13.78
راه‌ها Roads	2.68	1.29	1.22	1.67	راه‌ها Roads	10.54	13.27	21.96	4.44

نزدیکتر باشد شکل به مربع نزدیکتر است (Kiyani and Jahangir feghhi, 2015). از میزان این سنجه در طبقه ابنیه و راه‌ها بعد از ۱۹۸۹ کاسته شده که به معنی ساده شدن سیمای منظر است. سنجه SHAPE_AM برابر است با نسبت مجموع سنجه SHAPE_MN پیچیدگی شکل لکه را در مقایسه با شکل استاندارد مربع اندازه‌گیری می‌کند. هرچه این عدد به یک نزدیکتر باشد شکل به مربع نزدیکتر است (Kiyani and Jahangir feghhi, 2015). از میزان این سنجه در طبقه ابنیه و راه‌ها بعد از ۱۹۸۹ کاسته شده که به معنی ساده شدن سیمای منظر است. سنجه SHAPE_AM برابر است با نسبت مجموع محیط لکه‌ها تقسیم بر تعداد لکه‌ها از همان نوع. به عبارت دیگر نشان دهنده متوسط محیط لکه‌هاست. افزایش این سنجه نشان دهنده ساختار پیچیده‌تر لکه‌ها و کاهش آن نشان دهنده ساده‌تر شدن شکل لکه‌هاست. تا سال ۲۰۱۹ این سنجه در طبقه پوشش گیاهی بیش از سه برابر افزایش

سنجه Largest Patch Index نمایانگر بزرگترین اندازه لکه است. این نمایه نسبت مساحت لکه غالب یا بزرگترین لکه را به مساحت کل محدوده به درصد نمایش می‌دهد (Kiyani, 2014). طی این سالیان بزرگترین لکه همواره بیابان بوده اما در سال ۲۰۱۹ ناگهان مساحت آن به حدود یک سوم کاهش یافته است و مساحت بزرگترین لکه پوشش گیاهی نیز نسبت به سال ۱۹۸۹ نصف گشته است. در عوض لکه مسکونی بیش از سه برابر بزرگ شده است. سنجه Area Mean یا میانگین اندازه لکه‌ها در طبقه به هکتار (Kiyani and Jahangir feghhi, 2015) باید در تطبیق مساحت کل لکه‌ها و تعداد لکه‌ها تفسیر شود. متوسط اندازه لکه در رده ساختمان‌ها در سال ۱۹۸۹ سه برابر و در رده بیابان و پوشش گیاهی دو برابر بزرگتر از مشابه خود در سال ۲۰۱۹ می‌باشد (جدول ۵). سنجه SHAPE_MN پیچیدگی شکل لکه را در مقایسه با شکل استاندارد مربع اندازه‌گیری می‌کند. هرچه این عدد به یک

نمود. از روش می‌توان برای مطالعه جزء به جزء منظر و یا درک رفتار یک سلول خاص در موزاییک منظر بهره جست.

یافته است. در شکل ۵ با بزرگنمایی یک سلول نمونه، روند تغییرات منظر به نمایش در آمده است. هریک از سنجها را می‌توان برای این پهنه محاسبه و تفسیر



شکل ۵- بررسی روند تغییرات در بزرگنمایی سلول F4

Fig. 5- Investigating the process of changes in cell F4 magnification

۱۹۸۹ به همراه مساحت بالای پوشش گیاهی نشان از پیچیدگی و کیفیت اکوسیستم دارد. اما افزایش ناگهانی تعداد و تراکم لکه‌ها همزمان با کاهش چشمگیر مساحت در سال ۲۰۱۹ نشانه تجزیه و کاهش پیوستگی و در نتیجه پهروشدگی زیستگاه است. این امر خطر جدی از بین رفتن باغ‌ها و مرتع‌های ارزشمند اطراف و درون محدوده شهر و در مقابل جایگزینی با لکه‌های کوچک چمن کاری و گل- کاری در پارک‌های کوچک محلی را گوشزد می‌کند. افزایش متوسط محیط لکه‌ها SHAPE_AM نیز در این طبقه این ادعا را تأیید می‌نماید. خیابان‌سازی‌ها در سال ۲۰۱۹ با بیشترین مساحت در تعداد لکه و تراکم لکه با ۵۰٪ کاهش نسبت به سال ۲۰۰۹ مواجه شده که می‌تواند دلیلی بر تکمیل پروژه‌های نیمه‌تمام و احداث شبکه کلی مبتنی بر حرکت سواره باشد (QomMunicipality, 2018). تعداد و تراکم لکه‌های ساختمانی و همینطور

نتایج و بحث

با مقایسه داده‌های کمی حاصل از متریک‌ها منظر و دقت در مفاهیم و روابط آن‌ها می‌توان وجوه مختلفی از منظر را درک کرد. کاهش سنجه SHDI و CONTAG نشان دهنده افت کیفیت کلی اکولوژیک در محدوده است. سنجه CA و PLAND بر کاهش سهم پوشش گیاهی و بیابان به نفع توسعه شهری دلالت دارد. سهم پوشش گیاهی از سال ۱۹۸۹ (۱۳۶۸ شمسی) تا ۱۹۹۹ (۱۳۷۸ شمسی) کاهش و سهم زمین‌های بایر افزایش یافته است که می‌تواند گویای نقش آگیری سد ۱۵ خرداد و سد ساوه در سال ۱۳۷۴ شمسی در افزایش ناگهانی بیابان‌زایی استان دانست (Fattahi, 2009). رشد دو برابری راه‌ها نسبت به نواحی شهری در سال ۲۰۱۹ نشان از سیاست‌های توسعه‌ای به شدت اتومبیل محور دارد. (۱۳۷۸). در تفسیر سنج‌های NP و PD تعداد لکه‌های بالا در سال

طبقه راه‌ها دلالت بر کیفیت به مراتب بالای آن در سال ۱۹۸۹ دارد. نزدیک شدن این سنجه به یک طی سال‌های بعد به معنی ساده شدن سیمای منظر است. به‌عنوان نمونه در کلاس راه‌ها نزدیک شدن به عدد یک نشان‌دهنده گرایش به احداث بزرگراه‌های مستقیم و عریض مانند بزرگراه حرم تا حرم می‌باشد. چنانچه این اطلاعات دسته-بندی و منظم شود (جدول ۶)، می‌توان تصویری کلی از منظر دیداری مجسم نمود. شکل ۶ براساس این اطلاعات به‌صورت شماتیک منظر بصری شهر قم را در سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۱۹ نشان می‌دهد. هرچند این تصویر، نشان-دهنده لایه‌های پنهان ادراکی منظر نیست، می‌تواند در کنار مطالعات تاریخی و فرهنگی به فهم بهتری از تحولات منظر و تأثیر آن بر ادراک و فرهنگ شهروندان بیانجامد.

زمین‌های بایر در طول سی سال پیوسته رشد داشته که دلیل آن می‌تواند ناشی از توسعه نامنظم شهری و نبود مدیریت مناسب زمین در این محدوده باشد، به نحوی که همواره زمین‌های خالی زیادی بین ساختمان‌هاست. بررسی روند سنجه‌های LPI، AREA-MN، SHAPE-AM و SHAPE-MN اطلاعاتی را از تغییرات فرم بصری منظر در اختیار می‌نهد. افزایش لکه‌ها به‌همراه کاهش بزرگترین لکه بیابانی به یک سوم، حکایت از بروز گسستگی بسیار در منظر بیابانی شهر قم دارد و از منظری که در سال ۱۹۸۹ با نسبت تقریبی ۳ به ۱ فضاهای سبز در بزرگترین لکه بیابانی همچون یک واحه^۷ دلپذیر بوده، دیگر خبری نیست. متوسط اندازه لکه در رده ساختمان‌ها در سال ۱۹۸۹ در تطابق با مساحت و تعداد کم لکه‌ها، منظر شهری بسیار منسجم‌تر و سنجه پیچیدگی شکل لکه در این طبقه و

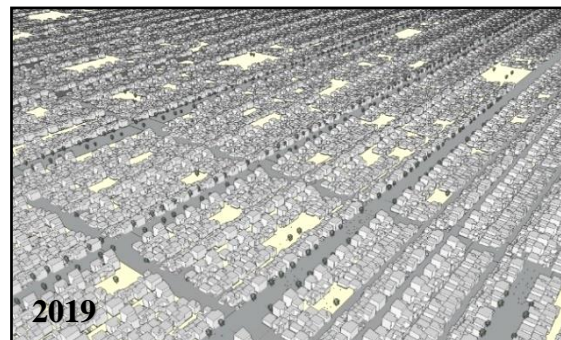
جدول ۶- اطلاعات بصری حاصل از متریک‌های منظر
Table 6. Visual information from landscape metrics

2019	1989	اطلاعات به‌دست آمده براساس متریک‌ها Information based on metrics
1-2-1-5	1-3-9-27	نسبت تقریبی مساحتی میان راه - بنا - فضای سبز - فضای خالی Approximate ratio of area between Road - Building - Vegetations - Barelands
1-4-3-9	1-3-15-50	نسبت تقریبی مساحت بزرگترین لکه راه - بنا - فضای سبز - فضای خالی Approximate ratio of the area of the largest patch
مستقیم، هندسی، براساس شبکه شطرنجی - شبکه سرتاسری پیوسته Straight, geometric, based on a checkered grid - a continuous global grid	به‌صورت ارگانیک و نامنظم، به‌صورت طبیعی - ناپیوسته Organically and irregularly, naturally - discontinuously	مشخصات بصری راه‌ها Visual characteristics of roads
بافت متخلخل - نامنجم - شکل‌گیری منظم و ساده Porous texture - incoherent - regular and simple formation	لکه‌های بسیار بزرگ - به هم پیوسته - منسجم - شکل‌گیری نامنظم و پیچیده Very large patches - interconnected - cohesive - irregular and complex formation	مشخصات بصری توده ساختمانی Visual characteristics of the building
لکه‌های بسیار ریز و زیاد - ساختار گسیخته و شکل پیچیده Very small and large patches - broken structure and complex shape	لکه‌های بسیار بزرگ و به هم پیوسته - شکل ساده Very large and interconnected patches - simple shape	مشخصات بصری فضای سبز Visual characteristics of the Vegetations
لکه‌های ریز و زیاد - ساختار گسیخته - شکل ساده Very small and large patches - broken structure and simple shape	لکه‌های بسیار بزرگ و به هم پیوسته - شکل ساده Very large and interconnected patches - simple shape	مشخصات بصری زمین‌های بایر Visual characteristics of the Barelands

شهر قم نشان از گسترش شتابان الگوهای نامطلوب دارد

نتایج حاصل از کاربرد متریک‌ها در بررسی منظر زیست‌بوم

(شکل ۷) تا نشان دهد که چگونه الگوهای شهری در ساختارها و فرایندهای فرهنگی و محیط زیست تجلی یافته، آن‌ها را دگرگون نموده و ضمن اثرگذاری، در فرآیندی گردشی خود نیز از این تغییرها تأثیر می‌پذیرد. باید توجه داشت که این مدل باید توسط متخصصان مختلف همواره مورد پایش، اصلاح و بازبینی قرار گیرد، تا در برنامه‌ریزی‌های آینده اثر گذاشته و در تکمیل سیکل فرآیند منجر به اصلاح الگوی توسعه شهر قم شود.



شکل ۶- مقایسه منظر بازسازی شده در دو سال ۱۹۸۹ و ۲۰۱۹

Fig. 6- A comparison of the reconstructed landscape in 1989 and 2019

بیشترگونه‌های آبی رودخانه قمرود را از بین برده است (Rahimi et al., «Nikafarin and Hasanzade, 2010» (2018) افزایش شوری آب و خاک و بیابان‌زایی (Zabihi and Soleimani, 2010)، از دیگر پیامدهای این الگوهای توسعه بر منظر شهر است. بروز این پدیده‌ها، سلامت و حیات مردم شهر را در فرآیند گردشی خود به خطر خواهد انداخت و بتدریج در محرک-ها و سنجه‌های شهری قم نمود بسیار محسوسی می‌یابد. به‌عنوان نمونه تخریب رودخانه قمرود و زیستگاه‌ها، کاهش پوشش گیاهی، شوری آب و تغییرات آب و هوایی سبب تأثیر بر اقتصاد شهری و یا کاهش سطح آسایش و رفاه خواهد شد. تخریب و آلودگی منابع آبی، خاکی و غذایی نیز تغییراتی را در ساختار جمعیتی و یا نظام ارزش‌گذاری زمین در پی خواهد داشت. که این مهم ناگزیر به تجدید نمونه این قبیل سیاست‌گذاری‌ها به صورت اندک در فعالیت‌های اخیر شهرداری قم قابل مشاهده است. این تصمیم‌ها در نهایت منجر به تغییر

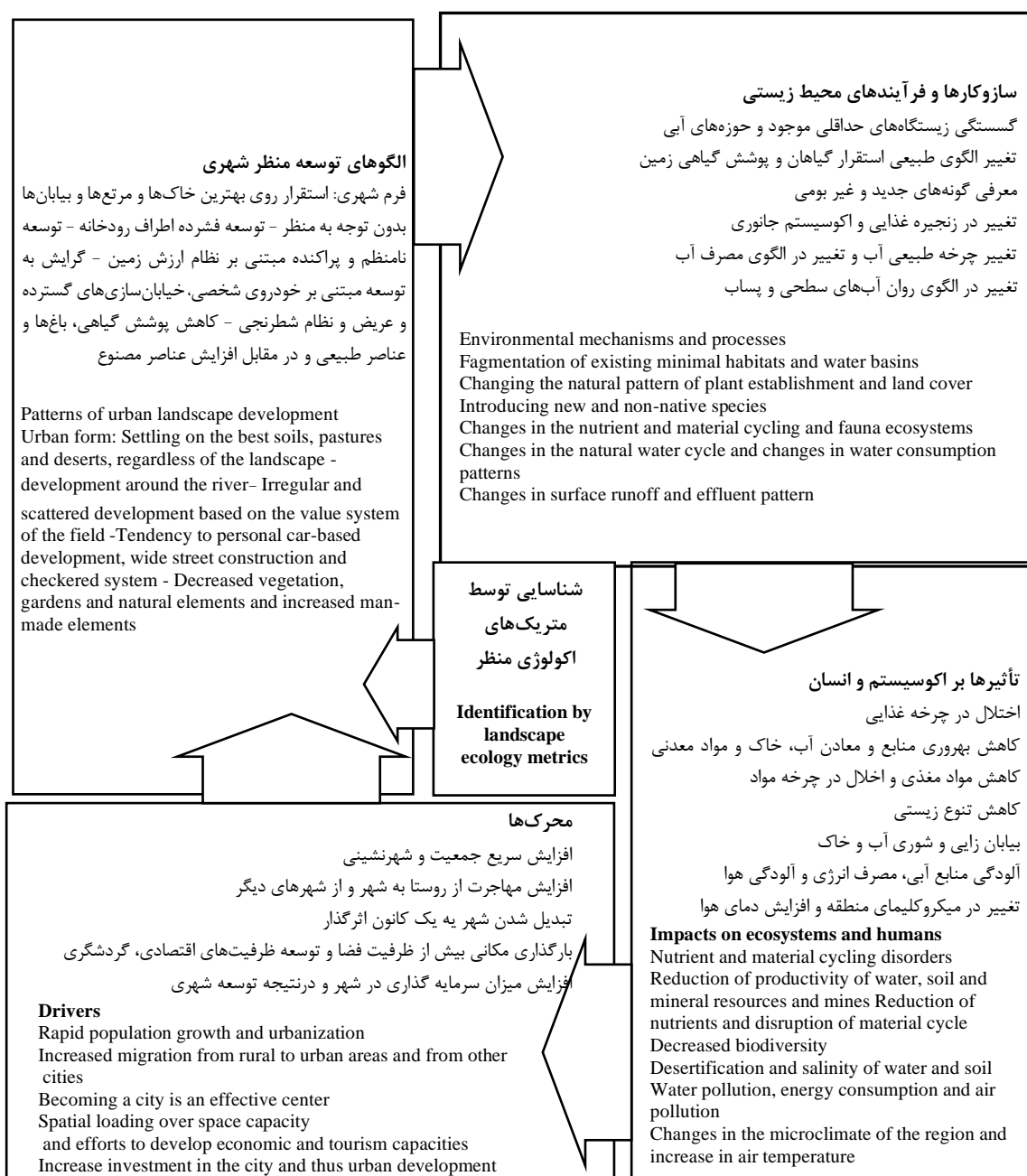
(جدول ۷). برای پرهیز از ساده‌سازی ساختارهای شهری، نبود نگرش تک‌بعدی و درک لایه‌های پیچیده و در هم‌تنیده منظر زیست‌بوم شهر قم، این نتایج باید در پیوند با سایر پژوهش‌ها در دیگر تخصص‌ها قرار گیرد به نحوی که برآیند این مطالعات برای برنامه‌ریزان و مدیران شهری مفید باشد. بنابراین در این پژوهش برای برقراری ارتباط لایه‌های مختلف منظر شهری، الگوهای توسعه شهری و تغییرات زیست‌بوم نتایج به‌دست آمده به مدل مفهومی Alberti انتقال می‌یابد

به‌عنوان نمونه براساس این مدل، الگوهای توسعه شهر قم که بر مبنای سنجه‌ها روشن شد، نظیر افزایش سطح اشغال ساختمان‌ها و توزیع پراکنده فضایی، ارتباط کاربری‌ها بر مبنای اتومبیل، همچنین تغییر در الگوهای محیط زیست همچون کاهش پوشش گیاهی، بیابان‌زایی و بهره‌شدگی که بر مبنای نیروهای محرکی مانند افزایش جمعیت، شهرنشینی و مهاجرت، بوجود آمده، موجب تغییر در فرایندهای زیستی و انسانی در شهر مانند تغییر در چرخه منابع غذایی، آبی و خاکی شده که در نهایت ایجاد گسست در منظر و از بین رفتن زیستگاه‌های گیاهی و جانوری را به‌دنبال دارد. این تغییر سازوکار، بازخوردها و نتایج مخربی بر اکوسیستم استان در پی داشته است که از آن جمله می‌توان به از بین رفتن تالاب بهشت معصومه، حوزه آبی حوض سلطان و شریف آباد و در نتیجه نابودی گونه‌های گیاهی جانوری و بومی حوزه پیرامونی شهر اشاره نمود. در نتیجه مصرف بیش از اندازه آب و آلودگی آن، ترکیب نفتی ناشی از اتومبیل و پساب‌های صنعتی

را فراهم می‌آورد تا با مداخلات هوشمندانه و سریع از افزایش هزینه و از دست رفتن فرصت بازسازی جلوگیری نمود. الگوهای شهری قم به منظور احیای اکوسیستم‌های منظر می‌انجامد. شناسایی شیوه اثر چرخه‌های پدیده‌های مختلف در یکدیگر که توسط این مدل صورت گرفته، این امکان

جدول ۷- نتایج حاصل از سنجش اکولوژی و منظر شهر قم در پایان دوره
Table 7. Results from ecological and landscape assessment of Qom city at the end of the period

تأثیرها بر منظر دیداری Effects on perspective	عناصر منظر Landscape elements	ساختارهای کلی منظر Landscape structures	سنجه‌ها Metrics
-	افزایش ناهمگنی کلی به میزان یک چهارم Increase overall heterogeneity by a quarter	افت کیفیت اکولوژیک Decreased ecological quality	SHDI
از دست رفتن منظر سنتی شهرهای کویری ایران در شکل کلی منظر شهر Loss of the traditional landscape of desert cities of Iran in the urban landscape	انزوای لکه‌های باقی‌مانده Isolation of remaining patches	افزایش توسعه شهری ۴ برابری کاهش پوشش گیاهی بیش از نصف quadruple increase in urban development, decrease more than half in vegetation	CA
کاهش ۸ درصدی سهم بیابان و ۱۷ درصدی گیاهان و در مقابل افزایش ۲۵ درصدی سهم توسعه در منظر 8% decrease in deserts and 17% of plants, and 25% increase in the share of urban development in the landscape	نزدیکی سهم لکه‌ها از منظر کل به یکدیگر و ساده شدن منظر Proximity of the patches's share from landscape and simplification of landscape	کاهش شدید برتری پهنه‌های طبیعی نسبت به پهنه‌های مصنوعی Severe reduction of the superiority of natural zones over man-made zones	PLAND
وجود تخلخل در بافت شهری Existence of porosity in urban fabric	افزایش گسستگی شدید در پهنه سبز، گسستگی به نسبت زیاد در توسعه شهری Severe disruption in the green space and urban development	افزایش ۵۰ درصدی تعداد کل لکه‌ها 50% increase in the total number of patches	NP
منظر شهری مبتنی بر حرکت اتومبیل Urban landscape based on car movement	تکه‌تکه شدگی اکوسیستم‌های گیاهی Flora ecosystems Fragmentation	موزاییک ناهمگن منظر Heterogeneous landscape mosaic	PD
-	انزوای ناگهانی در لکه‌ها Sudden isolation in the patches	افت ناگهانی کیفیت اکوسیستم Sudden decline in ecosystem quality	CONTAG
تبدیل منظر واحه‌ای به منظر ناهمگون Turn an oasis landscape into a heterogeneous landscape	کاهش شدید پهنه‌های بیابانی Severe reduction of homogeneous desert areas	کوچک شدن لکه‌ها Shrinkage of patches	LPI
کاهش شدید انسجام در منظر Severe reduction of integration in the landscape	دانه دانه شدن و کوچکی لکه‌ها Fragmentation Shrinkage of patches	کاهش میانگین مساحت تمام لکه‌ها به بیش از نصف Reduce more than half of the average of patches area	AREA-MN
کاهش پیچیدگی شکل ابنیه و راه‌ها Reduce complexity of roads and buildings form	منظر از نظر شکلی ساده‌تر Simplification of landscape	کاهش پیچیدگی منظر Reduce landscape complexity	SHAPE-AM
افزایش فضاهای سبز در قالب تکه‌های کوچک نظیر رفیوژها Increase green spaces in the small pieces such as refuges	گسیختگی در پوشش گیاهی Vegetation fragmentation	-	SHAPE-MN



شکل ۷- دیاگرام مفهومی فرایند چرخه ای اثر گذاری الگوهای شهری و اکوسیستم در شهر قم و نقش متریکها در شناسایی الگوها براساس مدل آلبرتی

Fig. 7- Conceptual diagram of the cyclic process of influencing urban and ecosystem patterns in Qom city and the role of metrics in identifying patterns based on Alberti model

نتیجه گیری

ساختارهای طبیعی به نفع زیرساخت های مصنوع، رشد شدید بیابان زایی، رشد گسسته و پراکنده شهری، توسعه اتومبیل محور، از بین رفتن باغها و گونه های گیاهی بومی و در مقابل افزایش تعداد لکه های کوچک گیاهان غیربومی با هدف منظر سازی، تفرق در منظر بیابانی شهر، تغییر فرم شهر به سمت ساختارهای ساده و در نهایت افت کلی و

تبدیل شهر قم به یک شهر دارای اهمیت موجب شده تا الگوهای توسعه شهر در بستر طبیعی طی زمان دستخوش تغییرهای زیادی گردد. بررسی سنجه های بوم شناسی منظر نشان می دهد که گسستگی زیست بوم در این شهر به صورت پیوسته ادامه داشته است. عقب نشینی گسترده

این پژوهش با تلاش در بازنمایی منظر بوم‌شناسی شهر قم به صورت کلی می‌تواند اساس مطالعات در مقیاسی بزرگتر و با جزئیات بیشتر روی منظر شهر باشد. متخصصان مختلف در رشته‌های گوناگون می‌توانند در غالب کارگروه‌های تخصصی به ارزیابی، اصلاح و تکمیل مداوم مدل مفهومی ارائه شده بپردازند. همواره می‌توان تأثیرهای محیط زیستی تصمیم‌ها و سیاست‌های شهری اتخاذ شده بر مبنای این مدل را با استفاده از سنجه‌های علم بوم‌شناسی منظر مورد پایش مداوم قرار داد تا در صورت بروز الگوهای جدید از طریق گردآوری شواهد مرتبط با هر رشته و بررسی تخصصی‌تر به پویایی نهفته در منظر شهر و چرخه طبیعت کمک شود. این روند از طریق تکرار و تکامل به تعامل هر چه بیشتر منظر شهر با بستر طبیعی خود می‌انجامد.

پی‌نوشت‌ها

¹ United States Geological Survey

² Supervised Classification

³ Maximum Likelihood

⁴ Class

⁵ Fishnet

⁶ Class Area

⁷ Oasis

Aithal, B.H. and Ramachandra, T.V., 2016. Visualization of urban growth pattern in chennai using geoinformatics and spatial metrics. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 44(4), 617-633.

Alberti, M., Marzluff, J.M., Shulenberger, E. and Bradley, G., 2003. Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience*. 12, 1169-1179.

Alberti, M., 2005. The effects of urban patterns on ecosystem function. *International Regional Science Review*. 28, 168-192.

Bonilla-Bedoya, S., Mora, A., Vaca, A., Estrella, A.

محسوس کیفیت اکولوژیک، تنها بخشی از این دگرگونی الگوهای انسانی و زیستی است که با افزایش بارگذاری بیش از ظرفیت منجر به تجربه پیامدهای محیط زیستی در عرصه و از دست رفتن پیوستگی منظر شهر با بستر شده است. بازنمایی ارتباط میان الگوهای توسعه که با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی منظر کمی شده بیانگر آن است که توسعه با محرک‌های بوجود آورنده خود و اثر بازخوردی بر فرآیندهای طبیعی و انسانی ارتباطی تنگاتنگ دارد. همچنین مدل آلبرتی به درک اثرهای محیط زیستی و فرهنگی این تغییرات کمک کرده و طریق نشان می‌دهد برای فهم سطح‌های متعدد، پیچیده و درهم تنیده منظر بوم‌شناختی شهر قم همکاری تخصص‌های مختلف را می‌طلبد. تلفیق دانش بسیار پیچیده و به سرعت در حال تحول طیف گسترده‌ای از رشته‌ها (نظیر جانورشناسی، گیاه‌شناسی، شیلات، برنامه‌ریزی شهری، محیط زیست، منظر، جغرافیا، علوم اجتماعی و جامعه‌شناسی) جهت اخذ تصمیم‌های استراتژیک در مدیریت و برنامه‌ریزی شهر قم برای نیل به بهترین رشد شهری ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

منابع

and Herrera, M.Á., 2020. Modelling the relationship between urban expansion processes and urban forest characteristics: An application to the Metropolitan District of Quito. *Computers, Environment and Urban Systems*. 79, 101420.

Bosch, M., Jaligot, R. and Chenal, J., 2020. Spatiotemporal patterns of urbanization in three Swiss urban agglomerations: insights from landscape metrics, growth modes and fractal analysis. *Landscape Ecology*. 35(4), 1-13.

Daliri, H. and Mehregan, N., 2016. Measuring the sustainability of development in the provinces of Iran based on the ecological vestige index. *Regional Economy and Development (Knowledge*

and Development). 11, 3-47.

Fattahi M.M., 2009. Study of trend of desertification trend in qom province base on remote sensing with emphasis on landuse changes and water quality and quantity resources. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research. 2, 234-253. (In Persian with English abstract).

Feizizade, B., Jafari, F. and Nazmfar, H., 2008. Application of remote sensing data in the detection of work on landuse, Case study: Green space in Tabriz. Honar-Ha-Ye-Ziba Memari-Va-Shahrsazi. 34, 17-24.

GhasemiPournikbin, S., 2016. Structural analysis of urban green space network based on landscape metrics (Case study: Karaj city). In proceeding 4th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Shahid Beheshti University, 27th-29th December, Tehran, Iran. p. 133.

Gholami, M., 2018. Floristic and habitat study and geographic distribution analysis of plant species in Qom province. M.Sc. Thesis in Plant Biology-Systematics Ecology. Shiraz University, Shiraz, Iran.

Gohari, A., Irani Behbahani, H. and Salehi, I., 2016. Urban landscape perception in relation to collective mentalities and memories, case study: tajrish district. Journal of Environmental Studies. 1, 195-210.

Hatami, M., Sotoude, A., Mokhtari, M.H. and Kiyani, B., 2014. Evaluation of spatial composition and distribution of green spots in mashhad using landscape metrics. In proceeding 6th National Conference on Urban Planning and Management with emphasis on the Elements of the Islamic city, Yazd University, 12th-13th November, Mashhad, Iran. p. 702.

Hosseine, M., Mostafazadeh, R. and Nazarnejad, H., 2019. Analysis of land use change in balanjchai watershed (urmia) using landscape metrics. Geography and Development Iranian Journal. 54, 75-89. (In Persian with English abstract).

Kedron, P.J., Frazier, A.E., Ovando-Montejo, G.A. and Wang, J., 2018. Surface metrics for landscape ecology: A comparison of landscape models across ecoregions and scales. Landscape Ecology. 33.9, 1489-1504.

Kincaid, A., 2005. Memory and the city: urban renewal and literary memoirs in contemporary dublin, College Literature. 32 (2), 16-42.

Kiyani, V., 2014. An introduction to the ecology of landscape. Daynegar Publishers., Tehran, Iran.

Kiyani, V. and Feghhi, J., 2015. Investigation of cover/land use structure of sefidrod watershed by landscape ecology metrics. Journal of Environmental Sciences and Technology. 2, 131-141. (In Persian with English abstract).

Lausch, A., Blaschke, T., Haase, D., Herzog, F., Syrbe, R.U., Tischendorf, L. and Walz, U., 2015. Understanding and quantifying landscape structure—A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. Ecological Modelling, 295, 31-41.

Leiato, A.B. and Ahern, j., 2002. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. Landscape and Urban Planning. 2, 65-93.

McGarigal, K. and Cushman, S.A., 2002. The gradient concept of landscape structure: Or, why are there so many patches. Available online at: <http://www.umass.edu/landeco/pubs/pubs.html>.

Mehrfrouz, O., Soltanfard, H., Aliabadi, K., Zolfaghari, Gh. and Kerachi, H., 2016. Ecological

- status of urban green spaces with landscape ecology application (Case Study: Sabzevar Municipality Region). National Conference on New Approach to the Challenges of the City and Urbanization, Supporters of the Ideal Environment Institute and sponsored by Civilica, 8th September, Ardabil, Iran.
- Mokhtari, Z. and Saiyahnia, R., 2017. Fundamentals of study and quantification of landscape. Avayeghalam Publishers., Tehran.
- Mu, B., Mayer, A.L., He, R. and Tian, G., 2016. Land use dynamics and policy implications in Central China: A case study of Zhengzhou. *Cities*, 58, 39-49.
- Naseri, S., 2019. Monitoring the structural changes of aq gol malayer wetland based on the ecological approach of the land. 4th International Conference on Modern Research in Civil Engineering, Architecture, Urban Management and Environment, 21th may, Karaj, Iran. p.120.
- Nasiri, V. and Darvishsefat, A.A., 2018. Analysis of land use and land cover using ecological landscape metrics (case study: Arasbaran region). *Environmental Sciences*. 3, 101-118. (In Persian with English abstract).
- Nikafarin, S. and Hasanzade, A., 2010. Investigation of biodiversity and endangered species in Qom province. National Seminar on Biological Diversity and its Impact on Agriculture and the Environment. 8th August, Urmia, Iran. p. 585.
- Nong, D.H., Lepczyk, C.A., Miura, T. and Fox, J.M., 2018. Quantifying urban growth patterns in Hanoi using landscape expansion modes and time series spatial metrics. *PLoS ONE*, 13.5, e0196940.
- O'Neill, R.V., Krummel, J.R., Gardner, R.E.A., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D.L., Milne, B.T., Turner, M.G., Zygmunt, B., Christensen, S.W. and Dale, V.H., 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*. 3, 153-162.
- Parvar, Z. and Shayeste, K., 2018. Monitoring and prediction of urban growth using multitemporal images and gis techniques (a case study of bojnourd city). *Journal of Environmental Studies*. 83, 513-527. (In Persian with English abstract).
- Parivar, P., Yavari, A.R. and Sotoude, A., 2008. A landscape - based analysis of spatial distribution and dynamics of tehran urban green spaces. *Journal of Environmental Studies*. 45, 73-84. (In Persian with English abstract).
- Parivar, P., Yavari, A.R., Faryadi, SH. and Sotoude, A., 2010. Landscape ecological structure analysis of tehran to develop strategies for improving environmental quality. *Journal of Environmental Studies*. 51, 45-56. (In Persian with English abstract).
- Qom Municipality, 2019. Statistical of qom, Qom Municipality Report. Qom, Iran.
- Qom Meteorological Organization, 2019. Climate analysis of qom province in 2018. Qom Meteorological Organization Report. General Meteorological Department of Qom Province. Ministry of Roads and Urban Plannig.
- Qom Budget and Planning Organization, 2019. Landscape of qom. Qom Budget and Planning Organization Report.
- Rahimi, M.H., Kalantari, N., Zarasvandi, A.R. and Mohammadi, R., 2018. Assessment of physical, chemical and biological contaminants in the sharifabad auifer, qom. *Iran-Water Resources Research*. 27, 33-43. (In Persian with English abstract).
- Reis, J.P., Silva, E.A. and Pinho, p., 2016. Spatial

metrics to study urban patterns in growing and shrinking cities. *Urban Geography*, 37.2, 246-271.

Sadeghi Benis, M., 2015. Using landscape metrics in rehabilitation of urban ecological network. *Bagh-e Nazar*. 32, 53-62. (In Persian with English abstract).

Tagil, S., Gormus, S. and Cengiz, S., 2018. The relationship of urban expansion, landscape patterns and ecological processes in denizli, turkey. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46.8, 1285-1296.

Tamagnone, P., Comino, E. and Rosso, M., 2020. Landscape metrics integrated in hydraulic modeling for river restoration planning. *Environmental Modeling and Assessment*. 25.2, 173-185.

Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R. and Mander, Ü., 2009. Landscape metrics and indices: an overview of their use in landscape research. *Living Reviews in Landscape Research*. 3.1, 1-28.

Vanderhaegen, S. and Canters, F., 2017. Mapping urban form and function at city block level using spatial metrics. *Landscape and Urban Planning*. 167, 399-409.

Wu, W., Zhao, S., Zhu, C. and Jiang, J., 2015. A comparative study of urban expansion in Beijing, Tianjin and Shijiazhuang over the past three decades. *Landscape and Urban Planning*. 134, 93-106.

Xing, H. and Meng, Y., 2020. Measuring urban landscapes for urban function classification using spatial metrics. *Ecological Indicators*. 108, 105722.

Yuan, J., Cohen, M.J., Kaplan, D.A., Acharya, S., Larsen, L.G. and Nungesser, M.K., 2015. Linking

metrics of landscape pattern to hydrological process in a lotic wetland. *Landscape Ecology*. 30.10, 1893-1912.

Zabihi, A.R. and Soleimani, K., 2010. Desertification and vegetation destruction causes in western rangelands of qom Salt Lake. *Journal of Rangeland*. 3, 392-403. (In Persian with English abstract).

Zabihi, M., Moradi, H.R., Gholamalifard, M. and Khaledidarvishan, A., 2018. Investigating the changes in landscape metrics in the watershed of Talar, Mazandaran province. 13th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran. 3rd National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment. Mohaghegh Ardabili University. 2th-3th October, Ardabil, Iran.

Zhou, M., Tan, S. and Zhang, L., 2015. Influences of different land use spatial control schemes on farmland conversion and urban development. *PLoS ONE*, 10.4, e0125008.





Environmental Sciences Vol.19 / No.3 / Autumn 2021

123-142

Analysis of the evolution of the ecological landscape of the city of Qom with the Alberti model

Erfan Khodaparast, Fatemeh Eshaghi and Hassan Darabi *

Department School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2020.08.19 Accepted: 2021.04.15

Khodaparast, E., Eshaghi, F. and Darabi, H., 2021. Analysis of the evolution of the ecological landscape of the city of Qom with the Alberti model. *Environmental Sciences*. 19(3): 123-142

Introduction: Landscape as a whole is the reflection of the structure and function, and their interaction. Although, metrics of landscape ecology provide an appropriate tool to analyze the structure and function of landscape, deep understanding is needed to perceive the generality and evolution of the landscape as a whole. This is especially important for urban landscape interpretation. In particular, when urban development is the result of spatial development which is mainly influenced by socio-economic processes. As a result, the environmental context is less considered. Disturbance in the natural and ecological structures is the consequences of such process that leads to the ecological rupture of the landscape. Accordingly, structural changes affect the functioning of the city's natural ecosystems that make cities more unsustainable. Hence, it seems that the first step in improving the current situation is to explain the pattern of landscape changes appropriately and provide an understanding of the effects of urban development patterns of the ecosystem. Accordingly, the purpose of this study is to evaluate the overall landscape changes of Qom over 30 years.

Material and methods: The natural and artificial structures that make up the city's landscape were extracted from the US Geological Survey (USGS) using satellite images. Images were taken in 1989 from the Landsat Satellite 5 (TM), in 1999 and 2009 from the Landsat 7 (ETM), and in 2019 from Landsat 8 (OLI). Then, it was classified by Supervised Classification method and Maximum Likelihood using the ENVI software. The natural and artificial structures were classified into four categories: vegetation, building, communication, and bare lands. Then, ten appropriate metrics were calculated to quantify the changes in the four aforementioned categories. The essential calculations have been done by the Fragstats software.

* Corresponding Author: *Email Address*. darabih@ut.ac.ir
<http://dx.doi.org/10.52547/envs.2021.34531>

Results and discussion: The results of the study showed the accelerated changes in the ecosystem of the Qom base on the application of landscape metrics. Qom has experienced serious structural and functional changes over 30 years. The man-made landscape is developing at the expense of devastating natural structures and natural patches are disappearing. On the other hand, the introduced patches are increasing progressively. However, introduced patches did not have a significant effect on the overall trend of landscape change. Examining the trend of LPI, AREA-MN, SHAPE-AM, and SHAPE-MN indicators provided information about changes in the visual form of the landscape. The increase in artificial patches, along with the lessening of the largest desert patches to one-third, indicated the emerging of progressive fragmentation in the desert landscape of Qom. Meanwhile, the shape of the city is changing into a simple geometric pattern, which means the loss of natural ecosystems. The status of the indicators during different years expresses the simplification of the urban landscape. The result is multiple effects on the urban environment, such as changes in microclimate and its consequences on the fragile desert ecosystem.

Conclusion: It is necessary to revise the development model and consider serious attention to natural-oriented approaches while responding to human needs in such areas. It seems that the present model of ecological planning along with strategic proposals is obligatory to practice the ecological-based projects for future developments to enhance the quality of Qom's ecological landscape.

Keywords: Landscape ecology, Metrics, Landscape fragmentation, Alberti model, Qom