مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست, دوره بیست و چهارم, شماره ده، دی ماه ۱۴۰۱ (۹۱ -۷۷)

بررسی تغییرات ساختار اکولوژیک چهار تپه در سنندج به کمک روش شیءگرا و شاخص‌های پیوستگی و پیچیدگی [۱]

میلاد زندسلیمی [۲]

بختیار بهرامی [۳*]

b.bahrami@uok.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵**

چکیده

زمینه وهدف: تپه‌ها به عنوان یکی از اجزای اصلی ساختار اکولوژیکی در یک شهر تپه ماهوری, متاثر از کنش‌های انسانی و موثر بر آن‌ها هستند. رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین با هدف بررسی اکوسیستم‌های متنوع در مقیاس‌های مختلف، سعی در برقراری تعادل بین کنش‌های انسان و فرایندهای طبیعی دارد. دراین مطالعه تغییرات ساختار اکولوژیکی چهار تپه مهم در سنندج (توس‌نوذر، نیشتمان، ملت و دیدگاه) با استفاده از تصاویر گوگل‌ارث و دوشاخص اکولوژیک در بازه ۱۶ ساله (۲۰۲۰-۲۰۰۴) بررسی شدند.

روش بررسی: ساختار اکولوژیکی این تپه‌ها به روش شی‌گرا در شش دسته طبقه‌بندی و تغییرات آن‌ها بررسی شد. همچنین با استفاده از نرم‌افزار$FRAGSTATS_{4.2}$ وضعیت دو شاخص اکولوژیکی FRAC و CONTIGH در تپه‌ها تا مورخ ۱۳۹۹/۶/۲۰محاسبه و بررسی شد.

یافته‌ها: عناصر انسان ساز درکل تپه‌ها مخصوصا در تپه نیشتمان افزایش (۱۹ درصد) داشته‌اند. همچنین پوشش مراتع مخصوصا در تپه‌های توس‌نوذر و دیدگاه کاهش یافته است (۳۲ درصد). میزان پیچیدگی لکه‌های منظر در همه تپه‌ها به‌جز توس‌نوذر افزایش و بازهم پیوستگی درهمه تپه‌ها به‌جز توس نوذر کاهش یافته است.

بحث و نتیجه‌گیری: حذف مراتع و گونه‌های بوته‌ای، افزایش آتش‌سوزی و خشکسالی‌های اخیر و همچنین افزایش مداخلات انسانی مانند ساخت و ساز و معابر ماشین‌رو, انسجام و جریان‌های اکولوژیک این تپه‌ها را با تهدید جدی مواجه ساخته است. ساده‌تر شدن درعین همگنی اجزای منظر در تپه توس نوذر بیانگر فاصله اجزای منظر از حالت طبیعی خود دارد. علاوه بر آن، کاهش پیوستگی در سه تپه ملت، دیدگاه و نیشتمان بیانگر افزایش تکه تکه شدگی و انقطاع در مناظر طبیعی این تپه‌ها است.

واژه‌های کلیدی: تپه، اکولوژی سیمای سرزمین، تغییرات منظر، ساختار اکولوژیکی.

۱- این پژوهش برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول، با عنوان" راهبردها و الگوهای طراحی ارتقای منظر تپه‌های سنندج با روش اکولوژی سیمای سرزمین" به راهنمایی نویسنده دوم در دانشگاه کردستان است.

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد طراحی شهری دانشگاه کردستان.

۳- استادیارگروه شهرسازی دانشگاه کردستان. *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No.10, January, 2023

Examining changes in the ecological structure of four hills in Sanandaj using object-oriented method and metrics of continuity and complexity

Milad Zandsalimi [1]
Bakhtiar Bahrami [2*]
b.bahrami@uok.ac.ir

Admission Date:February 14, 2022 Date Received: July 26, 2021

Abstract

Background and Objective: Hills, as one of the main components of the ecological structure in a hilly town, are influenced by human actions and affect them. The landscape Ecology Approach examines diverse ecosystems at different scales and balances human actions and natural processes. In this study, changes in the ecological structure of four significant hills in Sanandaj (Tosonozar, Nishtman, Mellat, and Didgah) were investigated using Google Earth images and two ecological metrics over 16 years (2020-2004).

Material and Methodology: The ecological structure of these hills was investigated by object-oriented method in six classification categories and their changes. Also, by using FRAGSTATS 4.2 software, the status of two ecological indicators, FRAC and CONTIGH, were calculated and checked in the hills until 6/20/2019.

Findings: Man-made elements have increased (19%) in all hills, especially in Nishtman. Also, rangeland cover has decreased (32%), especially in Tusunozar and Nazgah hills. The complexity of landscape spots in all hills except Toos-Nozar has increased. Also, the continuity Toos-Nozar has decreased except Toos-Nozar hill.

Discussion and Conclusion: The elimination of pastures and plant species, the increase in recent fires and droughts, and the increase in human interventions such as construction and motorways, the cohesion and ecological flows of these hills have posed a severe threat. Simplification while homogeneity of landscape components in Toos-Nozar hill indicates the distance of landscape components from their natural state. The decrease in continuity in the three hills, including Mellat, Didgah, and Nishtman, indicates an increase in fragmentation and discontinuity in these hills' natural landscapes.

Keywords: Hill, landscape ecology, Landscape changes, Ecological structure.

1- Master of Urban Design, University of Kurdistan, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Urban Planning & Design, University of Kurdistan, Iran. **(Corresponding Author)*

مقدمه

انسان همواره در پی نظم بخشیدن به محیط طبیعی پیرامون خود بوده است (۱). گاه در مقام مداخله‌گر، برای تسلط و گاه درتعامل با طبیعت؛ به عنوان ناظر و ادراک‌کننده آن قرار می‌گیرد (۲). گسترش شهرها به عنوان یکی از بزرگترین نظم‌بخشی‌های انسانی همراه با مسائل زیست محیطی‌و ناپایداری و از هم‌گسیختگی اکولوژیکی است (۳). از سوی دیگر، صرفا برای حفظ طبیعت نمی‌توان مانع از حضور انسان در آن شد، بلکه باید با راهکارهای علمی کنش‌های انسانی را متعادل و همنوا با طبیعت کرد (۷-۴).

یکی از شالوده‌های طراحی اکولوژیکی و پایدار، برقراری توازن بین سیستم‌های انسان‌ساخت واکوسیستم‌های طبیعی است (۸). فضاهای طبیعی در شهر یکی از این عوامل ایجادتوازن هستند. آن‌ها در یک شبکه مرتبط به هم، نه تنها نقش مهمی در پایداری شهرها دارند، بلکه می‌توانند بخش مهمی از منظر شهری باشند (۹،۱۰). غالبا در شهرها، شبکه‌های مصنوع (مانند زیرساخت‌ها) در حال تسلط بر شبکه‌های اکولوژیکی‌اند(۱۱). اما درسکونتگاه‌هایی باندام‌های طبیعی شاخص هم چون تپه‌ها، بسترهای طبیعی می‌تواند تسلط شبکه‌های مصنوع را محدود کند و جزیره‌های خاکی و بعضا سبز تپه ماهوری را به جای بگذارد (۱۲). حتی تپه‌ها می‌توانند به عنوان زون‌های تنفسی و اکولوژیکی در مقابل توسعه بزرگراهی و ماشین محور کارآمد باشند[۱](۱۳).

در اواخر قرن ۲۰ مفاهیم اکولوژی آمیخته با علوم انسانی مورد توجه پژوهشگران شهری نیز قرار گرفت. امروزه اکولوژی شهری درمقام راهنمای شهرسازان، شامل مطالعه تعاملات پیچیده میان محصولات انسانی با دیگر ارگانیسم‌های شهر (۱۴)، می‌تواند جریان توسعه شهری را با فرایندهای اکولوژیکی همسو نماید و شرایط زیست محیطی را بهبود بخشد (۹،۱۵). اکولوژی سیمای سرزمین با تمرکز به تعامل بین الگوهای انسان‌ساخت و فرایندهای اکولوژیکی موجود، در پی رفع یا کاستن از هم‌گسیختگی زیستگاه‌ها و خلق چشم‌اندازی منسجم و پیوسته است (۲،۳،۹). شاخص‌های کمی (زمانی-مکانی) سیمای سرزمین توان ارزیابی اثرات توسعه و مدل‌سازی اجزای منظر را دارند و به‌خوبی در سامانه اطلاعات جغرافیایی و از تصویرهای ماهوارهای تغذیه می‌شوند (۱۶). گرچه غالبا از این شاخص‌ها در مقیاس سرزمین و منطقه استفاده شده است (۱۷،۱۸)، اما می‌توان از آن‌ها در تعیین فروافت محیط‌زیست و اندام‌های طبیعی (مانند رودخانه، تپه، چشمه و غیره) در زمینه‌های شهری بر اثر توسعه انسانی و همچنین وضعیت کلی ساختار اکولوژیکی یا وضعیت خاص این اندام‌ها استفاده کرد (۱۹). با توجه به تعریف مقیاس لکه، کلاس و سیمای سرزمین می‌توان در موضوعات مختلف شهری با همان اهداف اکولوژی سیمای سرزمین در طیفی از مقیاس‌های شهری (کلان تا خرد) سود جست (۱۷،۲۰).

در مطالعات اکولوژیکی منظر، بیان ساختار مناظر در قالب لکه، کوریدور بستر نیز متداول است(۲۱). عموما: لکه‌ها، اجزای طبیعی همگن با منشا انسانی وطبیعی هستند(۲۲). کوریدورها لکه‌های خطی هستند که امکان اتصال بین لکه‌ها را فراهم و هر آنچه که جز این دو باشد به عنوان بستر و زمنیه مناظر می‌باشد(۲۲). اتصال لکه‌های مهم وا فزایش پیوستگی لکه‌های طبیعی در مقابل تکه تکه شدن و انزوای لکه‌ها، جریان‌های اکولوژیکی در زیستگاه‌های ما را بهبود می‌بخشد (۲۳). لکه‌های مصنوع و طبیعی ساختار مناظر را مخصوصا در شهرها شکل می‌دهند(۲۴). چنان که شهرهای رودخانه ای وتپه ماهوری نمونه ای از لکه‌های خطی و متمرکز موثر هستند (۷). این عناصر مهم مخصوصا در این سکونتگاه‌ها ساخت اکولوژیک زیست بوم را بنا نهادند (۲۵). هرگونه اختلال و تخریب، مصادف با به خطر افتادن حیات گونه‌های گیاهی وجانوری دیگر از جمله انسان‌ها است(۲۶). در این میان تپه‌ها که در مقیاس کلان خود لکه با منشا طبیعی می‌باشند، در شهرها تنوعی از هزاران لکه طبیعی و مصنوع را شامل می‌شوند که از مقیاس خرد تا کلان باید یک کلیت اکولوژیکی منسجم را تشکیل دهند(۲۷).

۱- هال به نقل از مک کی

سنندج معروف به شهر هزار تپه، در میان شهرهای ایران از لحاظ بستر طبیعی جایگاه ویژه ای دارد(۲۸). شهر نه تنها در یک جام فضایی بین ارتفاعات آبیدر (در غرب) و صلوات آباد (درشرق) قرار دارد، بلکه درون خود نیز بستری تپه‌ماهوری دارد (۲۵). در وضعیت کنونی، دستکم ۶۰ تپه در محدوده قانونی شهر وجود دارد که امکان تبدیل ۲۷ تپه از آن‌ها به فضای سبز و اکولوژیک وجود دارد (۳۷). در صورت تحقق مورد فوق، سرانه فضاهای سبز و کیفیت زندگی در سنندج را می‌توان تا حد قابل توجهی افزایش داد(۳۷). با وجود این، پژوهش‌های پیشین عمدتا به جنبه‌های دیگری از ظرفیت شهری تپه‌های سنندج پرداخته‌اند؛ به عنوان مثال: به عنوان فضاهای عمومی (۲۸)، کمک به برندسازی شهری (۲۹)، نقش آن‌ها در ایجاد تعامل تاریخی انسان با کوهستان (۳۰) و بررسی روابط شاخص‌های اکولوژیک و مفاهیم متناظر از دیدکاربران(۳۱). در این میان گرچه طرح ویژه سامان‌دهی تپه‌ها(۳۷) به عنوان یک سند بالادستی، حقی عمومی و الزامی قانونی را برای حفظ و ارتقای اکولوژیکی تپه‌ها فراهم کرده، اما به نظر می‌رسد مسائل اکولوژیکی با محوریت تپه‌ها در سنندج نیازمند مطالعات اختصاصی‌تر می‌باشد. در این راستا، این پژوهش با بررسی تغییرات اجزای ساختار اکولوژیک چهار تپه به کمک تصاویر ماهواره‌ایی در بازه ۱۶ ساله (۲۰۲۰-۲۰۰۴) وضعیت تپه‌ها را به صورت اختصاصی بررسی کرده است. همچنین در ادامه پژوهش قبلی نویسندگان(۳۱) تغییرات دو شاخص اکولوژیکی FRAC و CONTIGH، در چهار تپه مورد نظر بررسی می‌شود. برای نیل به این مهم، دو سوال زیر تبیین می‌شود:

سوال اول: باتوجه به طبقه‌بندی شی گرا اجزای ساختار اکولوژیک تپه‌های مطالعاتی در بازه ۲۰۰۴تا ۲۰۲۰ چه تغییراتی داشتند؟

سوال دوم: براساس رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین شاخص‌های پیچیدگی و پیوستگی چه تغییراتی در تپه‌های مطالعاتی داشتند؟

روش پژوهش

تپه‌های مورد مطالعه

در این پژوهش چهار تپه توس‌نوذر، ملت، دیدگاه و نیشتمان مطالعه شده است. این تپه‌ها از نظر توزیع فضایی و دسترسی موقعیت شهری ممتازی دارند. آن‌ها می‌توانند نقش مهمی در ارتقای کیفیت زیست‌پذیری شهری و همسایگی خود داشته باشند علاوه بر این، در اساس طرح جامع آینده شهر (پس از ۱۴۰۰)، آن‌ها به عنوان مکان‌هایی اجتماع‌پذیر مهم با ظرفیت اکولوژیکی قابل اعتنا تعریف خواهند شده‌اند (۳۷).

شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

Figure 1. Study area

تصاویر ماهواره‌ایی

جهت تهیه نقشه ساختار اصلی تپه‌ها تصاویر موجود تپه‌ها توسط نرم‌افزار گوگل مپ دانلودر[1] در گوگل ارث تهیه شد. این تصاویر مربوط به بازه ۱۶ ساله(۲۰۰۴-۲۰۲۰) بودند. تصاویر دوره اول (۱۳۹۹/۶/۲۰) با اندازه پیکسل یک متر و تصاویر دوره پایه (۱۳۸۳/۶/۲۵) با اندازه پیکسل یک و نیم متری تهیه شدند.

1- Google Maps Downloader

این پژوهش در طول پایان نامه ارشد نویسنده اول انجام وتا مورخ (۱۳۹۹/۶/۲۰) انجام شده است.

طبقه‌بندی تصاویر

پس از دریافت تصاویر در نرم‌افزار انوی[1] بررسی و در بخش طبقه‌بندی شده شی‌گرا[2] تصاویر موجود باتوجه به شکل، طیف و موقعیت فضای تصویر در شش دسته زیرطبقه‌بندی شد (جدول ۱).

پیشرفت‌های تکنولوژیک در قلمرو سنجش از دور، این امکان را ایجاد کرده‌اند که بتوان تصاویر ماهواره‌ای را به منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات محیطی پردازش و نتایج نهایی را به مدل‌سازی کرد (۳۲). محققان برای بررسی ساختار و اجزای مناظر در این تصاویر از روش‌های طبقه‌بندی برای گروه‌بندی پیکسل‌ها استفاده می‌کنند (۳۳). در میان روش‌های نظارت شده، نظارت نشده و شی‌گرا، روش شی‌گرا در تحلیل مناظر شهری مقبولیت بیشتری دارد، زیرا امکان استفاده توامان از داده‌های طیفی و اطلاعات بافتی را فراهم می‌کند (۳۴).

طبقه‌بندی شیءگرا یک فرایند مرحله‌ای است که کاربری‌های مدنظر را در سطوح ودسته‌بندی‌های مشخص به تصویر می‌کشد. این طبقه‌بندی بر منطق فازی استوار است و ارزش عوارض را به یک و صفر تبدیل می‌کند(۳۵). در نهایت درجه عضویت معین‌شده بر اساس سه فاکتور اصلی شکل، طیف و موقعیت فضای تصویر تپه‌های هدف طبقه‌بندی می‌گردد (۳۵).

شیءهای تصویری حاصل از فرآیند سگمنت سازی[3]، مبنای طبقه‌بندی شیءگرا هستند و دارای خصوصیات ویژه عوارض متناظرشان در سطح تصویراست (۳۶). در این تحقیق، معیارهای انتخاب سگمنت بر اساس مشاهدات می‌دانی و معیارهای مهمی همچون پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی شکل اعمال گردید؛ علاوه براین معیار مقیاس مناسب برای سگمنت‌سازی از ارزیابی حاشیه با ضریب ۴۸٪ و طیف ترکیب شیءها با ۵۶٪ شباهت در نرم‌افزار انوی استفاده گردید. صحت و دقت طبقه‌بندی صورت گرفته با ضریب کاپاٌسنجیده شد که باضریب کاپا سال ۸۳ (۰,۸۰) و سال ۹۹ (۰,۸۸) صحت طبقه‌بندی تایید شد.

شاخص‌های اکولوژی سیمای سرزمین

به تفکیک تصاویر سال‌های ۲۰۰۴ و۲۰۲۰چهار تپه مطالعاتی وارد نرم‌افزار $FRAGSTATS_{4,2}$ شد و شاخص‌های هدف پژوهش برای هردوسال محاسبه شد. خروجی‌های هریک از تپه‌ها به صورت محاسبات کمی بوده ودرقالب نمودارهای ستونی به بیان تغییرات این دوشاخص پرداخته شد. براساس روابط این شاخص‌ها، اعداد نزدیک به دو پیچیدگی بالاتر ونزدیک به یک سطح پیچیدگی کمتری را روایت می‌کند. وپیوستکی لکه‌های منظر بین صفرتایک نیز متغیرمی باشد.

1- ENVI 5.۳

2- Object-Oriented

۳- سگمنت به معنی گروهی از پیکسل های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) بین آنها مشترک است.

4- Kappa Coefficient

جدول۱-طبقات نقشه کاربری اراضی و اجزای منظر

Table 1. Classes of land use map and landscape components

ردیف	طبقه نقشه	اجزا و ویژگی‌های طبقه
۱	درختان و جنگل	انواع درختان با تاج پوشش مشخص به‌صورت انفرادی و متراکم
۲	مراتع و پوشش علفی	تمام موارد بوته‌ای یا علفی به‌صورت طبیعی یا پوشش مصنوعی چمن
۳	کشاورزی	مناطق مشخص دارای پوشش دیم، آبی و یا درختان مثمر
۴	خاک و پوشش سیمانی	راه و مسیرهای خاکی، مناطقی بدون پوشش یا پوشش ضعیف، همچنین معابر و پیاده‌روهای سیمانی
۵	راه‌های آسفالت	سطوح سفت و محکم آسفالت به عنوان حائل فضای طبیعی و توسعه ساختمان‌ها و کریدورهای نفوذی
۶	ساختمان‌ها	تمامی موارد مصنوع، شامل خانه‌ها و سوله‌های انسانی و حتی تأسیسات فلزی و بتنی مشخص؛ نشان‌دهنده حضور متمرکز فعالیت‌های انسانی

جدول۲- دوشاخص اصلی اکولوژی سیمای سرزمین در تپه‌های هدف[۱]

Table 2. The two main Metric landscape ecology in the target hills

شاخص	توضیح	رابطه	دامنه
پیچیدگی (FRAC)	توصیف میزان پیچیدگی‌های لکه	$\frac{2\ln(0.25\,P_{ij})}{\ln a_{ij}}$	$1 \leqq FRAC \leqq 2$
پیوستگی (CONTIG)	میزان مماس بودن و پیوستگی لکه‌ها	$\frac{\left[\frac{\sum_{r=1}^{z} c_{ijr}}{a_{ij}}\right]-1}{V-1}$	$0 \leqq CONTIG \leqq 1$

P_{ij}: محیط لکه‌های مورد نظر (متر)، a_{ij}: مساحت لکه‌های مورد نظر(مترمربع)، V: مجموع ارزش‌های عددی در پیسکل، C_{ijr}: ارزش مجاورت لکه‌ها

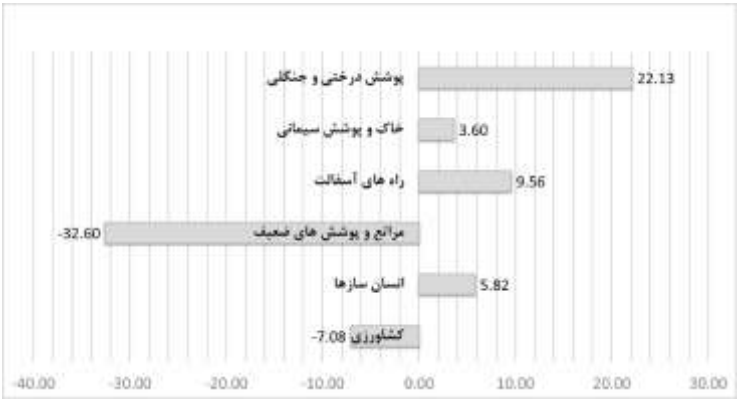
۱- جهت بررسی شاخص های اکولوژی سیمای سرزمین واین دوشاخص از سایت زیر که راهنمای نرم افزار فراگستیت است، استفاده شده است:
http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/Metrics/Metrics TOC.htm۲۰%

نتایج

بررسی ساختار اکولوژیک تپه‌های مطالعاتی

نتایج نشان می‌دهد که در مطالعه سه پوشش طبیعی (مراتع، درختان و کشاورزی) که ساختار اکولوژیکی تپه‌ها را تبیین می‌کند دچار تغییرات عمده و ساختاری بوده‌اند. به‌طورکلی تغییرات مراتع (پوشش‌های علفی و چمنی) در فاصله سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ در تپه‌های مورد مطالعه دارای رویه حذف‌شدگی به میزان ۳۲,۶۰ ٪ بوده‌اند، موضوع اخیر سبب شده که پوشش مرتعی از ۲۷,۸ درصد پوشش عمده به ۱۴ درصد جزء تشکیل‌دهنده سایت‌ها کاهش یابد. مسئله مدنظر جدای از حذف پوشش طبیعی سایت می‌تواند درجریان اکولوژیکی تپه‌های مطالعاتی اختلال جدی ایجاد کند. این مسئله در تپه توس‌نوذر با ۲۳ درصد کاهش قابل توجه است.

در مقابل طبقه‌بندی درختان در سه تپه به‌جز نیشتمان ۲۲٪ افزایش داشته است. یکی دیگر از اجزای تقلیلی در حاشیه تپه‌ها فعالیت کشاورزی در پی توسعه شهری و تغییر این اجزا به اراضی سخت (ساختمان و جاده) است. در این فرایند توسعه شهری به سمت تپه‌ها گسترش یافته و ساختار طبیعی تپه‌ها (شامل شکل و زیست‌گاه) به دلیل مداخلات انسانی گسترده (خاکبرداری و تسطیح) دچار تغییرات مشهود و به‌نوعی بازگشت‌ناپذیر شده‌اند. این حذف‌شدگی میزان ۷,۸ ٪ است که عموما اراضی کشاورزی (باغ) تبدیل به اراضی بایر شدند. درمقابل، افزایش ۳۸ درصدی آن در اراضی قعر و اطراف تپه توس‌نوذر قابل توجه است. همچنین، در این تپه‌ها سه جز پوشش‌های خاکی، آسفالتی و ساختمان رشد ۱۹٪ داشته است که نشان می‌دهد سهم مداخلات انسانی بسیار قابل توجه است. این موضوع با رشد ۹,۵۶٪ بیانگر حضور فزاینده خودرو در تپه‌ها دارد. در مقایسه افزایش پوشش خاکی در تپه‌ها با ۳,۶۰٪ این نگرانی را به وجود می‌آورد که مداخله در طبیعت و امکان تخریب آن بیشتر شده باشد. یکی از کاربری‌های مهم در داخل و حاشیه این چهار تپه توسعه ساختمان‌ها و بلوک‌های ساختمانی است. نتایج نشان می‌دهند که ۵,۸۲٪ بر وسعت این نوع کاربری افزوده شده است. ساخت و سازهای در این فضاها عموما ساخت و ساز بابرنامه قبلی و توسط طرح‌های توسعه بوده است (شکل ۲).



شکل۲- تغییرات اجزای اصلی تپه مطالعاتی در فاصله ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۹

Figure 2. Changes in the main components of the study hills between 2004-2020

تپه دیدگاه

مهمترین جز منظر تپه دیدگاه پوشش درختی آن است، ۳۸ درصد از پوشش گیاهی تپه را تشکیل داده و در طول بازه مطالعاتی، رشد ۳۹,۴۲ درصدی داشته است. نکته کلیدی تپه دیدگاه وجود تعداد قابل توجه‌ای از درختان برگ‌ریز (مثلا جوهر، زبان‌گنجشک و اقاقیا) است که جلوه زنده و تنوع اکولوژیکی به منظر آن داده است. حذف مساحت زیادی از مراتع و کشاورزی (عمدتا باغ) از شاخصه‌های اصلی تغییرات سال‌های اخیر تپه دیدگاه بوده است. مراتع این تپه، ۷۰ درصد معادل ۱۱۵ هزار مترمربع کاهش یافته است. در بازه ۱۶ ساله، تپه توسط سایت‌های دولتی و مسکونی محاط شده است و

پیروی آن تغییر اجزای طبیعی منظر بـه عناصـر انسـان‌سـاخت نسبتا محدود شده است؛ تنها ۱ ٪ به این بخش از اضـافه شـده است (جدول ۳ و شکل۲).

شکل۳-کاربری و اجزای منظر تپه دیدگاه چپ: ۱۳۸۳ راست: ۱۳۹۹

Figure 3. Landscape use and components of the Didghah hill Left: 2004 Right: 2020

تپه ملت

در این تپه پوشش درختـان بلنـد و بـرگ‌ریـز ۴۲٪ از مسـاحت سایت را به خود اختصاص داده است. رشد توسـعه درختـان در سطح تپه ملت ۳۵٪ در طول دوره بوده است. تراکم درختان (به دلیل کاشت نزدیک) درکنار نبود برنامه مدون نگهداری و نبـود هرس‌کاری اصولی، بر کاهش میزان نور دریافتی گونه‌هـای کـم ارتفاع‌تر موثر بوده است.

جدای از نکات منفی فوق، از نکات حائز اهمیـت در تپـه ملـت، توازن نسبی در توسعه و پراکنش عناصر انسان‌ساخت بوده است که تاحد زیادی یکدستی و شاخص بودن پوشش درختی در این تپه را حفظ است. در طی دوره مطالعه کـاهش وتغییـر -۳۹,۴۱ درصـدی (۴۵ هزارمترمربـع) پوشـش خـاکی و سـیمانی حـائز اهمیت است. عموما مراتع حـذف شـده ایـن سـایت هـم چـون پوشش خاکی جای خود را به عناصر انسان‌ساز با ۷هزارمترمربع افزایش و پوشش آسفالت با ۱۲ درصد تغییر، داده است.

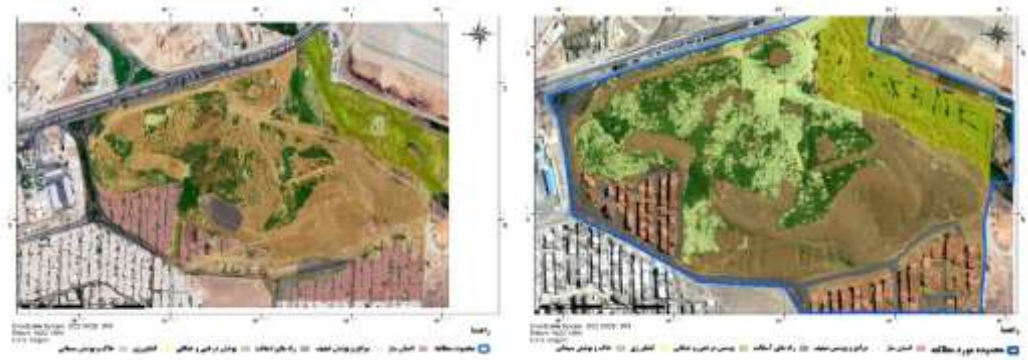
شکل۴-کاربری و اجزای منظر تپه ملت چپ: ۱۳۸۳ راست: ۱۳۹۹

Figure 4. Landscape use and components of the Melat hill Left: 2004 Right: 2020

تپه نیشتمان

بیشترین بخش از اجزای این تپه را پوشش خاکی تشـکیل داده است. این جز ۴۱ درصد از کل سایت را تشـکیل مـی‌دهـد کـه نسبت به سال۸۳ افزایش پیدا کـرده اسـت (۱۵٪). درخصـوص منظر تپه، بیشتر نگرانی متوجه کاهش پوشـش درختـی سـایت است که با توجه به خشکسالی‌های اخیر برخلاف سـایر تپـه‌هـا ۱,۴۶٪ مساحت این جز از بین رفته است. در این سال‌ها تمرکز

بر توسعه فضای سبز در قسمت‌های شمالی و شمال شرقی سایت بیشتر بوده است. اکنون ۸٫۵۴٪ تپه دارای کشاورزی و الگوهای کشت آبی است که پتانسیل خوبی برای ایجاد مناظر مطبوع درحاشیه رودخانه به‌شمار می‌رود. ساخت و سازهای انسانی در اراضی قعر تپه افزایشی از ۹٫۶۵٪ به حدود ۱۵ درصد (معادل ۵۸۳۰ هزار مترمربع) داشته است؛ به‌ویژه در شمال و شمال غربی سایت. کاهش ۲۵۰۰ مترمربع پوشش درختان درکنار افزایش ۱۵درصدی پوشش آسفالت و ۲۵ درصدی ساخت و ساز انسانی بیانگر مداخلات انسانی و احتمال تخریب گسترده جریان‌های اکولوژیکی در این تپه دارد.



شکل۵-کاربری و اجزای منظر تپه ملت چپ: ۱۳۸۳ راست: ۱۳۹۹

Figure 5. Landscape use and components of the Nishteman hill Left: 2004 Right: 2020

تپه توس‌نوذر

تپه توس‌نوذر بزرگ‌ترین تپه مورد مطالعه در این پژوهش است. در محدوده این تپه ده هزار متر مربع به مساحت ساخت و سازهای انسانی اضافه شده که نسبت به سال۸۳ سه درصد تغییر داشته است. به طورکلی، سوءمدیریت شهری و به‌طورخاص، توسعه شریان‌های پرتردد در اطراف محدوده قعر، تپه را محصور و به نوعی ایزوله نموده و آن را به جزیره‌ای ناکارآمد تبدیل کرده است. به عنوان مثال، در این ۱۶ سال، پوشش آسفالت در دورتا دور قعر این تپه افزایش ۲۸ هزارمترمربعی داشته است. ٪۱۳٫۸۵ رشد در مساحت پوشش درختی و جنگلی سایت با تمرکز بر قسمت غربی سایت قابل مشاهده است. یکی از اجزای مهم منظر تپه توس‌نوذر وجود پوشش مرتعی متراکم است که در سال‌های ۱۳۸۳ از ۳۵٫۴۴٪ مساحت منطقه به ۲۲٫۴۸ ٪کاهش‌یافته است. یکی از دلایل این کاهش افزایش آتش‌سوزی‌های متعدد در این تپه است. کشاورزی در این تپه در دوره زمانی مدنظر نه‌تن‌ها کاهشی نبوده، بلکه رشد مثبت را درپی داشته است؛ این مهم می‌تواند پدیده کشاورزی شهری را همچون پتانسیلی قابل بحث در تپه مطرح کند. درهرصورت، این باغات محدود به بخش جنوب شرقی تپه توس‌نوذراند و تنها ۱٪ کل مساحت این تپه را تشکیل می‌دهد.

شکل۶-کاربری و اجزای منظر تپه ملت چپ: ۱۳۸۳ راست: ۱۳۹۹

Figure 6. Landscape use and components of the Tos nozar hill Left: 2004 Right: 2020

جدول۳- درصد وتغییرات اجزای تشکیل‌دهنده تپه‌های مطالعاتی

Table 3. Percentage of changes in the components of study hills

اجزای تشکیل‌دهنده سایت	دیدگاه			ملت			نیشتمان			توس‌نوذر		
	درصد		درصد تغییرات	درصد		درصد تغییرات	درصد		درصد تغییرات	درصد		درصد تغییرات
	۱۳۹۹	۱۳۸۳		۱۳۹۹	۱۳۸۳		۱۳۹۹	۱۳۸۳		۱۳۹۹	۱۳۸۳	
کشاورزی	۰	۲،۵۸	۱۰۰	۰	۱،۰۹	-۱۰۰	۸،۵۴	۱۲،۱۴	-۱۲،۵۲	۲،۴	۱،۰۲	۳۸،۸۶
انسان‌سازها	۱۶،۳۶	۱۵،۰۷	۰،۷۹	۲۰،۹۱	۱۹،۷۶	۶،۳۷	۱۴،۵۸	۹،۶۵	۲۵،۱۱	۱۱،۵۴	۱۰،۴۷	۳،۳۳
مراتع	۴،۱۴	۲۵،۸۳	-۷۰،۷۹	۴،۱۱	۹،۴۴	-۳۶،۳۲	۷،۵	۱۶،۳۶	-۳۲،۷۳	۲۲،۴۸	۳۵،۴۴	-۲۳،۸۱
راه‌های آسفالت	۱۵،۸۴	۱۳،۲۲	۱۲،۲۱	۱۵،۸۲	۱۲،۸	۱۴،۰۵	۱۱،۷۵	۹،۴۹	۱۵،۵۷	۱۳،۵۶	۱۱،۲۶	۷،۷۳
خاک و پوشش سیمانی	۲۷،۶۴	۲۵،۶	۷،۰۷	۱۷،۰۸	۳۵،۱۹	-۳۱،۴۹	۴۱،۶۴	۳۴،۱۹	۱۴،۷۴	۳۷،۱۷	۳۲،۳۶	۵،۴
پوشش درختی و جنگلی	۳۸،۰۲	۱۷،۷	۳۹،۲۴	۴۲،۰۸	۲۱،۷۲	۳۵،۰۶	۱۵،۹۸	۱۸،۱۹	-۱،۴۶	۱۲،۸۵	۹،۴۳	۱۳،۸۵

تغییرات شاخص‌های اکولوژی

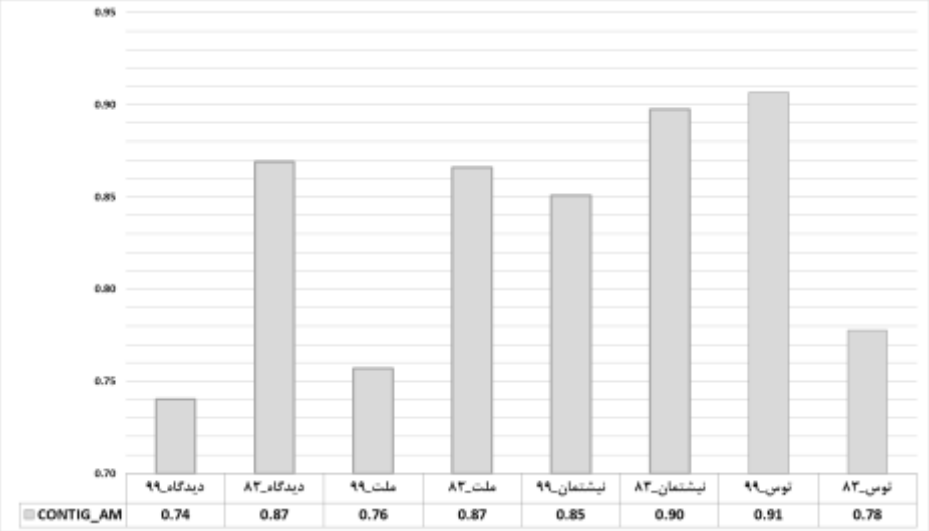
شاخص پیچدگی (FRAC)

این شاخص به توصیف میزان پیچیدگی‌های لکه‌های موجود در منظر می‌پردازد. افزایش واحد آن سبب پیچیدگی منظر اکولوژیک می شود. مطالعه و کمی‌سازی این شاخص نشان می‌دهدکه به طور کلی پیچیدگی لکه‌ها در سطح متوسط است. چنانچه براساس منطق این شاخص اعداد نزدیک به دو پیچیدگی بالاتر و نزدیک به یک سطح پیچیدگی کمتری را روایت می‌کند. گرچه این شاخص عموما در سایر تپه‌ها رشد بالایی داشته، اما ساده‌تر شدن اجزای طبیعی در منظر تپه‌توس نوذر باتوجه به ویژگی‌های اکولوژیکی خاص این تپه، این نکته بهتر است هشداری جدی برای مدیریت شهری تلقی شود.

شاخص پیوستگی (CONTIG)

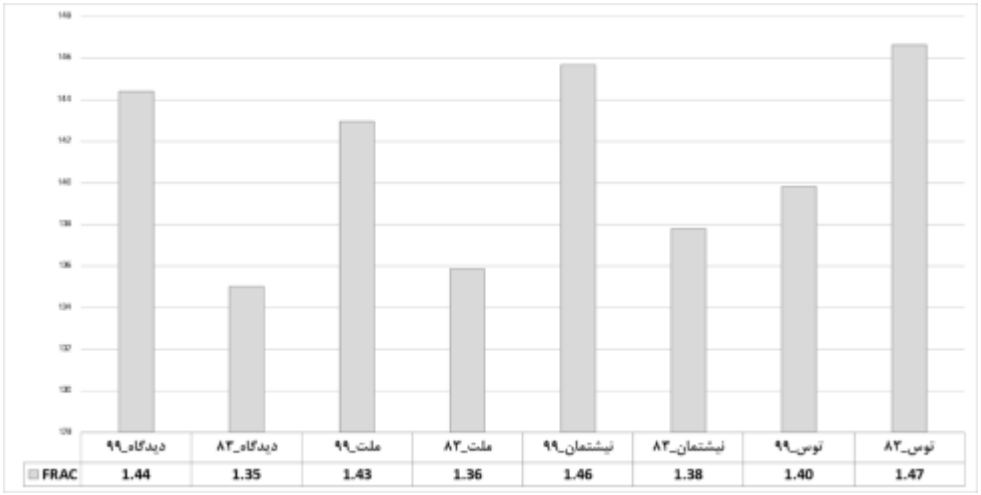
این شاخص نشان‌دهنده پیوستگی ساختار است و درمقابل تکه تکه شدن[1] مناظر تفسیر می‌شود. تحلیل اولیه از تغییرات شرایط موجود نشان می‌دهد در کل این دوره ۱۶ ساله، پیوستگی در عموم تپه‌ها در حال کاهش بوده است. به‌ویژه در تپه‌های دیدگاه و ملت. این تغییرات ناشی از مداخله بیشتر اجزای انسانی منظر در سطح تپه‌ها است. از نظر آماری همگن‌ترین لکه‌های منظر متعلق به تپه توس نوذر است که افزایش قابل توجهی نسبت به سایر تپه‌های دیگر داشته است. اما از لحاظ کیفی، این همگنی عموما درجهت جایگزینی پوشش‌های گیاهی توسط پوشش خاک و سایر پوشش‌های با بازدهی اکولوژیک محدود بوده است.

1- Fragmentation



شکل۷-تغییرات شاخص FRAC در دوره زمانی ۱۳۸۳ ۱۳۹۹

Figure 7. Changes in the FRAC Metrices in the period 2004-2020



شکل۸-تغییرات شاخص CONTIG در دوره زمانی ۱۳۸۳ ۱۳۹۹

Figure 8. Changes in the CONTIG Metrices in the period 2004-2020

جدول۴- جمع‌بندی تغییرات منظر در تپه‌های مطالعاتی براساس شاخص‌های FRACو CONTIG

Table 4. Summary of changes in the landscape of the hills based on FRAC and CONTIG metrics

ویژگی	توس نوذر		نیشتمان		ملت		دیدگاه	
شاخص	پیچیدگی	پیوستگی	پیچیدگی	پیوستگی	پیچیدگی	پیوستگی	پیچیدگی	پیوستگی
وضعیت	کاهش	افزایش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش
دلیل	آتش‌سوزی‌ها، خشکسالی و مداخلات انسانی سبب حذف گونه‌های طبیعی و کاهش پیچیدگی والبته افزایش پوشش‌های همگن مانند خاک با تبدیل این اجزا به هم شده‌اند.		مداخلات انسانی و حذف درختان، تکه‌تکه شدن لکه‌ها را تشدید کرده است. میزان پیچیدگی به سبب حفظ گونه‌های با ارزش مخصوصا در مجاورت لبه آب رود قشلاق در جبه جنوبی مطلوب است.		مداخلات بیشتر شده اما سطح پیچیدگی و پیوستگی این تپه در حد متوسط (نرمال) باقی مانده است. مداخلات و تکه تکه شدن اجزای منظر، کیفیت پیچیدگی لکه‌ها را تهدید نکرده است.		سطح پیوستگی و پیچدگی درحد متوسط (نرمال) است. گرچه نسبت به تپه ملت، تکه تکه شدن اجزای منظر شدت بیشتری دارند، اما اجزای باقی مانده از سطح پیچیدگی غنی برخوردار هستند.	
پیشنهاد	- کنترل مداخلات انسانی و طرح‌های توسعه از منظر اکولوژیک و زیست‌محیطی - تقویت پوشش‌های بوته‌ای و پیچیده‌تر		- کنترل مداخلات انسانی و طرح‌های توسعه از منظر اکولوژیک و زیست‌محیطی - تقویت عناصر طبیعی هماهنگ با لبه رودخانه		- کنترل مداخلات انسانی و طرح‌های بهره‌برداری در راستای حفظ و ارتقای وضع موجود - تقویت همگنی دررابطه با اجزای دور افتاده ازهم		- کنترل مداخلات انسانی و طرح‌های بهره‌برداری در راستای حفظ و ارتقای وضع موجود - تقویت همگنی دررابطه با اجزای دور افتاده ازهم	

نتیجه‌گیری

مداخلات و تخریب‌های پیوسته انسان در طبیعت موجب تسلط بیشتر شبکه‌های مصنوع بر ساختارها و فرایندهای اکولوژیکی شده است. تپه‌های سنندج یکی از اجزای اصلی ساختار اکولوژیک شهر است. برای هرنوع تصمیم‌گیری پایدار درخصوص این تپه‌ها، شناسایی دقیق وضعیت کنونی و روند تغییرات در آن‌ها ضروری و راهگشا است. دراین پژوهش به‌منظور بررسی تغییرات ساختار اکولوژیک در چهار تپه مهم (به عنوان نمونه موردی) سعی شد به دو پرسش با دو روش اکولوژیکی پاسخ داده شود.

درپاسخ به پرسش اول، می‌توان گفت که در طول ۱۶ ساله این تحقیق (۱۳۸۳ تا ۱۳۹۹) شیوه مدیریت شهری و تلاش برای حفظ اراضی سبز و طبیعی در این تپه‌ها، متناسب با تغییرات آن‌ها نبوده است. چنانچه افزایش ساخت و سازهای انسانی و پوشش‌های آسفالت نشان از احتمال تخریب ساختار اکولوژیکی تپه‌ها و افزایش مداخلات انسانی غیر پایدار دارد. چنانچه با حذف ۳۲ درصد از مراتع وگونه‌های بوته‌ایی مانندگون، زیست بوم و اکولوژی این تپه‌ها با احتمال خطر روبرو شده است. این کاهش درتپه توس‌نوذر به عنوان مهم‌ترین تپه از نظر اسناد توسعه، بیانگر ضرورت اقدام علمی و اصولی از سوی مدیریت شهری دارد. در این میان، وضعیت تپه نیشتمان نیز شکننده است. به‌طوریکه در این تپه کاهش پوشش درختان به میزان ۲۵۰۰ مترمربع (۲درصد مساحت تپه) در مقایسه با رشد عناصر انسان‌ساخت بیانگر فروافت معناداری در جریان‌های اکولوژیکی است.

درپاسخ به سوال دوم، می‌توان گفت که میزان پیچیدگی لکه‌های منظر در همه تپه‌ها به‌جز توس نوذر افزایش داشته است. همچنین، پیوستگی درهمه تپه‌ها به‌جز تپه توس نوذر کاهش یافته است. گرچه این تحلیل‌های کمی به تنهایی نمی‌توانند بیانگر وضعیت تپه توس نوذر باشند. تدقیق آن‌ها با مطالعات و مشاهدات می‌دانی نشان می‌دهد که اجزای منظر در این تپه در عین حال که نسبت به سه تپه دیگر همگن ارزیابی شده‌اند، اما به نوعی اجزای طبیعی آن از هم گسیخته شده‌اند.

عدم نگاه اکولوژیک در مدیریت شهری و توجه نداشتن به تپه‌ها به عنوان یک جز از کلیت اکولوژیکی شهر سنندج، نه تنها چهره و منظر تپه‌ها را مخدوش کرده، بلکه سبب تمرکزگرایی مداخلات و فعالیت‌ها در بخش‌های مشخصی از این تپه‌ها و به تبع آن انقطاع در جریان‌های اکوسیستم در کلیت تپه و شهر شده است. دراین میان براساس طرح ویژه تپه‌ها (۱۳۹۸) شهروندان و سمن‌ها می‌توانند نقش تعیین‌کننده در رصد فعالیت‌ها و حفاظت از تپه‌ها داشته باشند.

باتوجه به مطالعات این مقاله، درزمینه منظر اکولوژیک تپه‌های سنندج، پژوهش‌های علمی منتشر شده‌ای بسیار کمی وجود دارند. ازاین رو، این مقاله می‌توانند نقطه آغازی برای پژوهش‌های آینده باشد. برای بررسی‌های آتی ساختار اکولوژیکی در سایر تپه‌ها، پیش‌بینی روند تغییرات در سال‌های آینده وهم چنین بررسی شاخص‌های اکولوژیکی به صورت مکانی-زمانی پیشنهاد می‌شود.

References

1. Rapoport A. Human aspects of urban form: towards a man-environment approach to urban form and design [text]. Oxford؛ New York: Pergamon Press؛ 1977.
2. Wu J, Hobbs R. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis. Landscape Ecology. 2002؛ 17(4): 355-65.
3. Turner MG, Gardner RH. Landscape ecology in theory and practice: pattern and process [text]. New York, NY: Springer,؛ 2015.
4. Chang Q، Su W-X، Wang H. Research progress on application of landscape ecology in landscape architecture. Ying yong sheng tai xue bao. 2019؛ 30:3991-4002.
5. Snep R, Opdam P. Integrating nature values in urban planning and design. Urban ecology. 2010:261-86.
6. Frank S, Fürst C، Koschke L, Makeschin F. A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. Ecological Indicators. 2012؛ 21:30-8.
7. Leitao AB، Ahern J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. Landscape and urban planning. 2002؛ 59(2): 65-93.
8. elik F. Ecological Landscape Design. 2013.
9. Chen J. Key topics in landscape ecology. Choice: Current Reviews for Academic Libraries. 2008؛ 45(5): 842.
10. Norton B, Evans K, Warren P. Urban Biodiversity and Landscape Ecology: Patterns, Processes and Planning. Current Landscape Ecology Reports. 2016؛ 1:178–92.
11. Wu J, He C, Huang G, Yu D. Urban Landscape Ecology: Past، Present, and Future. Landscape Ecology for Sustainable Environment and Culture. 2013:37-53.
12. Kapoor N, Jain M، Bansal V. GIS-Based Framework for Local Spatial Planning in Hill Areas. International Review for Spatial Planning and Sustainable Development. 2019؛ 7:113-30.
13. Hall P. Cities of tomorrow: an intellectual history of urban planning and design since 18802014.
14. Milovanović A، Rodić DM, Maruna M. Eighty-year review of the evolution of landscape ecology: from a spatial planning perspective. Landscape Ecology. 2020:1-21.

15. Chen X,، Xu D, Fadelelseed S، Li L. Analysis on Landscape Ecological Design in Landscape Architecture. Research in Ecology. 2019؛ 1.
16. Groom G, Mücher C, Ihse M، Wrbka T. Remote sensing in landscape ecology: experiences and perspectives in a European context. Landscape Ecology. 2006؛ 21(3): 391-408.
17. Newman E, Kennedy M, Falk D، McKenzie D. Scaling and Complexity in Landscape Ecology. Frontiers in Ecology and Evolution. 2019؛ 7:293.
18. Naveh Z، Lieberman AS. Landscape ecology: theory and application: Springer Science & Business Media؛ 2013.
19. Hong SK, Song IJ, Kim HO, Lee EK. Landscape pattern and its effect on ecosystem functions in Seoul Metropolitan area: urban ecology on distribution of the naturalized plant species. J Environ Sci (China). 2003؛ 15(2): 199-204.
20. Hokema D, Koura H, Jiraprasertkun C، Makhzoumi J. International Concepts of Landscapes، Theory Basis. In: Bruns D, Kühne O, Schönwald A, Theile S, editors. Landscape Culture - Culturing Landscapes: The Differentiated Construction of Landscapes. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden؛ 2015. p. 67-126.
21. Downey I, Petch J. Landscape ecology as an operational framework for environmental GIS: Zdarske Vrchy, Czechoslovakia. Landscape ecology as an operational framework for environmental GIS: Zdarske Vrchy, Czechoslovakia. 1991:151-8.
22. Zonneveld IS. Land ecology: an introduction to landscape ecology as a base for land evaluation، land management and conservation. Amsterdam: SPB Academic Publishing؛ 1995. xii، 199 p. p.
23. Lopez RD, Frohn RC. Remote sensing for landscape ecology: monitoring، modeling, and assessment of ecosystems. Second edition. ed2020. xv، 269 pages p.
24. Dramstad WE, Forman RTT, Olson JD. Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning. Cambridge؟ Mass. American Society of Landscape Architects؛ 1996.80 p. p.
25. Zhai D, Xia H. Research on Land Use Ecological Security Pattern Construction of Hilly Cities in Hunan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019؛ 330:032080.
26. Barrett GW, Barrett TL, Wu J, SpringerLink (Online service). History of landscape ecology in the United States [text]2015. Available from: SpringerLink - Full text online
27. Zexin L, Bo L, Rong W, Zhi L. Study on Fractal Characteristics of Hilly City. Journal of Applied Sciences. 2013؛ 13:1155-9.
28. Bahrami B, Bahrainy S, Diba D. Spatial Organization of Public Space in Hilly Settlements، Case Study: Sanandaj Hills (Text in Persian). 2013؛ 6:35-48.
29. Falahatkar H, Aminzadeh B. The sense of place and its influence on place branding: a case study of Sanandaj natural landscape in Iran. Landscape Research. 2017؛ 45(1): 123-36.
30. Alizadeh H, Bahrami B، Farahani LM. Geophysical setting and urban form of a traditional city: examination of the Kurdish city of Sanandaj, Iran. Proceedings of the Institution of Civil

Engineers-Urban Design and Planning. 2019؛ 172(6): 237-47.

31. Zandsalimi M, Bahrami B. Examining of visual assessment relations and ecological Metrics in the landscape of Sanandaj hills Journal of Environmental Science Studies. 2021؛ 6. (In Persian)
32. Wang Z, Wei W, Zhao S, Chen X, editors. Object-oriented classification and application in land use classification using SPOT-5 PAN imagery. IGARSS 2004 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium؛ 2004: IEEE.
33. Shao G, Wu J. On the accuracy of landscape pattern analysis using remote sensing data. Landscape Ecology. 2008؛ 23(5): 505-11.
34. Hong L, Zhang M. Object-oriented multiscale deep features for hyperspectral image classification. International Journal of Remote Sensing. 2020؛ 41(14): 5549-72.
35. Goldblatt R, You W, Hanson G، Khandelwal AK. Detecting the boundaries of urban areas in india: A dataset for pixel-based image classification in google earth engine. Remote Sensing. 2016؛ 8(8): 634.
36. Eckert S, Ghebremicael ST, Hurni H, Kohler T. Identification and classification of structural soil conservation measures based on very high resolution stereo satellite data. Journal of environmental management. 2017؛ 193:592-606.
37. Bahrami, B, Irandoost, K & Alizadeh, H. Spatial planning for hills of Sanandaj: organizing green and open spaces, creating public spaces, and considering the natural landscape (in Persian).2019،DOI: 10.13140/RG.2.2.16904.03841,