

ارزیابی کمی ارتباط و پیوستگی لکه‌های جنگلی با استفاده از شاخص‌های دسترسی به زیستگاه در شهرستان ایلام

انیس جعفری^۱

فرشاد کیوان بهجو^۲

محمد احمدی^۳

رئوف مصطفی زاده^{۴*}

raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: تخریب و از هم گسیختگی اکوسیستم‌های محلی چالش‌های جدی را در مدیریت و حفاظت سیمای سرزمین مطرح نموده است و نتایج و تأثیرات بسیار زیادی را در فرآیندهای متفاوت اکولوژیک دارد. تفکیک زیستگاه و تغییر آن باعث ایجاد زیستگاه‌های تکه تکه شده و تشکیل لکه‌های مجزا و کوچک‌تر می‌شود. هدف تحقیق حاضر ارزیابی ارتباط و پیوستگی لکه‌های جنگلی با استفاده از شاخص‌های دسترسی به زیستگاه در جنگل‌های شهرستان ایلام با استفاده از نرم‌افزار CONEFOR Sensinode 2.2 است.

روش بررسی: پس از تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش جنگلی منطقه، با استفاده از نرم‌افزار CONEFOR Sensinode شاخص‌های پیوستگی کل (IIC)، احتمال پیوستگی (PC)، تعداد لینک‌ها (NL) و سهم هر لکه در پیوستگی (PCconnector) برای تعیین اهمیت لکه‌ها در پیوستگی زیستگاه محاسبه شدند.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان دادند که مقدار شاخص تجمعی پیوستگی در پوشش جنگل کم‌تراکم به‌طور متوسط برابر ۰/۲۶ است، در حالی که پوشش جنگلی نیمه‌انبوه و انبوه به ترتیب برابر ۰/۰۲ و ۰/۰۴ است. هم‌چنین بیش‌ترین همبستگی مثبت معنی‌دار ($p < 0.01$) میان مناطق متصل موجود در گره‌ها و احتمال پیوستگی لکه‌های مربوط به هر پوشش وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری: در مجموع می‌توان گفت مقادیر شاخص‌های پیوستگی و دسترسی زیستگاه در منطقه مورد مطالعه به میزان بسیار پایینی بوده و هم‌چنین میزان ارتباط لکه‌های جنگل ضعیف بیش‌تر از جنگل متوسط و خوب است.

واژه‌های کلیدی: سیمای سرزمین، پیوستگی زیستگاه، ارتباط لکه‌ها، تئوری گراف.

۱ - دانشجوی کارشناسی‌ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲ - استاد گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳ - دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۴ - دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. * (مسئول مکاتبات)

Quantifying the links and connectivity of forest patches through habitat availability metrics in Ilam city

Aniss Jafari¹

Farshad Keivan-behjou²

Mohammad Ahmadi³

Raof Mostafazadeh^{4*}

raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

Admission Date: May 24, 2017

Date Received: February 3, 2017

Abstract

Background and Objective: The degradation and fragmentation of native ecosystems causes a serious challenge in the management and conservation of landscape, which have a great impact on different ecological processes.

Habitats and changing habitats it creates a continuous separation and the formation of a separate, smaller spots. The aim of this study is evaluating forest patches connection with the use of indicators of access to habitat of Ilam city forests using CONEFOR Sensinode 2.2 software.

Method: The forest land cover of the study area was used to calculate the connectivity indices including Integral index of connectivity (IIC), probability of connectivity (PC), the number of links (NL) and contribution of patch in connectivity (PCconnector) to determine the importance of continuity of habitat patches.

Findings: The results showed that the value of Integral index of connectivity was 0.26 in low density forest. While, the IIC value were 0.02 and 0.04, in moderate and dense forest land cover, respectively. Also, the highest positive significant correlation ($p < 0.01$) had exist between connected areas and connection probability of different patches of each land cover.

Discussion and Conclusions: In general, the values of habitat accessibility and connectivity indices were too low in the study area. As well as the relationship between moderate and good forest patches were so weak in the forest landscape.

Keywords: Landscape, Habitat connectivity, Patch links, Graph theory.

1 - M.Sc Student in Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

2 - Professor, Dept. of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

3 - Associate Professor, Dept. of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

4 - Associate Professor, Dept. of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran. **(Corresponding Author)*

مقدمه

اکوسیستم‌های طبیعی متشکل از عناصر مختلف و پویایی است که تحت تاثیر فعالیتهای انسانی دچار تغییر شده اند. اطمینان از پیوستگی سیمای سرزمین و امکان جابجایی و پراکندگی گونه‌های گیاهی و جانوری باعث افزایش انعطاف‌پذیری اکوسیستم و در نتیجه کاهش تأثیرات منفی تکه تکه شدن زیستگاه و تغییرات اقلیمی می‌شود (۱). فعالیتهای انسانی، تغییر کاربری اراضی، احداث جاده، و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در فرآیندهای اکولوژیک به وجود آورده است و باعث هدررفت منابع آب و خاک شده است (۲، ۳ و ۴). اکوسیستم‌های انسان ساخت جایگزین اکوسیستم‌های طبیعی شده و ضمن ورود گونه‌های غیربومی مساحت جنگل‌های طبیعی کاهش یافته و مناطق باقیمانده عمدتاً کوهستانی یا دارای شیب تند هستند. مهم‌ترین تغییرات مکانی حاصل از فعالیتهای انسانی بروز تغییر در سیمای سرزمین و از هم گسیختگی آن است که از بارزترین تهدیدات تنوع زیستی جهان محسوب می‌شود (۵ و ۶). سیمای سرزمین از اجزای مجزایی به نام لکه تشکیل شده است که این لکه‌ها در واقع مناطق نسبتاً همگن‌اند که با محیط پیرامون خود متفاوت هستند (۷). به‌طور کلی، لکه‌ها دارای مرزهای قابل تشخیص و ویژگی‌های مکانی ویژه‌ای هستند که می‌توانند به‌وسیله متغیرهای درونی از نظر ساختاری توصیف شوند (۸). تراکم، ترکیب گونه‌ای و مجاورت در یک لکه جنگلی نمونه‌هایی از این موارد هستند. آرایش و تعداد لکه‌های مختلف باعث ایجاد ناهمگنی در سیمای سرزمین شده و ناهمگنی سیمای سرزمین یا توزیع مکانی و آرایش لکه‌ها در سیمای سرزمین از نظر تأثیر بر تعامل درون گونه‌ای و بین گونه‌ای میان لکه‌ها حائز اهمیت است (۹). تبدیل پوشش یا زیستگاه‌های خاص به قطعات کوچک‌تر و منفصل باعث کاهش پایداری و زیست‌پذیری آن‌ها می‌شود (۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳). تخریب و از هم گسیختگی اکوسیستم‌های محلی چالش‌های جدی را در مدیریت و حفاظت سیمای سرزمین مطرح می‌کند که نتایج و تأثیرات بسیار زیادی را در فرآیندهای متفاوت اکولوژیکی دارد. از هم

گسیختگی بیش‌تر در نتیجه فعالیتهای انسانی مانند توسعه کشاورزی و افزایش وسعت مناطق شهری در سیمای سرزمین به وجود می‌آید که از طریق تغییر در توزیع فضایی عناصر ساختاری منجر به کاهش پیوستگی در سیمای سرزمین و هم‌چنین، کاهش میزان چرخه مواد، انرژی و جانداران می‌شود (۱۴). با توجه به محدود بودن زمان و منابع، نیاز به شناسایی و درک روابط بین طرح‌های توسعه‌ای و فرآیندهای اکولوژیک وجود دارد (۱۵ و ۱۶). بیش‌تر اکوسیستم‌های طبیعی به قطعات کوچک‌تری تقسیم شده‌اند که به این قطعات باقی مانده لکه^۱ یا قطعه گفته می‌شود که از طرق مختلفی تشکیل می‌شوند. پیوستگی مفهومی است که در بطن بوم‌شناسی سیمای سرزمین قرار می‌گیرد (۱۷) و یک اندازه‌گیری است که به توصیف مقدار ارتباط یا پیوستگی مکانی زمینه زیستگاهی می‌پردازد (۱). در این رابطه، پیوستگی سیمای سرزمین به درجه ایجاد سهولت یا محدودیت سیمای سرزمین برای جابجایی در میان لکه‌های مختلف اطلاق می‌شود. این تعریف بر نوع، مقدار و آرایش زیستگاه‌ها یا کاربری اراضی در سیمای سرزمین بر جابجایی و در نهایت بر پویایی جمعیت و ساختار جوامع تأکید می‌کند (۱۸). پیوستگی باعث ارتباط جمعیت‌های جدا از نظر مکانی می‌شود (۱۹). از دست دادن زیستگاه و تغییر آن باعث شکسته شدن زیستگاه‌های پیوسته به یک سری از لکه‌های تکه تکه شده کوچک‌تر می‌شود. این امر باعث افزایش جدا افتادگی بین لکه‌های زیستگاهی باقیمانده می‌شود (۲۰). مفهوم دسترسی زیستگاه (قابلیت دسترسی) به‌عنوان پیوستگی، یکپارچه سازی نواحی لکه‌های زیستگاه و ارتباط بین لکه‌های مختلف اطلاق می‌شود. بنابراین، اگر لکه‌های زیستگاه ارتباط ضعیفی داشته باشند در دسترس بودن یک زیستگاه برای یک گونه ممکن است کم باشد (۲۱) که با تعریف دقیق و مرسوم پیوستگی که تنها ارتباط بین لکه‌های متفاوت را به کار می‌گیرد، متفاوت است. پیشنهاد شده است که پیوستگی سیمای سرزمین باید در یک مفهوم کلی‌تر زیستگاه در دسترس به‌منظور موفقیت یکپارچه در برنامه‌های کاربردی حفاظت

سیمای سرزمین در نظر گرفته شود (۲۲). قابلیت دسترسی زیستگاه شامل (پیوستگی درون لکه‌ای)، و ارتباط قوی بین لکه‌های مختلف (پیوستگی بین لکه‌ای) یا اغلب ترکیبی از هر دو باشد (۲۳). حفظ پیوستگی برای عملکرد مناسب اکوسیستم بسیار مهم است (۲۴). پس اقدامات حفاظتی مربوط به پیوستگی می‌تواند عملکردهای اکوسیستم را تضمین و خدمات اکوسیستمی و سود اجتماعی - اقتصادی را فراهم کند (۹). کرمی و فقهی (۱۳۹۰) به بررسی ساختار اولیه سیمای سرزمین و روند تغییرات آن در آینده و همچنین اهمیت ناحیه رویشی زاگرس، در استان کهگیلویه و بویراحمد پرداختند. نتایج نشان داد که هر چه درصد و تراکم مناطق مسکونی در منطقه بیش‌تر باشد، تراکم لکه افزایش می‌یابد، سنجه شکل لکه‌ها افزایش می‌یابد، اندازه لکه کاهش می‌یابد و اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین هم کاهش می‌یابد. همچنین سنجه درصد پوشش اراضی نشان داد که بیش‌ترین درصد کاربری‌ها به ترتیب مربوط به کاربری‌های جنگلی، مرتعی و کشاورزی است (۱۵). Saura و Pascual Hortal (۲۰۰۷) عملکرد شاخص PC^۲ (احتمال پیوستگی) را با مجموعه‌ای از ۱۳ شاخص متداول در یکپارچه‌سازی پیوستگی در برنامه‌های کاربردی برنامه‌ریزی سیمای سرزمین ارزیابی نمودند و مشخص شد که شاخص مذکور تنها شاخصی است که به‌طور منظم تمام الزامات را انجام می‌دهد، برخی از محدودیت‌های دیگر شاخص‌های در دسترس را ندارد. در این تحقیقات احتمال پیوستگی در منطقه گوساوک^۴ (*Accipiter gentilis*) در کاتالونیا (شمال شرقی اسپانیا) در شناسایی مناطق زیستگاهی با پیوستگی بیش‌تر سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گرفت و برای سنجش میزان تأثیر و بهبود توانایی‌های شبکه مناطق حفاظت شده (۲۰۰۰) برای حفظ این زیستگاه‌های حساس ارزیابی شد (۲۳). Bodin و Saura (۲۰۱۰) یک چارچوب یکپارچه برای مشخص کردن لکه‌های مهم در حفظ پراکندگی گونه‌ها و جریان‌های اکولوژیکی مهم مؤثر در پیوستگی ارائه

نمودند و شیوه‌های حذف لکه‌های آزمایشی و روش‌های تحلیلی شبکه برای یک چارچوب مدل‌سازی یکپارچه برای ارزیابی نقش لکه‌های منحصر به‌فرد به‌عنوان ایجاد کننده پیوستگی را به کار گرفتند و بر تجزیه و تحلیل سنجه‌های دسترسی به زیستگاه PC و IIC^۵ و متریک‌هایی شبکه تمرکز کردند. این پژوهش نشان داد چارچوب پیشنهادی می‌تواند تصمیم‌گیری آگاهانه اکولوژیک در مدیریت سیمای سرزمین‌های تکه تکه شده را تسهیل کند (۲۵). Baranyi و همکاران (۲۰۱۱) به‌منظور نحوه ارزیابی ترتیب رتبه‌بندی لکه‌های حاصل از شاخص‌های متفاوت از یکدیگر و شناسایی شاخص‌ها به صورت کمی و دیگر شاخص‌های منحصر به فرد به تجزیه و تحلیل مجموعه‌ای از سیزده شاخص نموداری معمول استفاده شده و شبکه جنگل زیستگاه گوساوک در شمال شرقی اسپانیا پرداخته شد. نتایج نشان داد که بیش‌تر تغییرپذیری در رتبه‌بندی لکه‌ها را می‌توان با تنها سه شاخص شبکه محاسبه نمود. بخش متصل کننده شاخص‌های جدایی‌ناپذیر پیوستگی (IIC) و احتمال پیوستگی (PC) و برجسته بودن مرکزیت (BC) که به صورت کاملاً منحصر به‌فرد با تمرکز بر عملکرد لکه‌های زیستگاه به‌عنوان عناصر اتصال دهنده بین دیگر مناطق زیستگاه بودند (۲۶). به منظور افزایش بازده تلاش‌های نظارتی و حفاظتی، تعیین مناطق کلیدی و عناصر سیمای سرزمین نقش مهمی در عملکرد موزاییک زیستگاه بازی می‌کند. به‌طور ویژه، مدل‌های شبکه‌ای به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی نقش عناصر سیمای سرزمین در حفظ پیوستگی‌ها و تغییرات پیوسته اکولوژیکی استفاده می‌شوند. با این حال برنامه‌های نظارتی و حفاظتی تعداد بی‌شماری از شاخص‌های ارتباطی (شبکه) را پوشش می‌دهند بدون این که از تفاوت‌های آن‌ها برای توصیف اهمیت لکه‌های زیستگاه‌های منحصر به‌فرد در سیمای سرزمین‌های تکه تکه شده آگاه شد (۲۶). حفاظت آب و خاک، تولید گیاهان دارویی، تولید اکسیژن، کاهش آلاینده‌ها، تعدیل آب و هوا و حفظ ذخایر ژنتیک گیاهی و جانوری

4- Goshawks

5- Integral Index of Connectivity

1- Intrapatch

2- Interpatch

3- Probability of Connectivity

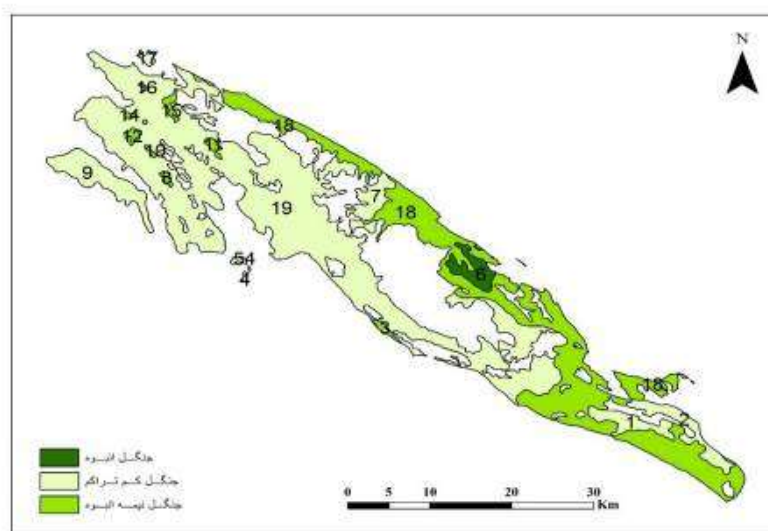
و با شهرستان‌های ایوان، شیروان و چرداول، بدره، مهران و کشور عراق همسایه است (۲۹). جنگل‌های استان ایلام حدود ۶۴۲ هزار هکتار از کل استان را در بر می‌گیرد که جزء جوامع جنگلی مناطق خشک و نیمه‌خشک سلسله جبال زاگرس است (۳۰). تیپ غالب آن گونه بلوط ایرانی *Quercus brantii* Lindl با ۹۰٪ ترکیب گونه‌ای و گونه‌های همراه آن عبارتند از: گونه پسته وحشی (بنه) *Pistacia atlantica* با ۶٪ و ۴٪ بقیه ترکیب گونه‌ای را بادام کوهی، داغداغان، کیکم، بادامک و زالزالک تشکیل می‌دهد. جنگل‌های استان ایلام شامل ۲۵۹۴ هکتار جنگل انبوه، ۲۱۱۰۸۴ هکتار جنگل نیمه انبوه، ۴۱۶۷۹۵ هکتار جنگل تنک، ۷۲۰۶ هکتار بیشه زار و ۳۹۸۸ هکتار دست کاشت است. درختان بنه در استان ایلام در سطح ۲۰۵۱۵۳ هکتار (۳۱ درصد) از جنگل‌های استان گسترش دارند. در استان ایلام گونه‌های جنگلی مورد، زربین، ارغوان، سماق، گلابی وحشی، بادام، لرگ، پده، محلب، زبان گنجشک با نام ذخیره‌گاه جنگلی در ۱۷ منطقه با مساحت ۹۰۰ هکتار، در استان قرار دارد (۳۱). شهرستان ایلام در محدوده‌ای از کوه‌ها و ارتفاعات جنگلی استقرار یافته که دارای آب و هوای معتدل کوهستانی با میانگین بارش سالیانه ۶۱۹/۵ میلی‌متر و متوسط دمای مطلق آن از ۱۳/۶- تا ۴۱/۲ درجه سانتیگراد در تغییر است. در شکل ۱، نقشه پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

کارکردهای مهم جنگل‌های زاگرس هستند (۲۷). جنگل‌های ایلام به علت واقع شدن در گستره اقلیمی نیمه‌خشک کشور حساسیت زیادی نسبت به عملکردها و کارکردهای مورد انتظار به دلیل مهیا بودن پتانسیل‌های طبیعی و انسانی تخریب در آن وجود دارد (۲۸). متأسفانه این اکوسیستم‌ها، به دلایل مختلفی از جمله تبدیل اراضی، بهره‌برداری‌های بی‌رویه، چرای دام، آتش‌سوزی، برداشت چوب و غیره در معرض خطر تخریب قرار گرفته و روز به روز از تعداد و کیفیت گونه‌های گیاهی و جانوری آن کاسته می‌شود. راهکارهای مقابله با تخریب در جنگل‌های زاگرس قرق، استقرار برج‌های دیدبانی در مناطق حساس به آتش‌سوزی، توسعه کشت گیاهان دارویی، مشارکت مردمی و تغییر شیوه معیشت جنگل‌نشینان است. در این راستا هدف تحقیق حاضر ارزیابی پیوستگی لکه‌های جنگلی با استفاده از شاخص‌های دسترسی به زیستگاه در شهرستان ایلام با استفاده از نرم‌افزار CONEFOR Sensinode 2.2 است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

شهرستان ایلام با مساحت ۲۱۶۵ کیلومترمربع شامل ۲۶/۱۰ درصد مساحت استان بین ۳۳° ۲۱' ۳۰" تا ۳۳° ۵۱' ۴۸" عرض شمالی و ۴۵° ۴۱' ۰۷" تا ۴۵° ۵۱' ۱۹" طول شرقی و ارتفاع ۱۳۸۷ متر از سطح دریا در شمال غربی استان قرار گرفته



شکل ۱- نقشه پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه شهرستان ایلام

Figure 1. Forest land cover map of the study area, Ilam city

روش تحقیق

در راستای هدف تحقیق حاضر نقشه کاربری اراضی و پوشش جنگلی منطقه از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان ایلام تهیه شد. با توجه به هدف تحقیق در مرحله بعد نقشه کاربری جنگل (کم تراکم، نیمه انبوه و انبوه) به عنوان زیستگاه های مهم در ارزیابی پیوستگی و محاسبه شاخص های دسترسی به کار برده شد. سپس با استفاده از نرم افزار CONEFOR Sensinode 2.2 اهمیت لکه های زیستگاه برای حفظ پیوستگی زیستگاه از طریق ساخت گراف ها و شاخص های دسترسی به زیستگاه ارزیابی شد. برنامه CONEFOR Sensinode 2.2 برای تعیین اهمیت لکه های زیستگاه برای حفظ پیوستگی زیستگاه بر مبنای تئوری گراف از طریق ایجاد گراف ها و شاخص های دسترسی به زیستگاه ارائه شده است. نرم افزار CS22 به عنوان یک ابزار برای پشتیبانی تصمیم گیری در برنامه ریزی سیمای سرزمین و حفاظت از زیستگاه بکار می رود. نرم افزار مذکور خروجی های مختلف را ارائه می دهد، که یکی از مهم ترین آن ها اهمیت هر گره منحصر به فرد (لکه زیستگاه) در حفظ پیوستگی سراسر سیمای سرزمین مطابق با شاخص های مختلف است. گراف مجموعه ای از گره ها و لینک ها است، به صورتی که هر لینک دو گره را به هم متصل می کند. گره نشان دهنده زیستگاه های مطلوب احاطه شده توسط زیستگاه های نامطلوب است، در حالی که لینک نماد توانایی بالقوه یک گونه برای پراکندگی مستقیم بین دو گره است. ساختار گراف یک روش مؤثر نمایش دادن الگوی سیمای سرزمین به عنوان شبکه ای از عملکرد لکه های به هم پیوسته و انجام تجزیه و تحلیل های پیچیده در مورد پیوستگی سیمای سرزمین است. این نرم افزار اهمیت لکه های جنگلی را براساس میزان مساحت، موقعیت لکه و مجاورت آن با سایر لکه ها، اهمیت لکه ها از نظر ارتباط مکانی با سایر لکه ها و مقادیر شاخص های محاسباتی را در قالب فایل متنی محاسبه می کند. در مرحله بعد مقدار عددی شاخص های مورد نظر را به جدول صفات لکه های جنگلی اضافه شده و اهمیت نسبی هر لکه را براساس مقادیر شاخص ها با

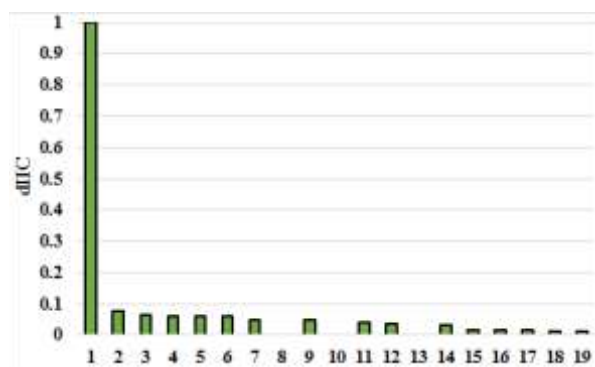
رنگ های مختلف در محیط GIS نشان داده می شود. شاخص های مورد بررسی در تحقیق حاضر به شرح زیر می باشند:

- تعداد لینک ها (Number of Links): ارتباط بین گره های زیستگاه در سیمای سرزمین است و چشم اندازهای با پیوستگی بیشتر، تعداد لینک بیشتری خواهند داشت.
- شاخص های پیوستگی کل (Integral Index of Connectivity): شاخص مذکور که ویژگی های لکه و فاصله مکانی بین آن ها را محاسبه می کند و مناطق متصل موجود در لکه و پراکندگی برآورد شده بین لکه های مختلف، و سهم هر لکه به عنوان عناصر اتصال را نشان می دهد (۲۲). این شاخص به عنوان بهترین شاخص باینری در محاسبه این شاخص برای انواع تجزیه و تحلیل پیوستگی توصیه شده است و مقدار دامنه آن از ۰ تا ۱ و با بهبود پیوستگی افزایش می یابد.
- احتمال پیوستگی (Probability of Connectivity): مفهومی شبیه شاخص های پیوستگی کل دارد و برای محاسبه آن از حداکثر احتمال حاصل به جای فاصله توپولوژیک بین لکه ها استفاده می شود (۲۳). این شاخص به عنوان بهترین شاخص برای نوع تجزیه و تحلیل پیوستگی توصیه می شود، دامنه احتمال پیوستگی از ۰ تا ۱ است و با بهبود پیوستگی افزایش می یابد که بر خلاف شاخص IIC تحت تاثیر لکه های زیستگاه های مجاور قرار نمی گیرد.
- لینک ها: این فایل در سه ستون حاوی ID گره i (ستون اول) است، ID گره j (ستون دوم) و یک عدد در ستون سوم است که اگر بین گره i و j یک لینک وجود دارد عدد یک و اگر وجود نداشته باشد عدد صفر در نظر گرفته می شود.

ضیف، متوسط و خوب در نرم‌افزار آماری R مورد تحلیل همبستگی قرار گرفت و نتایج در قالب نقشه و نیز نمودار ارائه گردید.

نتایج و بحث

اهمیت هر گره برای حفظ پیوستگی کلی سیمای سرزمین از نتایج اصلی CS22 است که با توجه به متریک‌های مختلف محاسبه می‌شود. میزان اهمیت هر گره توسط ارزیابی درصد تغییر در مقدار متریک‌ها با حذف هر گره از گراف انجام می‌شود که امکان رتبه‌بندی لکه‌ها در زیستگاه را فراهم می‌کند. رتبه‌بندی اهمیت لکه‌ها، معیارهای معینی برای انتخاب مهم‌ترین مناطق زیستگاه برای اهداف برنامه‌ریزی حفاظت سیمای سرزمین را فراهم کند. نتایج اطلاعات کاملی از سیمای سرزمین و درجه پیوستگی آن، مانند ارزش کلی متریک‌های پیوستگی مختلف، جزء متعلق به هر گره زیستگاه، احتمال پراکندگی مستقیم و حداکثر احتمال حاصل بین هر دو گره ارائه می‌دهد. نتایج تغییرات تدریجی در میان لکه‌ها از نظر میزان ارتباط بین گره‌ها و سهم گره‌ها در جنبه‌های مختلف پیوستگی سیمای سرزمین و بالاترین اهمیت نسبی برای گره‌های نزدیک به ابتدای رتبه‌بندی در (شکل ۲- الف) نشان داده شده است.



ب) مناطق متصل موجود در گره‌ها و پراکندگی آن‌ها

b) The linked patches of nodes

- مقدار شاخص dA نشان دهنده درصدی از کل منطقه زیستگاه مربوط به گره‌ها است.

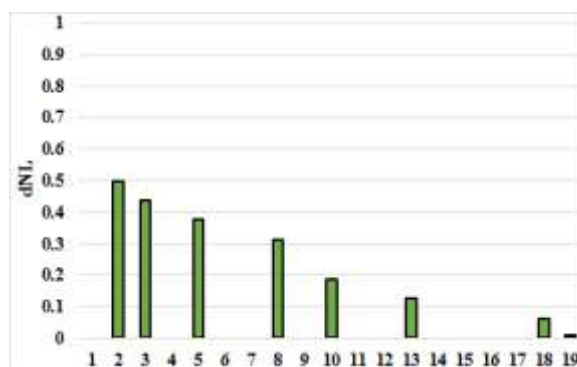
- شاخص تجمعی تغییرات پیوستگی Integral Index of Connectivity flux: این شاخص مقدار پراکندگی تغییرات بین یک لکه خاص به عنوان مبدا و مقصد در سیمای سرزمین را محاسبه می‌کند (۳۲).

- شاخص تجمعی ارتباط پیوستگی Integral index of connectivity connector: تحلیل سهم هر لکه در پیوستگی بین لکه‌های دیگر، به عنوان یک عنصر اتصال مورد محاسبه قرار می‌گیرد (۳۳).

- احتمال تغییرات پیوستگی Probability of Connectivity flux: شاخص مذکور مشابه dIICflux است اما برای شاخص dPC در نمودار وزنی است (۳۳).

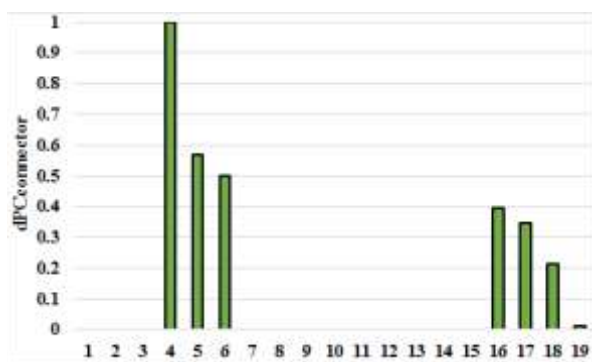
- احتمال ارتباط پیوستگی Probability of Connectivity Connector: این شاخص مشابه dIICconn است اما برای شاخص dPC در نمودار وزنی است (۳۳).

پس از محاسبه شاخص‌های فوق با استفاده از نرم‌افزار CONEFOR Sensinode 2.2 مقادیر آن‌ها در سطح منطقه مورد مطالعه در خصوص هر یک از لکه‌های جنگل با پوشش‌های



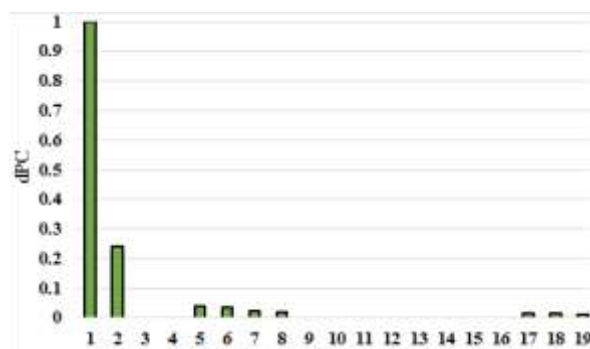
الف) میزان ارتباط بین گره‌ها

a) The number of links between patches



(د) سهم هر لکه در پیوستگی بین لکه‌های دیگر

d) The contribution of each patch in overall connectivity



(ج) احتمال پیوستگی بین گره‌ها

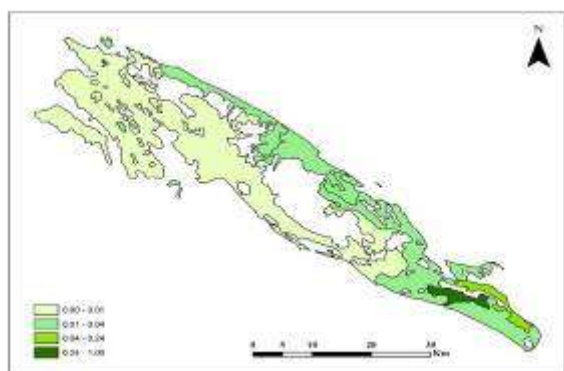
c) The probability of connection between nodes

شکل ۲- مقایسه شاخص‌های محاسباتی در لکه‌های جنگلی موجود در منطقه مورد مطالعه

Figure 2. The values of calculated indices in forest patches of the study area

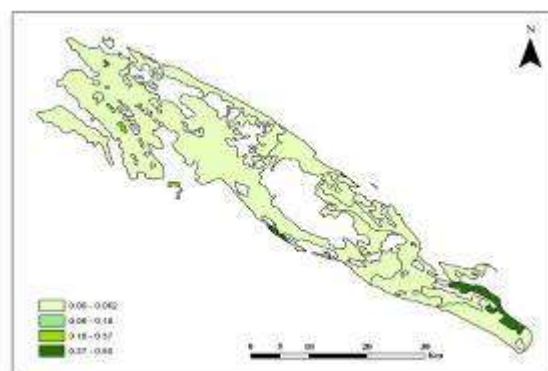
نسبتاً dPCconnector و dNL و dIICflux، dPCflux یکنواخت توزیع شده‌اند. توزیع اریب dIIC و dPC، بیش‌تر به سمت گره‌های مهم است. شاخص‌های مبتنی بر IIC توزیع یکنواخت پیوسته کم‌تری از شاخص‌های مشابه مبتنی بر PC را ارائه داده‌اند، ترکیب و گسترش این دو شاخص به‌طور مشترک اثرات پیوستگی‌های بدیهی ناشی از حذف یک لکه خاص و در نتیجه افزایش آسیب‌پذیری شبکه نسبت به اختلالات متعاقب را ارزیابی می‌کند. تغییرات بزرگ در میان لکه‌ها از نظر امتیاز در متریک‌های مختلف در شکل ۳ مشخص شده است که اطلاعات مربوط در مورد سهم لکه‌ها در جنبه‌های مختلف پیوستگی چشم‌انداز را نشان می‌دهد.

حداکثر ویژگی سیمای سرزمین و در نظر گرفتن لکه به‌عنوان فضایی که در آن پیوستگی وجود دارد نشان می‌دهد که گره شماره ۱ همبستگی بیش‌تری دارد بنابراین احتمال تکه تکه شدن آن کمتر است (شکل ۲- ب). بیشینه احتمال پیوستگی در گره‌های ۱ و ۲ به دست آمده است که نشان می‌دهد این دو گره نزدیک به هم هستند و تعداد لینک‌های بیش‌تری بین آن‌ها وجود دارد (شکل ۲- ج). هر لکه در پیوستگی بین لکه‌های دیگر نقش دارد، هر چقدر که میزان ارتباط بین لکه‌های مجاور بیش‌تر باشد، پیوستگی بین آن‌ها نیز بیش‌تر است (شکل ۲- د). براساس رتبه‌بندی شاخص‌های مختلف در سطح گره‌ها dA، dPC، dIIC و dIICconnector به شدت نامتوازن هستند (با چند لکه بسیار مهم و تقریباً مابقی با اهمیت کم) در حالی‌که،



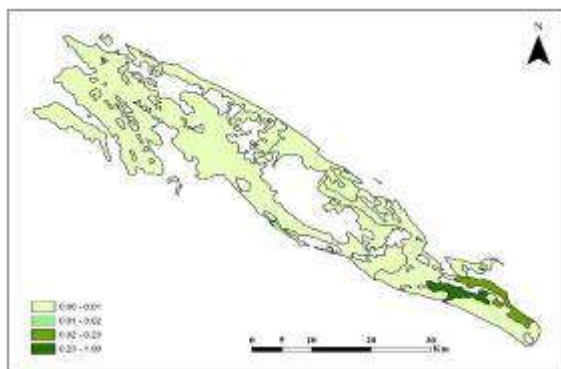
(ب) مقادیر شاخص احتمال پیوستگی در پوشش جنگلی

b) The probability of connectivity in forest land cover



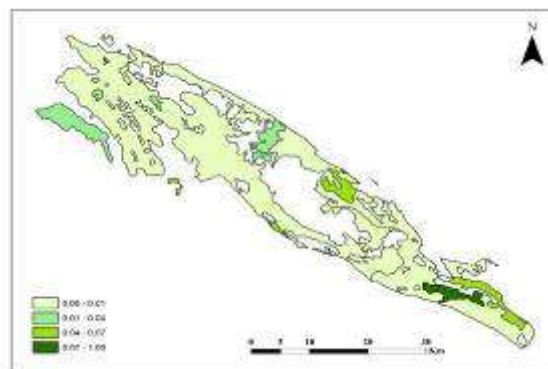
(الف) تعداد لینک‌های کل زیستگاه جنگلی

a) The number of habitat links in forest land cover



(د) شاخص سهم هر لکه در پیوستگی زیستگاه جنگلی

d) The index of patch connectivity in forest land cover



(ج) مقادیر شاخص پیوستگی کل زیستگاه جنگلی

c) The connectivity index of forest habitat

شکل ۳- الگوی مکانی دامنه شاخص‌های محاسباتی در لکه‌های جنگلی موجود در منطقه مورد مطالعه

Figure 3. The spatial pattern of calculated indices in forest patches of the study area

رابطه مستقیمی با تعداد لینک‌ها و پیوستگی کل زیستگاه دارد. مقادیر شاخص‌های مختلف به تفکیک نوع پوشش جنگلی در جدول ۱ ارائه شده است.

رتبه‌بندی لکه‌های زیستگاه توسط سهم و نقش آن‌ها در پیوستگی زیستگاه فراهم می‌شود، که معیارهای معینی برای انتخاب مهم‌ترین مناطق رویشگاه برای اهداف برنامه‌ریزی حفاظت فراهم است (۳۳). با توجه به نتایج به دست آمده احتمال پیوستگی

جدول ۱- مقادیر شاخص‌های مختلف پیوستگی به تفکیک نوع پوشش جنگلی

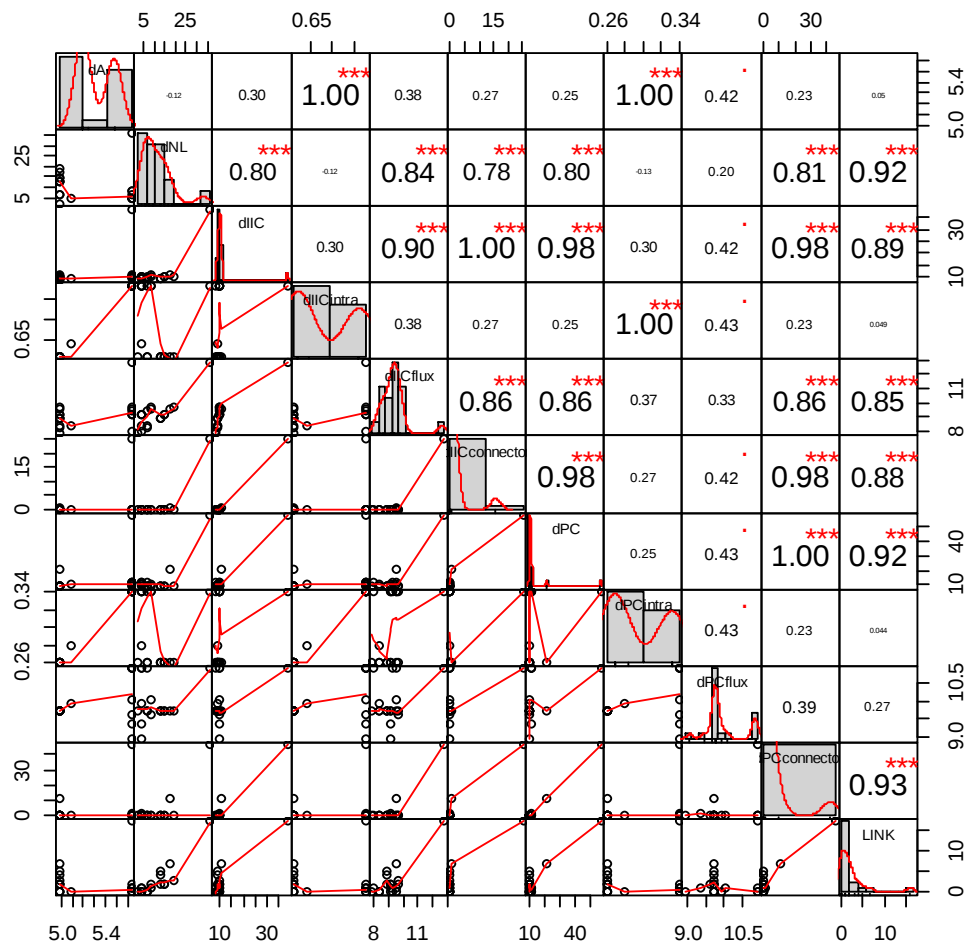
Table 1. The values of connectivity indices in each forest land cover

نوع کاربری	dNL	dIIC	dPC	dPCconnector
جنگل کم‌تراکم	۰/۲۹۵	۰/۱۸۵	۰/۲۶۴	۰/۴۱۶
جنگل نیمه‌انبوه	۰/۲۲۵	۰/۰۲۹	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸
جنگل انبوه	۰/۰۰۰	۰/۰۵۹	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰

بر این مشخص است که رابطه میان احتمال پیوستگی و سهم هر لکه در پیوستگی بین لکه‌های دیگر در نمودار وزنی مستقیم و میزان ضریب همبستگی به مقدار ۱ نشان داده شده است. همچنین بین مناطق متصل موجود در گره‌ها و سهم هر لکه در پیوستگی بین لکه‌های دیگر در نمودار نیز رابطه مستقیم وجود دارد، بدین معنی که هر چه مقدار مناطق متصل موجود در گره‌ها افزایش پیدا کند، سهم هر لکه در پیوستگی بین لکه‌های دیگر نیز افزایش می‌یابد.

نمودار پراکندگی ابرنقاط به همراه هیستوگرام فراوانی مقادیر شاخص‌ها، ضریب همبستگی و سطوح معنی‌داری ($p < 0.001$) و ($p < 0.01$) بین مقادیر متریک‌های محاسبه شده در شکل ۴ ارائه شده است.

تعیین همبستگی بین متغیرهای محاسبه شده می‌تواند امکان ارزیابی تأثیر و اهمیت مؤلفه‌های مذکور در پیوستگی سیمای سرزمین را فراهم نماید. همچنین بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار میان مناطق متصل موجود در گره‌ها و پراکندگی آن‌ها و احتمال پیوستگی سیمای سرزمین مشاهده شده است. علاوه



شکل ۴- نتایج همبستگی پیرسون بین شاخص‌های پیوستگی محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه

Figure 4. The results of Pearson correlation between connectivity indices in the study area

نتیجه‌گیری

بهبود لکه‌ها نسبت به هم نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در منطقه مورد مطالعه لکه‌های کوچک جنگلی موجود در بین لکه‌های بزرگ و یکپارچه به‌عنوان ردپایی برای تبادلات اکولوژیکی محسوب می‌گردند، بنابراین حذف این قطعات علاوه بر این که منجر به کاهش مساحت لکه‌های جنگلی می‌شود، امکان برقراری اتصال میان سایر لکه‌های بزرگ را کاهش می‌دهد و منجر به دور افتادگی لکه‌های طبیعی از هم خواهد شد که با مطالعات بادین و سائورا (۲۰۱۰) مبنی بر رتبه بندی لکه‌های زیستگاه‌های منحصر به فرد در ایجاد پیوستگی هم خوانی دارد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بزرگ‌ترین گروه شاخص‌ها مقدار تغییرات و یا ارتباط یک لکه معین با دیگر مناطق زیستگاه در سیمای سرزمین (dIIC, dIICflux, dPC, dPCflux) و

از آنجا که سیمای سرزمین دارای الگوی پیچیده‌ای است، نیاز به متریک‌های متنوعی جهت کمی‌سازی و تحلیل این الگوها است. استفاده از رویکردهای آماری جهت کاهش ورودی‌های مشابه قادر است بررسی تغییرات را سرعت بخشد و تحلیل را هدفمند نماید. لکه‌ها از عناصر اصلی سیمای سرزمین می‌باشند و لکه‌های موجود در سیمای دو دسته اصلی شامل لکه‌های با منشأ طبیعی و لکه‌های انسان ساخت تقسیم می‌شوند. تعدد و تنوع لکه‌های طبیعی در سیمای موجب ارتقاء روابط اکوسیستمی و افزایش تنوع بیولوژیکی می‌گردد؛ این درحالی است که افزایش لکه‌های انسان ساخت نمایه‌ای از تخریب سیمای سرزمین قلمداد می‌شود. در رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین تنها مساحت لکه‌ها شرط کافی نیست و علاوه بر این نظم مکانی و چیدمان

- conservation and restoration priorities. *Issues in Ecology*.
2. Talebikhiavi H, Zabihi M, Mostafazadeh R. Effects of land-use management scenarios on soil erosion rate using GIS and USLE model in Yamchi dam watershed, Ardabil. JWSS-Isfahan University of Technology. 2017 Aug 10;21(2):221-34.
 3. Asadollahi, Z., & SalmanMahiny, A. (2017). Assessing the Impact of Land Use Change on Ecosystem Services Supply (Carbon Storage and Sequestration). *Environmental Reserches*. 15, 203-214.
 4. Kakehmami, A., & Ghorbani, A. (2018). Comparison of three visual, object-based, and supervised classification methods of land use/cover mapping in Mollah-Ahmad Watershed, Ardabil. *Natural Ecosystems of Iran*, 8(4), 29-43.
 5. Forman, R.T.T., 1995. *Land Mosaic. The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press. 607 p.
 6. Turner, M.G., Gardner, R.H., and O'Neill, R.V., 2001. *Landscape ecology in theory and practice*. Springer-Verlag, New York.
 7. Mostafazadeh R, Jafari A, Keivan-behjou F. Comparing the Rangelands Structure and Degradation of Landscape Connectivity in Iril Sub-Watersheds, Ardabil Province. *Iranian Journal of Applied Ecology* 2018; 7 (1) :41-53
 8. Nasiri, V., & Darvishsefat, A. A. (2018). Analysis of land use and land cover using ecological landscape metrics (case study: Arasbaran region).
- هم‌چنین براساس تعداد لینک‌های یک لکه، فاصله مکانی نسبت به دیگر لکه‌ها، و یا مقدار تغییرات تخمین‌زده شده از طریق اتصالات dPCflux و dIICflux را مشخص می‌کنند که این موضوع با مطالعات برانی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. مطالعات برانی و همکاران نشان داد که اجزای نمودار براساس تعیین تعداد لکه‌های به هم مرتبط از طریق یک لینک مستقیم و یا از طریق یک مسیر شامل بیش از یک لینک است. هم‌چنین بخش متصل‌کننده شاخص‌های جدایی ناپذیر پیوستگی (IIC) و احتمال پیوستگی (PC) شاخص‌ها به صورت کاملاً منحصر به فرد با تمرکز بر راه عملکرد لکه زیستگاه به‌عنوان عناصر اتصال دهنده بین دیگر مناطق زیستگاه است و شاخص‌ها می‌توانند با واضح نشان دادن و ایجاد تغییرات ارزش لکه‌های برتر در مقایسه با دیگر شاخص‌ها سودمندترین باشند. واضح است که هرچه میزان ارتباط بین گره‌ها بیشتر باشد مناطق متصل موجود در لکه‌ها و پراکندگی آن‌ها بیشتر است و هم‌چنین احتمال پیوستگی لکه‌ها ارتباط مستقیمی با ارتباط بین گره‌ها دارد که با مطالعات بافقی و همکاران (۱۳۸۹) مبنی بر نقش پیوستگی در مدیریت زیستگاه‌های تکه تکه شده مطابقت دارد. در مجموع می‌توان گفت که بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار میان لکه‌های متصل و احتمال پیوستگی سیمای سرزمین در منطقه مورد مطالعه مشاهده شده است. با استفاده از روش به‌کار رفته در تحقیق حاضر، می‌توان درجه جدادگی اکولوژیک جوامع گیاهی را کمی نمود که امکان مقایسه زیستگاه‌های مختلف از نظر پیوستگی اکولوژیک را فراهم می‌نماید. نتایج تحقیق می‌تواند در برنامه‌های احیاء پوشش گیاهی با هدف افزایش پیوستگی بین زیستگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این تعیین میزان جدادگی لکه‌های پوشش گیاهی می‌تواند راهنمایی در ارزیابی شدت تخریب پوشش گیاهی باشد.

منابع

1. Rudnick, D., Ryan, S. J., Beier, P., Cushman, S. A., Dieffenbach, F., Epps, C., ... & Trombulack, S. C. (2012). The role of landscape connectivity in planning and implementing

کهگیلویه و بویراحمد). محیط شناسی، ۳۷ (۶۰):

۸۸-۷۹

16. Pirnat, J., and Hladnik, D., 2016. Connectivity as a tool in the prioritization and protection of sub-urban forest patches in landscape conservation planning. *Landscape and Urban Planning*, No. 153, pp. 129-139.
17. Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K., and Merriam, G., 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* No. 68, pp. 571-572.
18. Wiens, J.A., 1997. Metapopulation dynamics and landscape ecology. In: Hanski, I.A., Gilpin, M.E. (Eds.), *Metapopulation Biology: Ecology, Genetics and Evolution*. Academic Press, San Diego, USA, pp. 43-67.
19. With, K.A., 2004. Metapopulation dynamics: perspectives from landscape ecology. In: Hanski I. and Gaggiotti O. (eds), *Ecology, Genetics and Evolution of Metapopulations*. Elsevier, San Diego, California, USA, pp. 23-44.
20. Kettunen, M., Terry, A., Tucker, G., and Jones, A., 2007. Guidance on the maintenance of landscape features of major importance for wild flora and fauna - Guidance on the implementation of Article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC). Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels, 114 pp. & Annexes.
21. Pelletier, D., Lapointe, M.E., Wulder, M.A., White, J.C., and Cardille, J.A., 2017. Forest connectivity regions of Canada using circuit theory and image analysis. *Public Library of Science One* Vol. 12, No. 2, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169428>.
- Environmental Sciences, 16(3), 101-118.
۹. ملک زاده بافقی، مهیار السادات و محمدی زاده، ماریا و علی زاده شعبانی، افشین، ۱۳۸۹، مروری بر کاربرد بوم شناسی سیمای سرزمین: نقش پیوستگی در مدیریت زیستگاه های تکه تکه شده، همایش ملی سلامت، محیط زیست، و توسعه پایدار، بندرعباس، <https://civilica.com/doc/128339>
10. Leitao, A.B., and. Ahern, J., 2002. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Journal of Landscape and Urban Planning*, Vol. 59, No. 2, pp. 65-93.
11. Quintana, S.M., Ramos, B.M., Martinez, M.A.C., and Pastor, I.O., 2010. A model for assessing habitat fragmentation caused by new infrastructures in extensive territories – Evaluation of the impact of the Spanish strategic infrastructure and transport plan. *Journal of Environmental Management*, No. 91, pp. 1087-1096.
۱۲. زبردست، ل.، یآوری، ا.، صالحی، ا.، مخدوم، م. (۱۳۹۰). بررسی تغییرات ساختاری ناشی از جاده در پارک ملی گلستان در فاصله سالهای ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ با استفاده از متریک های اکولوژی سیمای سرزمین. پژوهش های محیط زیست، ۲ (۴): ۱۱-۲۰.
13. Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 34(1), 487-515.
14. Fuller, M. R., Doyle, M. W., & Strayer, D. L. (2015). Causes and consequences of habitat fragmentation in river networks. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1355(1), 31-51.
۱۵. کرمی، آ.، فقهی، ج. (۱۳۹۰). بررسی کمی کردن سنجه های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی: استان

27. Jazirehei, M.H., and Ebrahimi Rastaghi, M., 2013. Zagros Forestry. University of Tehran Press, No. 2, p. 600.
۲۸. خسروپور، ن.، میرزایی، ج.، دوستکامی، س. (۱۳۹۳). بررسی عوامل موثر بر خشکیدگی جنگل‌های بلوط زاگرس. دومین همایش ملی منابع طبیعی ایران با محوریت علوم جنگل.
۲۹. حسین‌زاده، ج.، اعظمی، ا.، محمدپور، م. (۱۳۹۴). بررسی ارتباط عامل‌های پستی و بلندی با گسترش زوال بلوط در جنگل مله‌سیاه ایلام. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۳(۱): ۱۹۰-۱۹۷.
30. Asgari, H.A., 2013. Economic valuation of oak forests in Ilam province. Economics of Natural Resources, Vol. 2, No. 2, pp. 77-88.
31. <http://ilam.frw.org.ir/00/Fa/StaticPages/Page.aspx?tid=1689>
32. Saura, S., and Rubio, L., 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. Ecography, No. 33, pp. 523-537.
33. Saura, S., and Torné, J., 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity.
34. Environmental Modelling and Software, Vol. 24, No. 1, pp. 135-139.
22. Pascual-Hortal, L., and Saura, S., 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. Landscape Ecology, Vol. 21, No. 7, pp. 959-967.
23. Saura, S., and Pascual-Hortal, L., 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: comparison with existing indices and application to a case study. Landscape and Urban Planning, Vol. 83, No. (2-3), pp. 91-103.
24. Avon, C., and Berges, L., 2016. Prioritization of habitat patches for landscape connectivity conservation differs between least-cost and resistance distances. Landscape Ecology, No. 31, pp. 1551-1556.
25. Bodin, O., and Saura, S., 2010. Ranking individual habitat patches as connectivity providers: integrating network analysis and patch removal experiments. Ecological Modelling, No. 221, pp. 2393-2405.
26. Baranyi, G., Saura, S., Podani, J., and Jordan, F., 2011. Contribution of habitat patches to network connectivity: Redundancy and uniqueness of topological indices. Ecological Indicators, No. 11, pp. 1301-1310.