

## کاربرد شاخص‌های DEI و MEI در ارزیابی تأثیر قطعه‌قطعه‌شدن رویشگاه‌های بلوط بر تنوع گونه‌ای و ویژگی‌های شیمیایی خاک

گلاره ولدی<sup>۱</sup>، جواد اسحاقی‌راد<sup>۲\*</sup>، یحیی خداکرمی<sup>۳</sup>، مصطفی نعمتی پیکانی<sup>۴</sup> و کارن هارپر<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (gelarehvaladi@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (j.eshagh@urmia.ac.ir)

۳- پژوهشگر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. (ykhodakarami@gmail.com)

۴- پژوهشگر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. (paykanim@gmail.com)

۵- استاد، دانشکده مطالعات محیطی، دانشگاه Saint Mary's، هالیفاکس، کانادا. (Karenharper@eastlink.ca)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۱۳

### چکیده

برای معرفی و کاربرد شاخص DEI جهت تعیین فاصله اثر حاشیه‌ای و شاخص MEI برای تعیین شدت اثر حاشیه‌ای جنگل بر گونه‌های علفی و ویژگی‌های شیمیایی خاک، سه قطعه جنگلی (زیر ۱۰ هکتار) از جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه با شرایط مشابه از نظر شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا انتخاب شدند. در هر قطعه سه ترانسکت ۱۵۰ متری با فاصله ۲۰۰ متر در جهت شیب پیاده شد. اندازه‌گیری پوشش علفی و ویژگی‌های شیمیایی خاک در فواصل ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر انجام شد. نتایج نشان داد مقادیر شاخص MEI برای متغیرهای خاک (غیر از نیتروژن، کربن آلی و pH) مثبت بود. همچنین مقادیر این شاخص برای غنا گونه‌ای، تنوع شانون وینر و یکنواختی مثبت بود. مقادیر شاخص DEI برای متغیرهای خاک (غیر از pH) برابر با ۲۵ متر و برای شاخص‌های تنوع برابر با ۵۰ متر بود. متغیرهای خاک (غیر از فسفر) تفاوت معنی‌داری را در فواصل مختلف از حاشیه نشان ندادند. همچنین تغییرات غنا و مشخصات شیمیایی خاک در این جنگل‌ها در فاصله ۰-۵۰ متر دیده شد. به‌طور کلی در جنگل‌های تنک بلوط، فرآیند قطعه‌قطعه شدن و اثر حاشیه‌ای بر غنا و مشخصات شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارد.

واژه‌های کلیدی: اثر حاشیه‌ای، جنگل زاگرس، قطعات جنگلی، گونه‌های علفی.

## مقدمه

(Gehlhausen et al., 2000). در این زمینه، طبق پژوهش Eshaghirad et al. (2015) در جنگل‌های بلوط غرب عنوان شده است که تعداد ۱۵ گونه فقط در حاشیه جنگل و ۵ گونه تنها در داخل جنگل دیده شد. بررسی ویژگی‌های ریزاقلیم و غنا گونه‌ای در حاشیه و مناطق داخلی جنگل‌های بارانی (فاصله ۸۰ متر از حاشیه) نشان داد مقدار نور، سرعت باد، دما و غنا گونه-ای در حاشیه بیشتر از داخل جنگل بود. همچنین گزارش شد که تأثیر حاشیه بر روی ریزاقلیم حداقل تا ۴۰ متری از حاشیه مؤثر است و تغییرات باد، رطوبت و حرارت در تغییرات فاصله به عامل‌های مختلف مانند توپوگرافی، تاج‌پوشش و تراکم زیراشکوب بستگی دارد (Colley et al., 2000). در پژوهش دیگر تأثیرات حاشیه بر رویش جنگل با افزایش فاصله از حاشیه (۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر) در طول ۱۲ ترانسکت در شرق آمریکا بررسی شد و نتایج نشان داد رویش گیاهان سایه‌پسند در نزدیک حاشیه کاهش یافت (Dovciak and Brown, 2014). به‌علاوه ویژگی‌های خاک، چرخه غذایی، نرخ تجزیه لاشبرگ و رطوبت خاک در نزدیکی حاشیه تغییر می‌یابد. در این زمینه ثابت شد همه ویژگی‌های خاک و تنوع گونه‌های چوبی در نزدیکی حاشیه بیشتر از داخل جنگل در جنگل‌های جنوب آفریقا بود (Ruwanza, 2018). رابطه بین تغییرات موجودی کربن خاک و فاصله از حاشیه در قطعات جنگلی ۱، ۱۰ و ۱۰۰ هکتاری در جنگل آمازون نشان داد که بیشترین تغییرات کربن در قطعات نمونه نزدیک حاشیه (کمتر از ۱۰۰ متر) به دلیل افزایش نرخ مرگ‌ومیر ناشی از تغییرات ریزاقلیمی بود (Barros and Fearnside, 2016). همچنین نتایج حاصل از بررسی تأثیر حاشیه بر ماده آلی و ویژگی‌های خاک در یک توده‌ی ۱۳ هکتاری در جنوب برزیل نشان داد تغییرات تا فاصله ۵۰ متری مشاهده می‌شود و تغییرات مقدار

قطعه‌قطعه‌شدن جنگل به‌عنوان یکی از عوامل اصلی کاهش تنوع زیستی و یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی معرفی شده است (Robinson and Sherry, 2012). فرآیند قطعه‌قطعه‌شدن معمولاً توسط فعالیت‌های انسانی انجام می‌شود، استفاده‌های مختلف از زمین مانند کشاورزی و چرا، قطعات نامنظم با مساحت‌های مختلف را ایجاد می‌کند (Laurance, 2004) گونه‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی را در مقابل قطعه‌قطعه‌شدن نشان می‌دهند: فراوانی بعضی از گونه‌ها افزایش و برخی به‌طور محلی منقرض می‌شوند و فهم این الگوهای متفاوت در برنامه‌های حفاظتی اهمیت زیادی دارد (Aguirre-Gutiérrez, 2014). یکی از اثرات مهم قطعه‌قطعه‌شدن در جنگل ایجاد حاشیه است و تحقیقات نشان داده است که با کاهش اندازه قطعات، تأثیرات حاشیه بر جنگل و پوشش گیاهی افزایش می‌یابد (Fernando et al., 2017). ازدست‌رفتن بخشی از رویشگاه و کاهش سطح رویشگاه موجب افزایش حاشیه جنگل و تأثیرات تغییرات حاشیه به سمت داخل جنگل می‌شود. تأثیرات حاشیه به‌عنوان تغییرات زیستی و غیرزیستی در مرز رویشگاه نسبت به داخل جنگل است (Cadenasso et al., 2003). به‌طور کلی در حاشیه ایجادشده، انتقال نور بیشتر، افزایش دما و کاهش رطوبت دیده می‌شود (Ries et al., 2004) و تغییرات ریزاقلیم (نور، باد، بارش، دما و رطوبت) در حاشیه جنگل بر روی ساختار و عملکرد اکوسیستم تأثیر می‌گذارد (Colley et al., 2000). به‌علاوه حاشیه‌ها تغییراتی را در عامل‌های محیطی که تأثیر مستقیمی را بر تنوع گونه‌ای دارند ایجاد می‌کنند (Aragon et al., 2015). حاشیه جنگل ممکن است شرایطی را ایجاد کند که سبب ایجاد اختلاف ترکیب گونه‌ای در حاشیه‌های جنگل با ترکیب گونه‌ای داخل محدوده جنگل شود

MEI در قطعات جنگلی جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه انجام شد.

### مواد و روش

#### منطقه مورد بررسی

این بررسی در جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه با عرض جغرافیایی "۲۰/۳۷' ۱' ۳۴° شمالی و طول جغرافیایی "۵۴/۹۳' ۲۳' ۴۶° شرقی و میانگین ارتفاعی ۱۶۵۰ متر بالاتر از سطح دریا انجام شد. میانگین بارش سالیانه و دمای سالیانه به ترتیب، ۴۸۹ میلی‌متر و ۲۱/۴ درجه سانتی‌گراد است. گونه اصلی در این جنگل‌ها *Quercus branti* Lindle است و *Amigdalus lycyode* و *Cerasus microcarpa* به عنوان گونه‌های همراه است. تراکم در این جنگل‌ها ۷۰ پایه در هکتار و تاج‌پوشش کمتر از ۵۰ درصد است. جنگل - زدایی و فعالیت‌های انسانی تخریب‌هایی را در مناطق مختلف این جنگل‌ها به وجود آورده که منجر به ایجاد قطعات جنگلی با مساحت‌های مختلف شده است.

#### روش پژوهش

برای بررسی اثر حاشیه‌ای بر گونه‌های علفی و ویژگی‌های خاک سه قطعه جنگلی (زیر ۱۰ هکتار) از جنگل‌های بلوط منطقه با شرایط مشابه از نظر شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا انتخاب شد. در هر قطعه سه ترانسکت با فاصله ۲۰۰ متر در جهت شیب پیاده شد (اولین ترانسکت به صورت تصادفی پیاده شد). اندازه - گیری پوشش علفی و ویژگی‌های خاک در هر ترانسکت در فواصل ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر انجام شد (Mendes et al., 2016). برای برداشت پوشش علفی، در هر نقطه نمونه برداری، نزدیک‌ترین درخت به ترانسکت انتخاب و از پایه درخت به سمت فضای باز ۵ قطعه نمونه ۰/۲۵ مترمربعی (۰/۵×۰/۵ متر) با فاصله یک متر از هم عمود بر ترانسکت در سمت چپ و

فسفر و کلسیم و مواد آلی خاک به نوع پوشش گیاهی بستگی دارد (Schroder and Fleig, 2017). در پژوهش دیگر بررسی مواد آلی و معدنی خاک با فاصله از حاشیه جنگل در کانادا نشان داد که مواد آلی و رطوبت خاک با فاصله از حاشیه کاهش یافت ولی تغییرات آن معنی - دار نبود، اما تغییرات pH با فاصله از حاشیه معنی‌دار بود (Marchand and Houle, 2006) و طبق پژوهش Freitas et al. (2006) از ۲۱ متغیر خاک اندازه‌گیری - شده در حاشیه جنگل و درون جنگل در جنگل‌های گرمسیری برزیل، ۱۴ متغیر در حاشیه جنگل بیشترین مقدار را داشت. جنگل‌های زاگرس به دلایل مختلفی مانند تبدیل اراضی، بهره‌برداری‌های بی‌رویه، چرای دام، آتش‌سوزی، برداشت چوب و غیره در معرض خطر تخریب قرار گرفته و روزبه‌روز از تعداد و کیفیت گونه‌های گیاهی و جانوری آن کاسته می‌شود. به طوری که براساس منابع موجود امروزه جنگل‌های زاگرس و پوشش گیاهی آن در معرض خطر نابودی قرار گرفته است (Mirzai, 2013). تخریب‌های انسانی مانند جاده - سازی و کشاورزی در جنگل‌های زاگرس رو به افزایش است و قطعات جنگلی مختلفی را با مساحت‌های متفاوت ایجاد کرده است. در نتیجه این قطعات، حاشیه‌ها در جهت‌های مختلف ایجاد شده است که می‌تواند بر پوشش درختی، علفی و ویژگی‌های خاک اثرگذار باشد. در این جنگل‌ها، تأثیر تخریب با شدت‌های متفاوت بر غنا و تنوع زیستی و ویژگی‌های خاک بررسی شده است (Salehzade et al., 2016) ولی با توجه به اینکه تاکنون در این جنگل‌ها، پژوهش جامعی که به بررسی تأثیرات حاشیه جنگل در نتیجه تخریب‌های انسانی بر تنوع گونه‌های علفی و ویژگی‌های خاک در قطعات جنگلی بپردازد، انجام نشده است، این پژوهش با هدف بررسی اثر حاشیه بر غنا و تنوع گونه‌های علفی و ویژگی‌های خاک با استفاده از شاخص‌های DEI و

را در فواصل مختلف از حاشیه مشخص می‌کند و DEI به‌عنوان فاصله‌ای که در آن فاصله، MEI معنی‌دار است تعریف می‌شود. اگر MEI در هیچ فاصله‌ای معنی‌دار نباشد، DEI به‌صورت ns (not significant) گزارش می‌شود. محاسبه RTEI در نرم‌افزار R انجام شد (Dodonov et al., Harper and Macdonald, 2011) و برای محاسبه تنوع آلفا از پکیج vegan (2013) نسخه 2.5.6 در نرم‌افزار R نسخه ۳.۶.۱ استفاده شد. برای مقایسه ویژگی‌های خاک و شاخص‌های تنوع در فاصله‌های مختلف از حاشیه از آزمون توکی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{MEI} = (X_d - X_i) / (X_d + X_i)$$

در این رابطه،  $X_d$  میانگین یک متغیر در فاصله  $d$  از حاشیه و  $X_i$  میانگین یک متغیر در داخل جنگل (۱۰۰ و ۱۵۰ متر) است.

### نتایج

شکل ۱ میانگین غنا گونه‌ای، شانون وینر و یکنواختی را در فواصل مختلف از حاشیه نشان می‌دهد. مطابق این شکل، مقادیر غنا گونه‌ای و یکنواختی در فواصل ۰، ۲۵ و ۵۰ متر به‌طور معنی‌داری بیشتر از داخل جنگل بود (شکل A1، C1). مقدار شاخص شانون وینر به‌طور معنی‌داری در حاشیه (صفر متر) بیشتر از فواصل دیگر بود (شکل B1). نتایج نشان می‌دهد مشخصات شیمیایی خاک مانند (نیتروژن، کربن، پتاسیم، pH، و رطوبت تفاوت معنی‌داری را در فواصل مختلف از حاشیه نشان نداد. در حالی‌که شکل F1 نشان می‌دهد مقادیر فسفر خاک در حاشیه جنگل (۰، ۲۵ و ۵۰ متر) به‌طور معنی‌دار بیشتر از داخل جنگل است.

راست پیاده شد. فراوانی گونه‌های علفی در داخل هر قطعه نمونه ثبت شد. میانگین فراوانی هر گونه علفی در هر نقطه نمونه برداری از میانگین گرفتن از فراوانی آن گونه در ۱۰ ریزقطعه نمونه محاسبه شد. نمونه‌های خاک در هر فاصله از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. رطوبت خاک، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، کربن آلی و pH اندازه‌گیری شد.

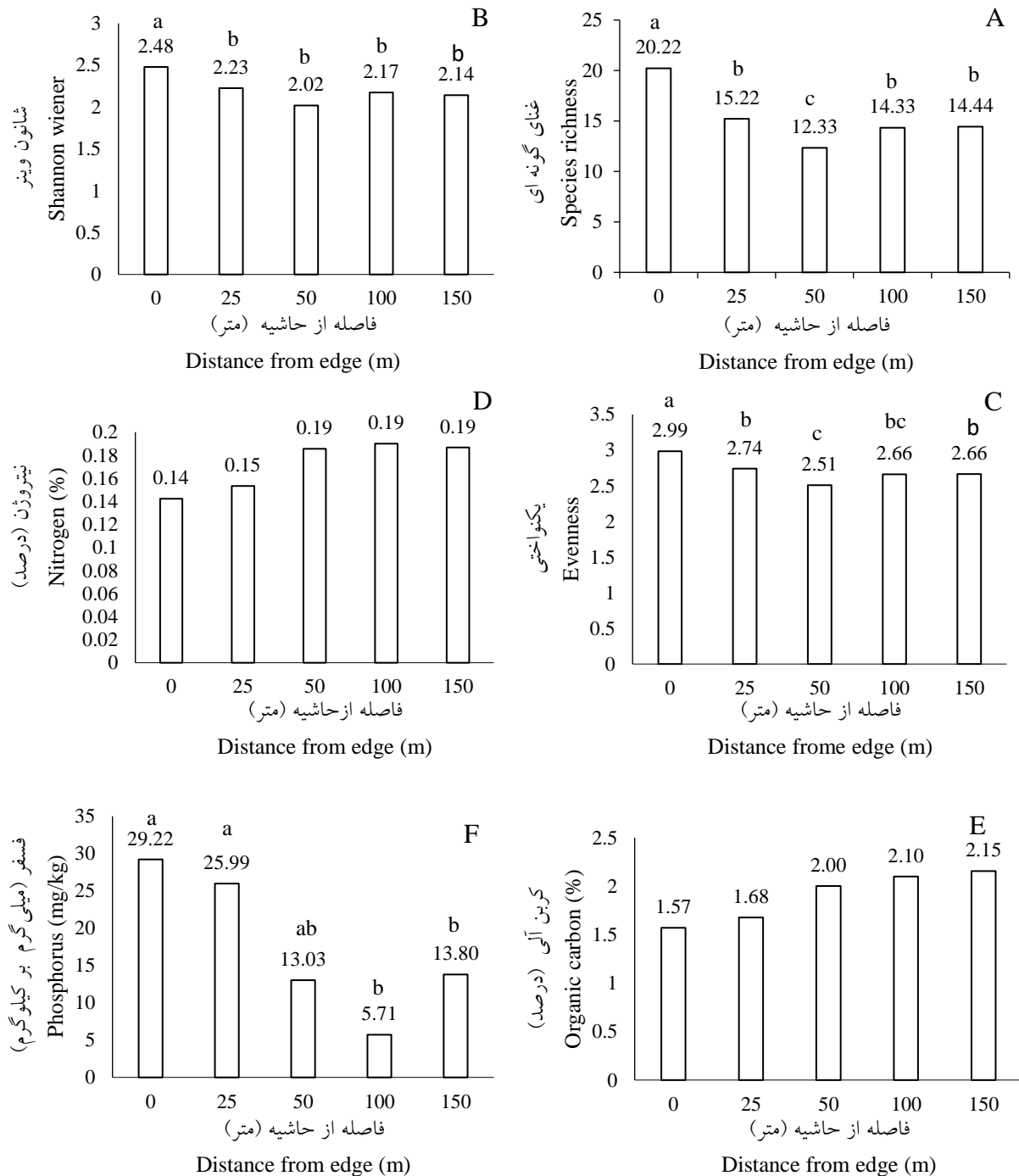
تنوع آلفا در هر فاصله با استفاده از غنا گونه‌ای (تعداد گونه‌ها)، شاخص تنوع شانون (رابطه ۱) و یکنواختی (رابطه ۲) محاسبه شد (Magurran, 2004). قبل از انجام آنالیزها آزمون Shapiro-Wilk برای بررسی نرمال بودن داده‌ها انجام شد.

$$\text{رابطه (۱)} \quad H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

در این رابطه،  $S$  تعداد گونه‌ها و  $p_i$  فراوانی نسبی گونه  $i$  است.

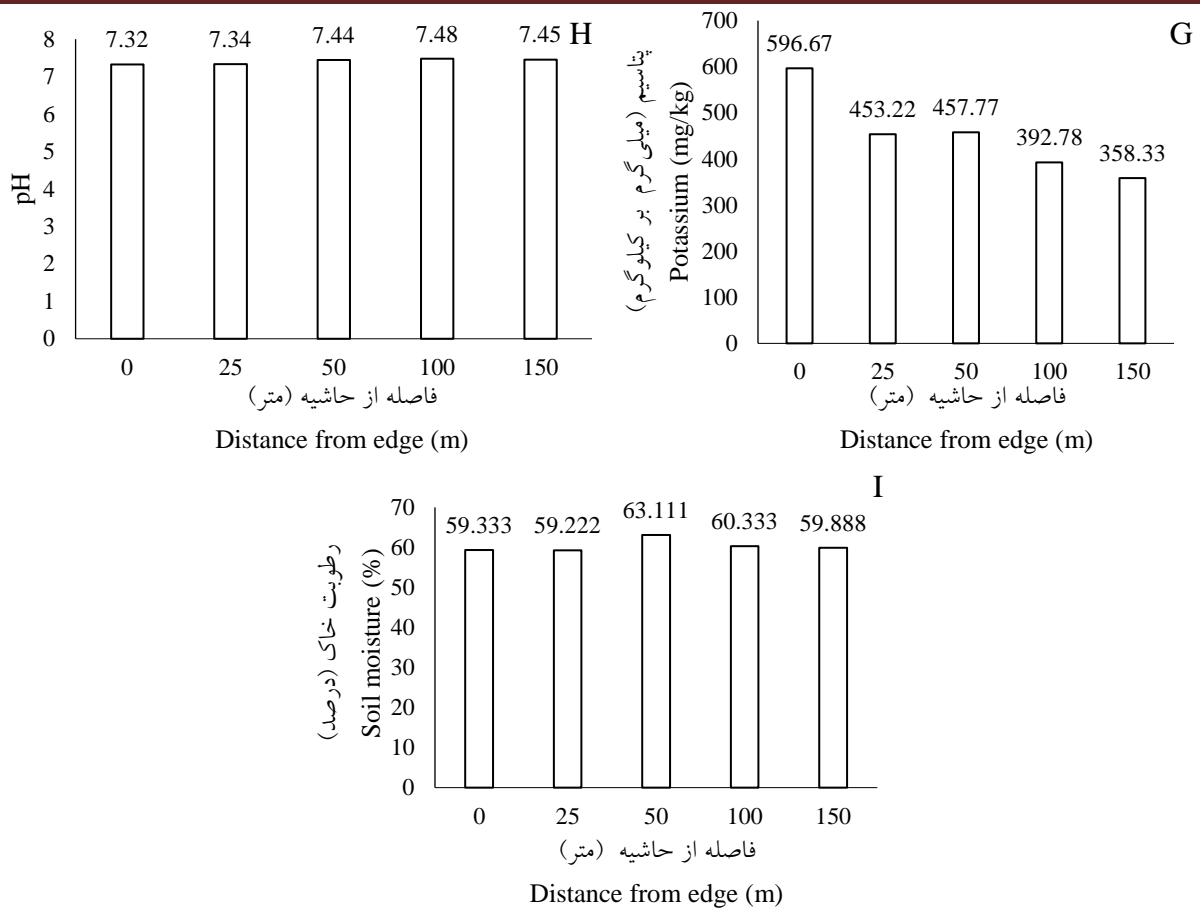
$$\text{رابطه (۲)} \quad E = H' / H'_{\max}, H'_{\max} = \ln(S)$$

شاخص MEI (Magnitude of Edge Influence) اندازه یک متغیر را در حاشیه و داخل جنگل نشان می‌دهد و شاخص DEI (Distance of Edge Influence) برابر فاصله‌هایی که در آن فواصل مقدار یک متغیر تفاوت معنی‌داری را با فواصل دیگر دارد تعریف می‌شود. MEI و DEI برای متغیرهای خاک، غنا گونه‌ای، شاخص شانون و یکنواختی محاسبه شد. MEI بزرگی و تأثیر حاشیه جنگل را بر هر متغیر نشان می‌دهد (رابطه ۳). مقدار این شاخص بین ۱- (تأثیر منفی حاشیه) و ۱+ (تأثیر مثبت حاشیه جنگل) است. برای محاسبه DEI از آزمون تصادفی RTEI (Randomization Test of Edge Influence) استفاده شد. RTEI معنی‌داری MEI



شکل ۱- میانگین غنا گونه‌ای (A)، تنوع شانون وینر (B)، یکنواختی (C) و ویژگی‌های شیمیایی خاک (نیترژن (D)، کربن آلی (E)، فسفر (F)، پتاسیم (G)، pH (H)، رطوبت (I) در فواصل مختلف از حاشیه بر اساس آزمون توکی. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

Figure 1. Mean of species richness (A), Shannon wiener diversity (B), Evenness (C) and soil chemical properties (nitrogen (D), organic carbon (E), Phosphorous (F), potassium (G), pH (H), soil moisture (I) at different distances from edge based on Tukey test. Different letters show significant difference at  $P=0.05$ .



ادامه شکل ۱.

Continued figure 1.

و بر نیتروژن، کربن آلی و pH منفی بود. همچنین مقادیر این شاخص برای غنای گونه‌ای، تنوع شانون وینر و یکنواختی مثبت بود، در نتیجه مقادیر غنای گونه‌ای، تنوع شانون وینر و یکنواختی در حاشیه بیشتر از داخل جنگل بود. مقادیر شاخص DEI برای متغیرهای خاک غیر از pH برابر با ۲۵ متر و برای شاخص‌های تنوع برابر با ۵۰ متر بود.

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع و ویژگی‌های شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. جدول ۲ مقادیر شاخص‌های DEI و MEI را برای تنوع و مشخصات شیمیایی خاک در فواصل مختلف از حاشیه نشان می‌دهد. مقادیر شاخص MEI برای متغیرهای خاک (غیر از نیتروژن، کربن آلی و pH) مثبت بود در نتیجه تأثیر حاشیه بر پتاسیم، فسفر، رطوبت خاک مثبت،

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع و ویژگی‌های شیمیایی خاک

Table 1- ANOVA results of diversity indices and soil chemical properties

معنی‌داری Sig	F	میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares		
0.00	12.46	355.07	4	1420.28	بین گروه‌ها Between Groups	
		28.48	85	2420.83	درون گروه‌ها Within Groups	غناى گونه‌ای Species richness
			89	3841.12	کل Total	
0.00	14.28	0.77	4	3.08	بین گروه‌ها Between Groups	
		0.05	85	4.59	درون گروه‌ها Within Groups	شانون وینر Shannon wiener
			89	7.68	کل Total	
0.00	12.56	1.01	4	4.07	بین گروه‌ها Between Groups	
		0.08	85	6.88	درون گروه‌ها Within Groups	یکنواختی Evenness
			89	10.95	کل Total	
0.11	7.16	0.01	4	0.07	بین گروه‌ها Between Groups	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)
		0.003	85	0.23	درون گروه‌ها Within Groups	
			89	0.30	کل Total	
0.12	1.09	1.23	4	4.84	بین گروه‌ها Between Groups	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
		0.63	85	54.11	درون گروه‌ها Within Groups	
			89	58.96	کل Total	
0.00	4.34	732.39	4	2929.56	بین گروه‌ها Between Groups	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)
		168.52	85	14324.8	درون گروه‌ها Within Groups	
			89	17254.37	کل Total	
0.07	6.51	75943.76	4	303775.3	بین گروه‌ها Between Groups	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg/kg)
		11567.02	85	990424.55	درون گروه‌ها Within Groups	
			89	129419.6	کل Total	

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

معنی داری Sig	F	میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	
0.19	1.54	0.20	4	0.82	بین گروه‌ها Between Groups
		0.13	85	11.35	درون گروه‌ها Within Groups
			89	12.17	کل Total
0.06	3.89	43.76	4	171.04	بین گروه‌ها Between Groups
		10.97	85	932.61	درون گروه‌ها Within Groups
			89	1104.64	کل Total

جدول ۲- مقادیر شاخص MEI و DEI برای شاخص‌های تنوع گونه‌ای و مشخصات شیمیایی خاک

Table 2. MEI and DEI of edge influence for species diversity indices and soil chemical properties

DEI(m)	MEI	
0.5	0.1685	غنای گونه‌ای Species richness
0.5	0.0629	شانون وینر Shannon wiener
0.5	0.0574	یکنواختی Evenness
0 to 25	0.4994	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)
0 to 25	0.2274	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg/kg)
0 to 25	-0.1508	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
25	0.0243	رطوبت (درصد) Moisture (%)
0	-0.139	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)
n.s	-0.0095	pH

## بحث

جنگل‌های تنک (Harper et al., 2004) و یا تغییر در مشخصات خاک است (Laurance, 2007). تغییرات در شرایط محیطی در حاشیه جنگل مانند افزایش نور در- دسترس و نفوذ نور بیشتر و همچنین تغییرات ویژگی- های خاک سبب افزایش غنا گونه‌های علفی در حاشیه

فرآیند قطعه‌قطعه شدن جنگل‌ها و اثر حاشیه‌ای بر غنا گونه‌ای، تنوع و یکنواختی تأثیر دارد. تغییرات این عامل‌ها در حاشیه نسبت به داخل جنگل به دلیل تغییر شرایط محیطی مانند نفوذ نور بیشتر در حاشیه حتی در





خاک تأثیر می‌گذارد. تغییرات غنا و مشخصات شیمیایی خاک در این جنگل‌ها در فاصله ۵۰-۰ متر دیده شد. به‌طور کلی با توجه به تأثیر اثر حاشیه بر غنا و ویژگی‌های خاک در جنگل‌های تنک بلوط، برنامه‌های مدیریتی مانند اتصال قطعات جنگلی با جنگلکاری برای کاهش اثر حاشیه‌ای بر گونه‌های علفی و کمینه کردن اثر حاشیه‌ای مورد نیاز است.

## References

- Aguirre-Gutiérrez, J., Are plant species richness and diversity influenced by fragmentation at a micro scale. *Int J Biodivers* **2014**, 9 (10.1155), 2014.
- Alignier, A.; Alard, D.; Chevalier, R.; Corcket, E., Can contrast between forest and adjacent open habitat explain the edge effects on plant diversity? *Acta Botanica Gallica* **2014**, 161 (3), 253-259.
- Aragón, G.; Abuja, L.; Belinchón, R.; Martínez, I., Edge type determines the intensity of forest edge effect on epiphytic communities. *European Journal of Forest Research* **2015**, 134 (3), 443-451.
- Barbier, S.; Gosselin, F.; Balandier, P., Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—a critical review for temperate and boreal forests. *Forest ecology and management* **2008**, 254 (1), 1-15.
- Barros, H. S.; Fearnside, P. M., Soil carbon stock changes due to edge effects in central Amazon Forest fragments. *Forest Ecology and Management* **2016**, 379, 30-36.
- Brunet, J.; Fritz, Ö.; Richnau, G., Biodiversity in European beech forests—a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bulletins* **2010**, 77-94.
- Bunyan, M.; Jose, S.; Fletcher, R., Edge effects in small forest fragments: why more is better. *American Journal of Plant Sciences* **2012**, 3 (7), 869-878.
- Cadenasso, M. L.; Pickett, S. T.; Weathers, K. C.; Jones, C. G., A framework for a theory of ecological boundaries. *BioScience* **2003**, 53 (8), 750-758.
- Chen, J.; Franklin, J. F.; Spies, T. A., Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecological applications* **1995**, 5 (1), 74-86.
- Colley, R. J.; Payne, G.; Van Elswijk, M., Microclimate gradients across a forest edge. *New Zealand Journal of Ecology* **2000**, 111-121.
- Cong, W. F.; van Ruijven, J.; Mommer, L.; De Deyn, G. B.; Berendse, F.; Hoffland, E., Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. *Journal of ecology* **2014**, 102 (5), 1163-1170.
- Davies-Colley, R. J.; Payne, G.; Van Elswijk, M., Microclimate gradients across a forest edge. *New Zealand Journal of Ecology* **2000**, 111-121.
- Dodonov, P.; Harper, K. A.; Silva-Matos, D. M., The role of edge contrast and forest structure in edge influence: vegetation and microclimate at edges in the Brazilian cerrado. *Plant ecology* **2013**, 214 (11), 1345-1359.
- Dovčiak, M.; Brown, J., Secondary edge effects in regenerating forest landscapes: vegetation and microclimate patterns and their implications for management and conservation. *New forests* **2014**, 45 (5), 733-744.
- Eshaghirad, J.; Soleymani, F.; Khodakarami, Y., Influence of edge effect on plant composition and distribution in oak forests (Case study: Cheharzebar forests-Kermanshah). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, 22 (3), 527-539. (In Persian)
- Freitas, N.; Silva, F.; Maia, L., Edge effect on soil biochemical and microbiological activities in an Atlantic Forest fragment in the state of Pernambuco, Brazil. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability* **2008**, 2 (1), 62-67.

- Gehlhausen, S. M.; Schwartz, M. W.; Augspurger, C. K., Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. *Plant Ecology* **2000**, *147* (1), 21-35.
- Guirado, M.; Pino, J.; Roda, F., Understorey plant species richness and composition in metropolitan forest archipelagos: effects of forest size, adjacent land use and distance to the edge. *Global Ecology and Biogeography* **2006**, *15* (1), 50-62.
- Harper, K. A.; Lesieur, D.; Bergeron, Y.; Drapeau, P., Forest structure and composition at young fire and cut edges in black spruce boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research* **2004**, *34* (2), 289-302.
- Harper, K. A.; Macdonald, S. E.; Mayerhofer, M. S.; Biswas, S. R.; Esseen, P. A.; Hylander, K.; Stewart, K. J.; Mallik, A. U.; Drapeau, P.; Jonsson, B. G., Edge influence on vegetation at natural and anthropogenic edges of boreal forests in Canada and Fennoscandia. *Journal of Ecology* **2015**, *103* (3), 550-562.
- Harper, K. A.; Macdonald, S., Quantifying distance of edge influence: a comparison of methods and a new randomization method. *Ecosphere* **2011**, *2* (8), 1-17.
- Honnay, O.; Verheyen, K.; Hermy, M., Permeability of ancient forest edges for weedy plant species invasion. *Forest Ecology and Management* **2002**, *161* (1-3), 109-122.
- Laurance, W. F., Have we overstated the tropical biodiversity crisis? *Trends in Ecology & Evolution* **2007**, *22* (2), 65-70.
- Magnago, L. F. S.; Magrach, A.; Barlow, J.; Schaefer, C. E. G. R.; Laurance, W. F.; Martins, S. V.; Edwards, D. P., Do fragment size and edge effects predict carbon stocks in trees and lianas in tropical forests? *Functional ecology* **2017**, *31* (2), 542-552.
- Magurran, A. E., Measuring biological diversity blackwell science. Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. *Oxford* **2004**, *105*
- Marchand, P.; Houle, G., Spatial patterns of plant species richness along a forest edge: what are their determinants? *Forest Ecology and Management* **2006**, *223* (1-3), 113-124.
- Mendes, P. G. A.; Silva, M. A. M.; Guerra, T. N. F.; Lins-e-Silva, A. C. B.; Cavalcanti, A. d. D. C.; Sampaio, E. V. d. S. B.; Rodal, M. J. N., Dynamics and Edge Effect of an Atlantic Forest Fragment in Brazil. *Floresta e Ambiente* **2016**, *23*, 340-349.
- Mirzai, J., Causes and factors of degradation of Zagros forests and strategies to deal with them, the first national conference on strategies for achieving sustainable development, Tehran, 2012; pp. 88-98. (In Persian)
- Murcia, C., Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution* **1995**, *10* (2), 58-62.
- Normann, C.; Tschardtke, T.; Scherber, C., How forest edge-center transitions in the herb layer interact with beech dominance versus tree diversity. *Journal of Plant Ecology* **2016**, *9* (5), 498-507.
- Phillips, O. L.; Rose, S.; Mendoza, A. M.; Vargas, P. N., Resilience of southwestern Amazon forests to anthropogenic edge effects. *Conservation biology* **2006**, *20* (6), 1698-1710.
- Ribeiro, J. T.; Nunes-Freitas, A. F.; Uzêda, M. C., Forest fragmentation and impacts of intensive agriculture: responses from functional groups of the tree community. *BioRxiv* **2019**, 546796
- Ries, L.; Fletcher Jr, R. J.; Battin, J.; Sisk, T. D., Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **2004**, *35*, 491-522.
- Robinson, W. D.; Sherry, T. W., Mechanisms of avian population decline and species loss in tropical forest fragments. *Journal of Ornithology* **2012**, *153* (1), 141-152.
- Ruwanza, S., The edge effect on plant diversity and soil properties in abandoned fields targeted for ecological restoration. *Sustainability* **2019**, *11* (1), 140.
- Salehzadeh, O.; Eshaghirad, J.; Maroofi, H., The effect of anthropogenic disturbance on flora and plant diversity in Oak forests of west (Baneh city). *Forest Research and Development* **2016**, *2* (3), 219-240. (In Persian)
- Schröder, T.; Fleig, F. D., Spatial patterns and edge effects on soil organic matter and nutrients in a forest fragment of southern Brazil. *Soil Research* **2017**, *55* (7), 649-656.

## Application of DEI and MEI indices to evaluate the effect of fragmentation in oak habitats on species diversity and soil chemical characteristics

G. Valadi<sup>1</sup>, J. Eshaghirad<sup>\*2</sup>, Y. Khodakarami<sup>3</sup>, M. Nemati Peykani<sup>4</sup>, K. A. Harper<sup>5</sup>

1- PhD student of Forestry, Department of Forestry. Faculty of Natural Resources Urmia University, I. R. Iran. (gelarehvaladi@gmail.com)

2- Associate Professor in Forest Ecology and Biodiversity, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University. I. R. Iran. (J.eshagh@urmia.ac.ir)

3-Senior Research Expert, Forests and Rangelands research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources. Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, I. R. Iran. (ykhodakarami@gmail.com)

4-Senior Research Expert, Forests and Rangelands research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources. Research and Education Center, AREEO, Kermanshah. I. R. Iran. (paykanim@gmail.com)

5-Professor, school for Environmental studies, Saint Mary's University, Halifax, Canada. (Karenharper@eastlink.ca)

Received: 03.09.2020      Accepted: 02.11.2020

### Abstract

In order to introduce and application of DEI (Distance of Edge Influence) and MEI (Magnitude of Edge Influence) indices to determine the distance of edge effect and intensity of the edge effect on herbaceous species and soil chemical properties, three forest fragments (under 10 hectares) from oak forests of Kermanshah province were selected with similar conditions in terms of slope, aspect and altitude. In each fragment three transects were established from the edge to the forest interior. Measurements of vegetation and soil variables were collected at 0 (edge), 25, 50, 100, 150 m along each transect. The results showed that MEI index values were positive for soil variables (except nitrogen, organic carbon and pH). The values of this index were also positive for species richness, Shannon-Wiener diversity and Evenness. DEI index value was 25 m for soil variables (except pH) and 50 m for diversity indices. Soil variables (except phosphorus) did not show significant differences at different distances from edge. Also, changes in species richness and soil chemical properties were observed in 0-50 m from edge. Totally, in sparse oak forests, fragmentation and edge effect had influence on species richness and soil chemical properties.

**Keywords:** Edge effect, Forest fragment, Herbaceous species, Zagros forest.

---

\* Corresponding author

Tel: +984432770489