University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Evaluation of biodiversity indices variants in different distances from forest roads of western part of Guilan (Case study: Chafroud forests)

Farshad Keivan Behjou✉

Department of Forest Sience and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: f_keyvan@uma.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 01 February 2024

Received in revised form 21 March 2024

Accepted 02 April 2024

Published online 22 July 2024

Keywords:

Biodiversity index,

Chafroud forests of Guilan,

Forest road,

Regeneration.

ABSTRACT

Evaluation of ecological properties variants of ecosystem is necessary for planning and correct management. This research was done with the aim of evaluation of ecological properties variants of forest in forest road edges in western part of Guilan province. For this purpose, two roads with different age condistions were selected. In each road transects (70m) were established and plots with 200m^2 area were established in 1, 10 and 50 m distances from the road edge. In each plot, type and number of regeneration species of trees and shrubs were measured and recorded. For investigation of tree a shrub species diversity used Simpson, Minhinic and peilo indices. ANOVA and Duncan tests were used for analysis of data. The results showed that there is sognificant difference between regeneration species of trees and shrubs in different distances (p_{value}= 0.021), in the two roads (p_{value}= 0.033) and in up side and down side of roads (p_{value}= 0.046). Also the results showed that there is no significant difference between distances, road type and road places regarding to Peilo index (p_{value}> 0.1). Simpson index in different distances classification (p_{value}= 0.010) and road type (p_{value}= 0.032), also Menhinic index in different distances classification (p_{value}= 0.000) and road type (p_{value}= 0.000) were significant differences. But there is no significant difference in up side and down side of roads (p_{value}> 0.4). According to the results forest road construction needs to consider technical and environmental principles.

Cite this article: Keivan Behjou, F. (2024). Evaluation of biodiversity indices variants in different distances from forest roads of western part of Guilan (Case study: Chafroud forests). *Journal of Natural Environment*, 77 (Special Issue), 175-187. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.372004.2648

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.372004.2648

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

ارزیابی تغییرات شاخص‌های تنوع‌زیستی در فواصل مختلف از جاده‌های جنگلی غرب گیلان (مطالعهٔ جنگل‌های چفرود گیلان)

فرشاد کیوان بهجو✉

گروه آموزشی علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: f_keyvan@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

کلیدواژه‌ها:
جادهٔ جنگلی،
جنگل‌های چفرود گیلان،
زاداوری،
شاخص تنوع زیستی.

چکیده

ارزیابی تغییرات خصوصیات اکولوژیک در اکوسیستم برای اعمال برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح ضروری است. این پژوهش با هدف ارزیابی تغییرات خصوصیات اکولوژیک جنگل در حاشیهٔ جاده‌های جنگلی در جنگل‌های غرب استان گیلان انجام شد. بدین‌منظور، دو جاده با قدمت ساخت متفاوت انتخاب شد. در هر جاده ۱۰ ترانسکت به طول ۷۰ متر به سمت بالا و پایین دامنه پیاده شد. در هر ترانسکت در فواصل ۱ متر، ۱۰ متر و ۵۰ متر از لبهٔ جاده، قطعات نمونه با مساحت ۲۰ مترمربع پیاده و نوع و تعداد گونه‌های چوبی برداشت شد. برای بررسی تنوع از شاخص‌های سیمپسون، غنای منهینیک و یکنواختی پیلو و جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از تجزیه‌واریانس و آزمون‌های دانکن و LSD استفاده شد. نتایج نشان داد که زادآوری گونه‌ها در طبقات فاصله ای (p_{value}= ۰/۰۲۱)، جاده جدیدساخت و قدیم ساخت (p_{value}=۰ /۰۳۳) و بالادست و پایین دست (p_{value}= ۰/۰۴۶) متفاوت است. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد هر چند شاخص یکنواختی پیلو بین فواصل مختلف جاده، نوع جاده و نوع دامنه اختلافی نشان نمی‌دهد (p_{value}>۰/۱)؛ اما تنوع سیمپسون در طبقات فاصله‌ای (p_{value}= ۰/۰۱۰) و نوع جاده (p_{value}= ۰/۰۳۲) و غنای منهینیک در طبقات فاصله‌ای (p_{value}=۰/۰۰) و نوع جاده (p_{value}= ۰/۰۰) تفاوت معنی‌داری دارند. براساس یافته‌های تحقیق، لازم است تا حد امکان در ساخت جاده‌های جنگلی علاوه بر رعایت اصول فنی، ملاحظات محیط‌زیستی نیز مدنظر قرار گیرد.

استناد: کیوان بهجو، فرشاد (۱۴۰۳). ارزیابی تغییرات شاخص‌های تنوع‌زیستی در فواصل مختلف از جاده‌های جنگلی غرب گیلان (مطالعهٔ جنگل‌های چفرود گیلان). *محیط زیست طبیعی*، ۷۷ (ویژه نامه)، ۱۸۷-۱۷۵.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.372004.2648

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

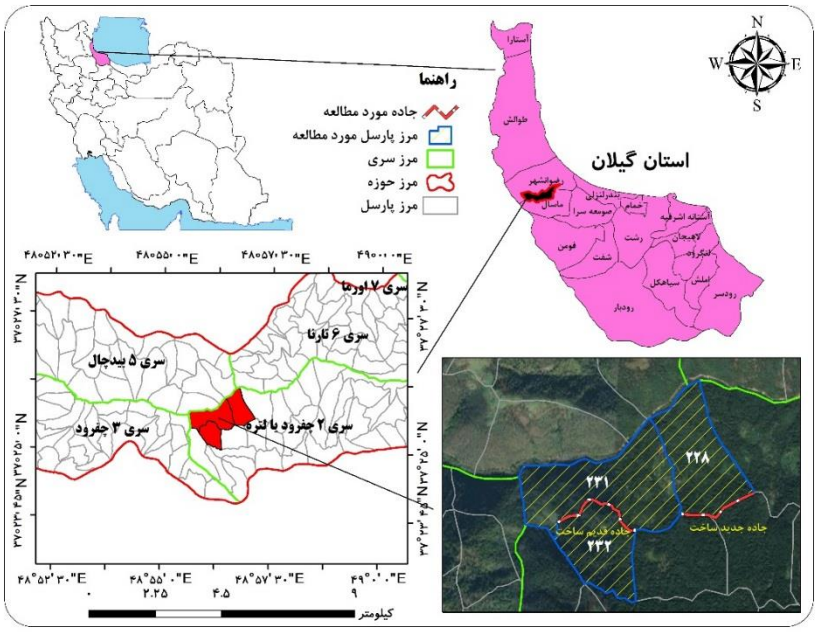
مقدمه

برای حفاظت جنگل و رسیدن به توسعهٔ پایدار، برنامه‌ریزی و اجرای دقیق طرح‌های جنگلداری ضرورت دارد. از طرفی، تحقق اهداف مدیریتی و بهره‌برداری اصولی از جنگل مستلزم ایجاد امکانات و تأسیسات زیربنایی است (Huang *et al.*, 2023). ازجمله مهم‌ترین این امکانات، ایجاد یک شبکه از جاده‌های جنگلی با تراکم بهینه است (Hajipour *et al.* 2021). جاده‌های جنگلی نقشی مؤثر، مثبت و اساسی در مدیریت، حفاظت و احیای جنگل‌ها در مناطق جنگلی دارند. برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای پروژهٔ ساخت جاده‌ها می‌بایست با لحاظ ملاحظات فنی باشد تا فضا برای مدیریت بهینهٔ جنگل فراهم شود (Avon *et al.*, 2005; Sarup, 2020). جاده‌ها در هر مقیاسی در سطح رویشگاه به‌دلیل برداشت درختان جنگلی، موجب ایجاد تغییرات گسترده ازنظر نور دریافتی، رطوبت و تغییر در شاخص‌های تنوع‌زیستی در میان‌مدت و طولانی‌مدت می‌شوند (Forman and Alexander, 1998). هرچند تاکنون مطالعات زیادی در ارتباط با اثر جاده‌ها بر خصوصیات مختلف جنگل انجام شده است؛ اما چه بسا نوع این اثر در شرایط جنگلی مختلف، متفاوت باشد. جاده‌ها در اکوسیستم جنگل باعث ایجاد حفره‌های خطی می‌شوند (Bazyari *et al.*, 2012)، اکوسیستم را تقسیم کرده و مرزهایی را ایجاد می‌نمایند که شرایط حیاتی و غیرحیاتی را به‌طور ناگهانی تغییر می‌دهند (Barnes *et al.*, 1997). تغییر عوامل غیر حیاتی ابتدا در اثر برداشت تاج پوشش ایجاد می‌شود که از این طریق به‌واسطهٔ تغییر نور دریافتی, رژیم باد، رطوبت و درجه حرارت سبب تغییر ریزاقلیم اطراف خود می‌گردد. تغییر پارامترهای غیر حیاتی تا فواصلی از جنگل نفوذ می‌نماید که می‌تواند دامنه‌ای از چند متر تا صد متر داشته باشد (Najafi *et al.*, 2011). بنابراین مسیرهای جاده باید با توجه به ویژگی‌های محیط‌زیستی مناطق و رعایت اصول آن طراحی شوند. در ارزیابی هزینه‌های جاده‌سازی یکی از مهم‌ترین موارد برای هزینهٔ ساخت هر کیلومتر جادهٔ جنگلی، هزینهٔ از دست رفتن رویش ناشی از قطع درختان محدودهٔ حریم است. همچنین قطع درخت در جاده باعث کاهش ریزش برگ‌های درختان و نهایتاً کاهش لاشبرگ می‌شود (Makineci *et al.*, 2006). اثر وجود درخت و تاج پوشش بر جریان هوا، تغییر در دما و رطوبت اتمسفر، آب ذخیره شده و رطوبت بخش خاک و تبادل مواد اثبات‌شده است (Barnes *et al.*, 1997). بنابراین، هر گونه تغییر در تاج پوشش می‌تواند موجب تغییرات قابل‌توجهی در اکوسیستم‌های جنگلی شود. کاهش میزان درصد تاج پوشش و رقابت نوری درختان در جاده، امکان دسترسی به انرژی خورشید را برای گیاهان حاشیهٔ جاده مهیا می‌سازد (Lamont *et al.*,1994). از آنجا که تأثیرگذاری اکولوژیک ناشی از ساخت‌وساز جاده جنگلی در سطحی فراتر از عرض جاده رخ می‌دهد، این احتمال وجود دارد که به‌دلیل زیر و رو شدن خاک و فراوانی ازت و نیز ایجاد آرایشی پیوسته از حفره‌های تاج پوشش در امتداد راه‌ها و درنتیجه افزایش تعداد برگ‌های درختان و توانایی فتوسنتز، تا حدودی تنوع زیستی، ابعاد و اندازهٔ درختان و همچنین موجودی حجمی توده‌های اطراف جاده‌های جنگلی افزایش‌یافته و بدین‌ترتیب بخشی از کاهش توان تولید رویشگاه (در اثر احداث جاده) بسته به جهت، شیب و گونه‌های مختلف درختی جبران شود (pourbabai *et al.*, 2016). جاده‌ها حتی می‌توانند از طریق فراهم کردن زیستگاهی جدید برای رشد و مجرایی برای پراکندگی بذر به‌وسیلهٔ باد یا وسایل نقلیه در انتشار گونه‌های غیربومی نیز مؤثر باشند (Belinchon *et al.*, 2007). از طرفی، وجود جاده می‌تواند با بالاترین سطح تخریب همراه با تغییر شرایط رویشگاهی (Karim and Mallik, 2008; Sarup, 2020) مانند تخریب خاک و ورود نور (Berenji *et al.*, 2014) همراه باشد. خاک‌های مرطوب برای گونه‌های غیربومی و همچنین گونه‌های غیر جنگلی مطلوب هستند (Parandes and Jones, 2000). تخریب و به‌هم خوردگی ناشی از ساخت جاده‌های جنگلی (Karamirad *et al.*, 2016) حتی می‌تواند تا فواصل دورتری از لبهٔ جاده گسترش یابد (Naghdi *et al.*, 2013). بسیاری از گونه‌های غیربومی ممکن است بعد از ساخت جاده در حاشیه‌های آن گسترش یافته و با فاصله گرفتن از لبهٔ جاده و حرکت به‌سمت عمق جنگل کاهش یابند (Arevalo *et al.*, 2005, Bowering *et al.*, 2006 Pourbabaei *et al.*, 2016). طی بررسی‌هایی اثبات شده است که در حاشیهٔ جاده و تا ۲ الی ۳ متری از لبهٔ جاده نسبت به داخل جنگل کاهش زادآوری درختی مشاهده می‌شود (Belinchon *et al.*, 2007). تغییر در زادآوری جنگل به‌دلایلی نظیر باز شدن تاج پوشش و همچنین تغییر وضعیت نور به‌علت وجود جاده، حرکت و به‌هم‌خوردگی خاک در شیروانی‌های جاده موجب تغییر در تنوع و ترکیب گونه‌ها می‌شود (Delgado *et al.*, 2007, Deljouei et al., 2016; Wei *et al.*, 2016). فرضیات این پژوهش بر مبنای تأثیرگذاری مؤثر سن جاده بر میزان اثرات جاده بر جنگل، وجود اثرات عمدهٔ جاده در فواصل نزدیک‌تر از لبهٔ جاده و افزایش اثرات اکولوژیک بر جنگل با افزایش سن جاده، پایه‌گذاری شده است. بنابراین لازم است تا

اثرات اکولوژیک جاده (تأثیر بر پوشش گیاهی) در شرایط مختلف بررسی و مورد ارزیابی قرار گیرد. این پژوهش با هدف ارزیابی تغییرات شاخص‌های تنوع‌زیستی در فواصل مختلف از جاده‌های جنگلی غرب استان گیلان در سنین مختلف انجام شد.

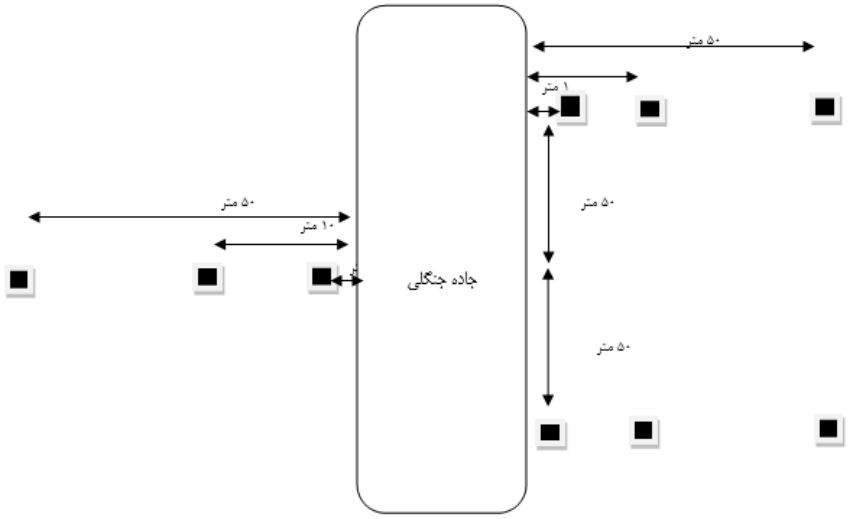
روش‌شناسی پژوهش

منطقهٔ مورد مطالعه: جنگل مورد بررسی در سری ۲ حوزهٔ آبخیر چفرود واقع در غرب استان گیلان قرار گرفته است و این پژوهش در حاشیهٔ جاده های عبوری از کنار سه پارسل از این سری محدود گردید (شکل ۱). حوزهٔ آبخیز چفرود طبق حوزه‌بندی آبخیزهای جنگل‌های شمال ایران در حوزهٔ آبخیز ۱۰ قرار گرفته است. این سری در فاصلهٔ حدود ۵۰ کیلومتری از شهر شاندرمن واقع شده است که توسط شرکت شفارود گیلان مدیریت می‌شود. از سمت شمال به سری‌های ۵ و۶ این حوزه، از سمت جنوب به حوزهٔ شاندرمن و از سمت شرق به سری ۱ محدود می‌گردد. جهت منطقه شمالی و این ناحیه در عرض ۲۵ و°۳۷ و طول جغرافیایی ۲۶ و°۴۹ واقع شده است. مساحت سری ۲۲۴۰ هکتار است که حدود ۹۰ درصد آن قابل بهره‌برداری می‌باشد. سری ۲ چفرود به نام دیگر سری لتره معروف است که شامل ۴۷ پارسل می‌باشد. از نظر وضعیت پستی بلندی منطقه‌ای است کوهستانی و شیب‌دار که شیب آن در پاره‌ای از موارد تا هشتاد درصد می‌باشد؛ همچنین ارتفاع از سطح دریا در سری مورد نظر از ۹۰۰ متر تا ۱۵۰۰ متر متغیر است (Anonymous, 2001).



شکل ۱- موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در ایران و استان گیلان

جمع‌آوری داده‌ها: در این تحقیق ابتدا دو جاده با سن ساخت متفاوت (یکی با سن حدود ۱۰ سال و دیگری با سن حدود ۳۰ سال) و با شرایط مشابه از نظر عرض و نوع ساخت (ازنظر مصالح استفاده شده در روسازی) انتخاب شده و سپس بر روی هر یک از جاده‌ها مقطعی تقریباً مستقیم (همراه با قوس) و با طول تقریبی ۱ کیلومتر طبق طرح نمونه‌برداری جهت تحقیق انتخاب گردید. طرح نمونه‌برداری بدین‌صورت پیاده شد که بعد از استقرار ترانسکت‌هایی با طول ۷۰ متر و با فاصلهٔ ۵۰ متری از یکدیگر به‌صورت یک در میان در دو طرف جاده، پلات‌هایی با مساحت ۲۰ متر مربع در فواصل ۱ متری، ۱۰ متری و ۵۰ متری از لبهٔ جاده بر روی ترانسکت‌ها، جهت برداشت تعداد گونه، ارتفاع گونه و نوع گونه‌های درختی پیاده شد (شکل ۲).



شکل ۲- طرح نمونه‌برداری پژوهش (مربع‌های نقاط سیاه‌رنگ محل استقرار پلات‌های نمونه‌برادری در حاشیهٔ جاده‌های جنگلی را نشان می‌دهد)

تجزیه و تحلیل داده‌ها: نرمال بودن داده‌ها در هر یک از گروه‌ها به‌وسیلهٔ آزمون کولموگروف–اسمیرنوف و همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. از تجزیه واریانس سه‌طرفه (فاصله، نوع جاده و دامنهٔ جاده) و همچنین آزمون مقایسات میانگین چنددامنه‌ای دانکن برای بررسی اختلاف میانگین‌های مربوط به زادآوری و مقادیر شاخص‌های تنوع با توجه به فواصل مختلف از جاده و آزمون مقایسهٔ جفتی LSD برای بررسی اختلاف میانگین‌های مربوط به زادآوری و مقادیر شاخص‌های تنوع با توجه به نوع جاده (جدید و قدیم) و نوع دامنهٔ جاده (پایین‌دست و بالادست) استفاده شد. با در نظر گرفتن فرمول‌های مربوط، شاخص تنوع سیمپسون (رابطهٔ ۱)، غنای منهینیک (رابطهٔ ۲) و شاخص یکنواختی پیلو (رابطهٔ ۳) با استفاده از نرم‌افزار Ecological Methodology محاسبه شدند.

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^{S} \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}\right] \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

$$R = \frac{S}{\sqrt{N}} \qquad \text{رابطهٔ ۲}$$

$$E = \frac{\acute{H}}{\ln(N)} \qquad \text{رابطهٔ ۳}$$

که در این رابطه‌ها: n_i: تعداد افراد گونه iام، 1-D: شاخص تنوع سیمپسون، N: تعداد کل افراد نمونه، s: تعداد کل گونه‌ها در نمونه، R: شاخص غنای منهینیک، E: شاخص یکنواختی پیلو، H: مجموع نسبت افراد یا وفور گونه‌ها و ln: لگاریتم در پایه ۱۰.

یافته‌های پژوهش

گونه‌های چوبی مناطق مورد مطالعه: نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در جادهٔ قدیم‌ساخت مورد بررسی ۷ گونهٔ چوبی درختی و در جادهٔ جدیدساخت مورد بررسی ۴ گونهٔ چوبی درختی وجود داشت. تعداد ۴ گونهٔ مشترک راش، توسکا، ممرز و افرا پلت در جنگل حاشیهٔ دو نوع جاده جدید و قدیم وجود داشت (جدول ۱). با توجه به مطالعات زمینی برای بهتر نشان دادن وضعیت زادآوری گونه‌های چوبی در منطقهٔ مورد مطالعه، گونه‌های برداشت شده در سه طبقهٔ ارتفاعی تا ۷۰ سانتی‌متر، ۷۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر و بیشتر از ۱۵۰ سانتی‌متر تقسیم‌بندی شد (جدول ۲).

جدول ۱- گونه‌های درختی در مناطق مورد مطالعه

نوع گونه	اسم علمی	جادهٔ جدید	جادهٔ قدیم
راش	*Fagus orientalis Lipsky*	+	+
توسکای ییلاقی	*Alnus subcordata C.A.Mey.*	+	+
ممرز	*Carpinus betulus Linea*	+	+
افرا پلت	*Acer insigne Bioss.*	+	+
نمدار	*Tilia begonifolia Stev.*	-	+
ملج	*Ulmus glabra Huds.*	-	+
خرمندی	*Diospyrus lotus Linea.*	-	+

عدم حضور- حضور، +

جدول ۲- تعداد در پلات گونه‌های درختی

گونه	جادهٔ قدیم				جادهٔ جدید			
	تعداد در پلات	طبقات ارتفاعی (cm)			تعداد در پلات	طبقات ارتفاعی (cm)		
		۰-۷۰	۷۰-۱۵۰	>۱۵۰		۰-۷۰	۷۰-۱۵۰	>۱۵۰
راش	۱۱/۴۵	۹/۰۵	۱/۴۰	۱/۰۰	۱۵/۱۲	۹/۵۲	۲/۹۲	۲/۶۸
توسکا ییلاقی	۵/۲۴	۳/۲۲	۱/۱۲	۰/۹	۶/۴۴	۲/۶۴	۱/۷۴	۲/۶۰
ممرز	۱/۷۸	۰/۷۸	۱/۰۰	۰	۳/۶۰	۱/۶۰	۰/۸۰	۱/۲۰
افرا پلت	۰/۶۶	۰/۵۵	۰/۱۱	۰	۰/۳۴	۰/۱۶	۰	۰/۱۸
نمدار	–	–	–	–	۰/۴۴	۰/۲۴	۰/۲۰	۰
ملج	–	–	–	–	۰/۰۸	۰	۰	۰/۰۸
خرمندی	–	–	–	–	۰/۳۴	۰	۰/۲۰	۰/۱۴

تحلیل زادآوری گونه‌های چوبی: میانگین میزان زادآوری برای دو نوع جادهٔ جدید و قدیم به تفکیک فواصل مختلف از جاده‌ها به‌ترتیب در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به این که مساحت هر پلات ۲۰ مترمربع بود؛ بعد از برداشت میزان زاداوری در پلات، این مقادیر به‌صورت میزان زاداوری در هکتار بیان شد. میانگین زادآوری در پایین‌دست و بالادست جاده جدید به‌ترتیب برابر ۱۲۹۶۵ و ۸۲۴۵ اصله در هکتار و در پایین‌دست و بالادست جادهٔ قدیم به‌ترتیب برابر ۹۸۹۵ و ۱۲۷۹۵ اصله در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳).

آزمون تجزیه واریانس زادآوری گونه‌های چوبی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین فواصل مختلف از جاده، نوع جاده و همچنین بین پایین‌دست و بالادست جاده‌های مورد بررسی در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد (جدول ۴). از طرفی نتایج آزمون دانکن در مقایسهٔ میزان زاداوری گونه‌های درختی در طبقات فاصله‌ای نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین زادآوری گونه‌های درختی وجود دارد. همچنین نتایج آزمون LSD در مقایسهٔ میزان زاداوری گونه‌های درختی با توجه به نوع جاده و دامنهٔ جاده نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین زادآوری گونه‌های درختی وجود دارد (شکل ۳).

تحلیل شاخص تنوع سیمپسون گونه‌های چوبی: میانگین شاخص تنوع سیمپسون برای دو نوع جادهٔ جدید و قدیم به تفکیک در فواصل مختلف از جاده‌ها به‌ترتیب در جدول ۵ ارائه شده است. میانگین تنوع در پایین‌دست و بالادست جادهٔ جدید به‌ترتیب برابر ۰/۲۴۳ و ۰/۱۸۴ و در پایین‌دست و بالادست جادهٔ قدیم به‌ترتیب برابر ۰/۲۸۸ و ۰/۲۲۲ به‌دست آمد.

جدول ۳- آمار توصیفی زادآوری گونه‌های چوبی در جادهٔ جدید و قدیم

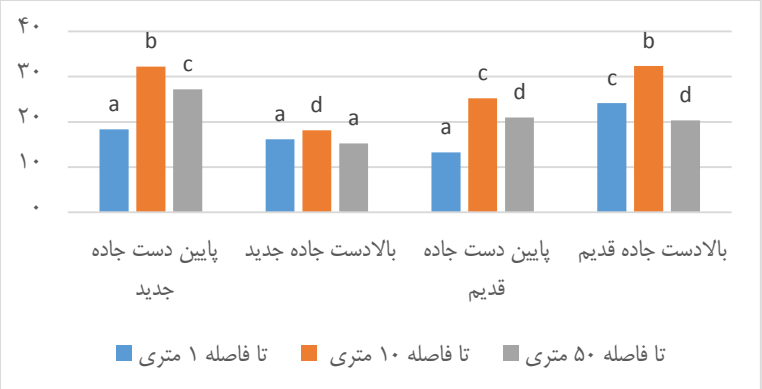
نوع جاده	جادهٔ جدید						جادهٔ قدیم					
	پایین‌دست جاده			بالادست جاده			پایین‌دست جاده			بالادست جاده		
فاصله از جاده (متر)	تعداد	میانگین در پلات	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین در پلات	انحراف معیار	تعداد	میانگین در پلات	انحراف معیار
۱	۳	۱۸/۳۵	۷/۴۵	۳	۱۶/۱۵	۶/۰۸	۳	۱۳/۲۱	۴/۴۴	۳	۲۴/۱۲	۵/۵۰
۱۰	۳	۳۲/۲۳	۵/۱۶	۳	۱۸/۱۲	۵/۰۴	۳	۲۵/۱۹	۶/۰۸	۳	۳۲/۳۴	۸/۶۶
۵۰	۳	۲۷/۲۲	۶/۹۳	۳	۱۵/۱۹	۵/۲۳	۳	۲۰/۹۸	۸/۵۷	۳	۲۰/۳۲	۷/۶۴
متوسط در هکتار *		۱۲۹۶۵			۸۲۴۵			۹۸۹۵			۱۲۷۹۵	

با توجه به این که مساحت پلات ها ۲۰ مترمربع بوده است به‌منظور دستیابی به میزان تعداد اصله در هکتار مقادیر میانگین در پلات در عدد ۵۰۰ ضرب شده است.

جدول ٤- نتایج آزمون تجزیه واریانس سه‌طرفهٔ زادآوری گونه‌های چوبی

منبع تغییرات	df	F	p_{value}
فاصله از جاده	۲	۲/۷۸	*۰/۰۲۱
نوع جاده	۱	۳/۰۸	*۰/۰۳۳
دامنهٔ جاده	۱	۲/۰۹	*۰/۰۴۶
فاصله از جاده × نوع جاده	۲	۳/۰۲	*۰/۰۴۳
فاصله از جاده × دامنه جاده	۲	۳/۰۱	ns۰/۰۳۴
نوع جاده × دامنهٔ جاده	۲	۵/۶۷	ns۰/۰۰۰
فاصله از جاده × نوع جاده × دامنهٔ جاده	۲	۳/۴۲	*۰/۰۳۴

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد و ns عدم معنی‌داری



شکل ۳- نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین میزان زادآوری گونه‌های چوبی
(ستون‌های دارای حروف انگلیسی غیرمشابه با همدیگر اختلاف معنی داری دارند)

جدول ۵- آمار توصیفی شاخص تنوع سیمپسون در جاده جدید و قدیم

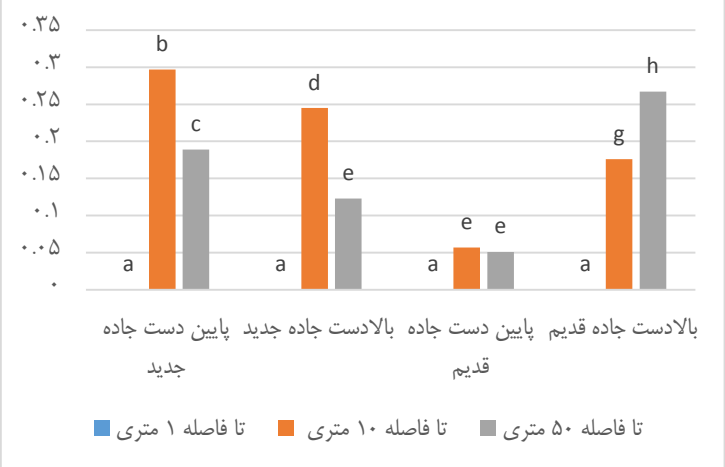
نوع جاده	جادهٔ جدید						جادهٔ قدیم					
	پایین‌دست جاده			بالادست جاده			پایین‌دست جاده			بالادست جاده		
فاصله از جاده (متر)	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار
۱	۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۳	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۰	۳	۰/۲۹۷	۰/۰۵۶	۳	۰/۲۴۵	۰/۰۷۸	۳	۰/۲۲۴	۰/۰۵۷	۳	۰/۱۷۶	۰/۰۳۰
۵۰	۳	۰/۱۸۹	۰/۰۳۴	۳	۰/۱۲۳	۰/۰۴۳	۳	۰/۳۵۲	۰/۰۵۱	۳	۰/۲۶۷	۰/۰۴۶
متوسط		۰/۲۴۳			۰/۱۸۴			۰/۲۸۸			۰/۲۲۲	

نتایج آزمون تجزیه واریانس شاخص تنوع گونه‌های چوبی نشان داد که هر چند از نظر نوع دامنه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما اختلاف معنی‌داری بین فواصل مختلف و نوع جاده در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده می‌شود (جدول ۶). از طرفی نتایج آزمون دانکن در مقایسهٔ مقادیر شاخص تنوع سیمپسون در طبقات فاصله‌ای نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین طبقات فاصله‌ای از لحاظ شاخص تنوع وجود دارد. همچنین نتایج آزمون LSD در مقایسهٔ میزان شاخص تنوع سیمپسون با توجه به نوع جاده و دامنهٔ جاده نشان داد که اختلاف معنی‌داری وجود دارد (شکل ۴).

جدول ٦- نتایج آزمون تجزیه واریانس سه‌طرفهٔ شاخص تنوع سیمپسون

منبع تغییرات	df	F	pvalue
فاصله از جاده	۲	۹/۲۴	۰/۰۱ *
نوع جاده	۲	۴/۰۳	۰/۰۳۲*
دامنهٔ جاده	۱	۰/۲۳۴	۰/۴۵۶ ns
فاصله از جاده × نوع جاده	۴	۰/۳۶۵	۰/۵۴۳ ns
فاصله از جاده × دامنهٔ جاده	۲	۰/۴۱۵	۰/۶۵۱ ns
نوع جاده × دامنهٔ جاده	۲	۰/۹۰	۰/۴۵۱ ns
فاصله از جاده × نوع جاده × دامنهٔ جاده	۴	۱/۱۲	۰/۳۲۵ ns

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد و ns عدم معنی‌داری



شکل ٤- نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین شاخص تنوع سیمپسون
(ستون‌های دارای حروف انگلیسی غیرمشابه با همدیگر اختلاف معنی داری دارند)

تحلیل شاخص غنای منهینیک گونه‌های چوبی: میانگین شاخص غنای منهینیک برای دو نوع جادهٔ جدید و قدیم به تفکیک فواصل مختلف بررسی شده از جاده‌ها به‌ترتیب در جدول ۷ ارائه شده است. میانگین شاخص غنا در پایین‌دست و بالادست جادهٔ جدید به‌ترتیب برابر ۰/۸۲۹ و ۰/۵۳۲ و در پایین‌دست و بالادست جادهٔ قدیم به‌ترتیب برابر ۱/۲۲۰ و ۱/۰۹۳ به‌دست آمد.

جدول ۷- آمار توصیفی شاخص غنای منهینیک در جادهٔ جدید و قدیم

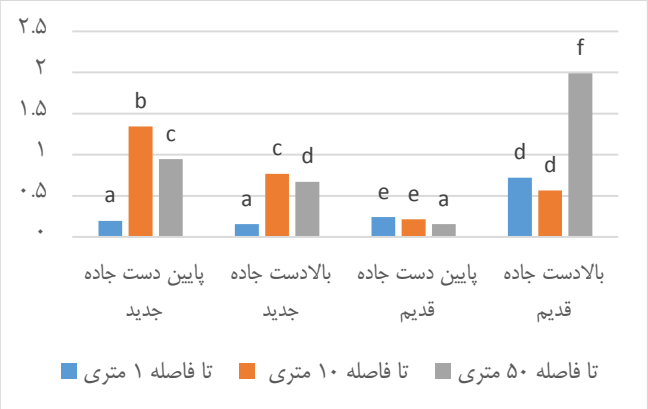
نوع جاده	جادهٔ جدید						جادهٔ قدیم					
	پایین‌دست جاده			بالادست جاده			پایین‌دست جاده			بالادست جاده		
فاصله از جاده (متر)	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار
۱	۳	۰/۱۹۷	۰/۰۵۴	۳	۰/۱۵۶	۰/۱۲۳	۳	۰/۲۲۱	۰/۲۴۳	۳	۰/۷۲۱	۰/۳۱۲
۱۰	۳	۱/۳۴۵	۰/۰۴۵	۳	۰/۷۶۷	۰/۰۹۶	۳	۱/۸۷۵	۰/۲۱۳	۳	۰/۵۶۷	۰/۱۱۲
۵۰	۳	۰/۹۴۵	۰/۱۳۴	۳	۰/۶۷۲	۰/۱۲۶	۳	۱/۵۵۰	۰/۱۵۶	۳	۱/۹۹	۰/۳۲۴
متوسط		۰/۸۲۹			۰/۵۳۲			۱/۲۲۰			۱/۰۹۳	

آزمون تجزیه واریانس غنای منهینیک گونه‌های چوبی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین دو نوع جادهٔ جدید و قدیم و همچنین طبقات فاصله‌ای در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد (جدول ۸). از طرفی، نتایج آزمون دانکن در مقایسهٔ مقادیر شاخص غنای منهینیک در طبقات فاصله‌ای نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین فواصل از نظر شاخص غنا وجود دارد. همچنین نتایج آزمون LSD در مقایسهٔ میزان شاخص غنا با توجه به نوع جاده و دامنهٔ جاده نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین جادهٔ قدیم و جاده جدید و همچنین بین بالادست و پایین‌دست جاده از نظر شاخص غنا وجود دارد (شکل ۵).

جدول ۸- نتایج آزمون تجزیه واریانس سه‌طرفهٔ شاخص غنای منهینیک

منبع تغییرات	df	F	pvalue
فاصله از جاده	۲	۱۰/۹۷	۰/۰۰ *
نوع جاده	۲	۸/۲۸۰	۰/۰۰ **
دامنهٔ جاده	۱	۰/۰۹۴	۰/۷۶۱ ns
فاصله از جاده × نوع جاده	۴	۱/۴۹	۰/۰۰ **
فاصله از جاده × دامنهٔ جاده	۲	۲/۲۱	۰/۱۳۱ ns
نوع جاده × دامنهٔ جاده	۲	۱/۳۶	۰/۲۵۵ ns
فاصله از جاده × نوع جاده × دامنهٔ جاده	۴	۲/۹۸	۰/۰۷۰ ns

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد و ns عدم معنی‌داری



شکل ۵- نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین شاخص غنای منهینیک
(ستون‌های دارای حروف انگلیسی غیرمشابه با همدیگر اختلاف معنی داری دارند)

تحلیل شاخص یکنواختی پیلو گونه‌های چوبی: میانگین شاخص یکنواختی پیلو برای دو جادهٔ جدید و قدیم به تفکیک فواصل مختلف بررسی شده از جاده‌ها به‌ترتیب در جدول ۹ ارائه شده است. میانگین تنوع در پایین‌دست و بالادست جادهٔ جدید به‌ترتیب برابر ۱/۱۰۹ و ۰/۹۲۱ و در پایین‌دست و بالادست جادهٔ قدیم به‌ترتیب برابر ۱/۰۰۳ و ۰/۸۹۴ به‌دست آمد.

جدول ۹- آمار توصیفی شاخص یکنواختی پیلو در جادهٔ جدید و قدیم

نوع جاده	جادهٔ جدید						جادهٔ قدیم					
	پایین‌دست جاده			بالادست جاده			پایین‌دست جاده			بالادست جاده		
فاصله از جاده (متر)	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار
۱	۳	۰/۹۶۳	۰/۴۳۴	۳	۰/۸۵۱	۰/۲۳۱	۳	۱/۰۹	۰/۴۰۷	۳	۷۶۱ ۰/	۰/۲۳۱
۱۰	۳	۱/۲۴۵	۰/۵۳۴	۳	۱/۱۹۰	۰/۴۵۶	۳	۰/۹۴۳	۰/۳۳۴	۳	۰/۸۳۱	۰/۳۲۳
۵۰	۳	۱/۱۲۰	۰/۴۲۱	۳	۱/۱۲۳	۰/۳۸	۳	۰/۹۷۶	۰/۳۴۵	۳	۱/۰۹	۰/۳۰۸
متوسط		۱/۱۰۹			۰/۹۲۱			۱/۰۰۳			۰/۸۹۴	

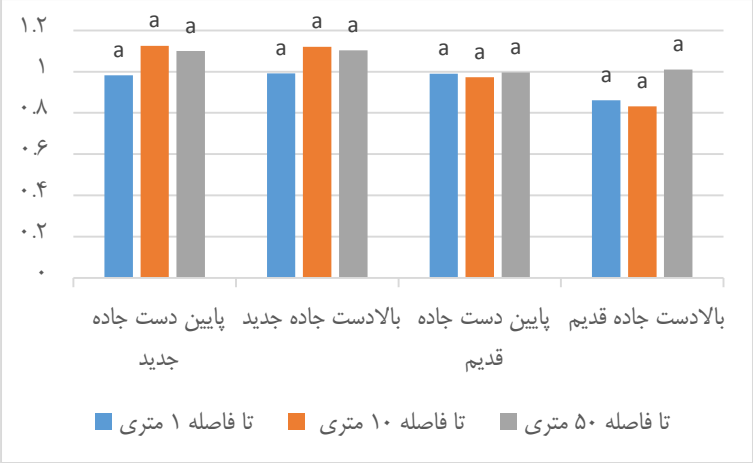
آزمون تجزیه واریانس شاخص یکنواختی پیلو گونه‌های چوبی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین طبقات فاصله‌ای، نوع جاده و همچنین بین پایین‌دست و بالادست جاده‌ها وجود ندارد (جدول ۱۰). از طرفی نتایج آزمون دانکن در مقایسهٔ مقادیر شاخص

یکنواختی پیلو در طبقات فاصله‌ای نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین فواصل از نظر این شاخص وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون LSD در مقایسهٔ میزان شاخص یکنواختی با توجه به نوع جاده و دامنهٔ جاده نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین جادهٔ قدیم و جادهٔ جدید و همچنین بین بالادست و پایین‌دست جاده از نظر شاخص پیلو وجود ندارد (شکل ۶).

جدول ۱۰- نتایج آزمون تجزیه واریانس سه‌طرفهٔ شاخص یکنواختی پیلو

منبع تغییرات	df	F	pvalue
فاصله از جاده	۲	۱/۰۹	^{ns}۰/۱۵۵
نوع جاده	۲	۰/۲۲۱	^{ns}۰/۵۳۲
دامنه جاده	۱	۲/۷۸	^{ns}۰/۱۵۴
فاصله از جاده × نوع جاده	۴	۷/۶۵	^{ns}۰/۱۱۴
فاصله از جاده × دامنه جاده	۲	۱/۴۲	^{ns}۰/۱۳۴
نوع جاده × دامنه جاده	۲	۱/۲۳۴	^{ns}۰/۴۳۰
فاصله از جاده × نوع جاده × دامنه جاده	۴	۳/۸۵	^{ns}۰/۲۴۵

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری



شکل ٦- نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین شاخص یکنواختی پیلو
(ستون‌های دارای حروف انگلیسی غیرمشابه با همدیگر اختلاف معنی داری دارند)

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیقات مرتبط با تأثیر توسعهٔ زیرساخت در جنگل بر شاخص‌های تنوع‌زیستی یکی از فاکتورهای ضروری برای مدیریت در این اکوسیستم می‌باشد؛ در همین راستا بررسی اثرات ساخت جاده بر حاشیهٔ جاده‌های جنگلی، برای تحلیل تغییرات در اکوسیستم، دارای اهمیت ویژه‌ای است. چراکه گونه‌های گیاهی موجود در یک جنگل و همچنین ذخایر ژنتیکی دربرگیرندهٔ آن جهت تضمین سلامت اکوسیستم و برآورده‌سازی نیازها و خواسته‌های انسان و سایر موجودات دارای اهمیت است. فقدان تنوع زیستی، تهدیدی خطرناک برای ادامهٔ حیات انسان و موجودات دیگر محسوب می‌شود (Avon *et al.*, 2010; Huang *et al.*, 2023). در این تحقیق تأثیر ساخت دو نوع جادهٔ جنگلی (جدید و قدیم) بر زادآوری و تنوع زیستی گونه‌های چوبی درختی تا فاصلهٔ ۵۰ متری از لبهٔ جاده ارزیابی شد. مقایسهٔ زادآوری گونه‌های درختی در پایین‌دست و بالادست جاده حاکی از این مهم است که میزان این مشخصه در این دو بخش دارای اختلاف معنی‌داری است (p_{value}= ۰/۰۴۶) (جدول ۴). همچنین مقایسهٔ تعداد زادآوری در فواصل مختلف از جنگل در قسمت‌های پایین‌دست و بالادست جاده نشان داد که روند تغییرات تعداد زادآوری در فواصل مختلف (p_{value}= ۰/۰۲۱) و در هر دو نوع جادهٔ جدید و قدیم (p_{value}= ۰/۰۳۳) متفاوت است (جدول ۴ و شکل ۳).

میزان زاداوری گونه‌های چوبی در قطعات نمونهٔ واقع‌شده در فاصلهٔ ۱۰ متر از لبهٔ جاده بیشتر از میزان زادآوری این گونه‌ها در فاصلهٔ ۱ و ۵۰ متری از لبهٔ جاده می‌باشد (شکل ۳) که نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش‌های مشابه (Naghdi *et al*., 2013; Najafi *et al*., 2011; Avon *et al*., 2010) مطابقت دارد. در راستای این نتیجه‌گیری علت را می‌توان در تثبیت دامنه و فعالیت ماشین‌آلات در فاصلهٔ یک متری از لبهٔ جادهٔ جنگلی، میزان کوبیدگی خاک بیشتر و نفوذ ریشهٔ نهال‌ها به داخل خاک سخت دانست که منجر به از بین رفتن بسیاری از زادآوری‌های موجود در نزدیکی جاده‌های جنگلی می‌شود (Bowering *et al*., 2006). در تحقیقی بر روی ریزاقلیم اطراف جاده‌های جنگلی در کانادا (Karim and Mallik, 2008) بیان شده است که در فواصل دو و پنج متری از لبهٔ جاده میزان رطوبت و مواد آلی کمترین مقدار بوده است، درحالی‌که با فاصله گرفتن از لبهٔ جاده‌های جنگلی میزان رطوبت و مواد آلی خاک افزایش می‌یابد. پوشش زیاد گونه‌های نورپسند در حال رقابت در حاشیهٔ جاده، دلیلی دیگر در کم شدن زادآوری گونه‌های جنگلی در نزدیک حاشیهٔ جاده هست (Naghdi *et al*., 2013). در اثر احداث جاده‌های جنگلی، به‌هم‌خوردن ترکیب خاک جنگلی و نیز باز شدن تاج پوشش و در پی آن تغییر ناگهانی در اکوسیستم جنگلی، به‌لحاظ اکولوژیک، گونه‌های توالی اولیه از قبیل توسکا و افرا در لبهٔ جاده‌های جنگلی مستقر می‌شوند (جدول‌های ۱ و ۲). در منطقهٔ مورد مطالعه، گونهٔ درختی توسکا و افرا در حاشیهٔ جاده به‌دلیل نورپسند بودن و مهیا شدن شرایط خاک، در اکثر قطعات نمونه مشاهده شد (جدول ۲). از طرفی نوع گونه‌های چوبی حاکی از آن است که فاصلهٔ ۱۰ متری از جاده که مانند یک منطقهٔ روشن طبیعی عمل کرده، دارای حداقل به‌هم‌خوردگی و تخریب ناشی از تردد ماشین‌آلات جاده‌سازی بوده است. این فاصله با داشتن ویژگی‌های مساعدی مانند نور کافی، مواد آلی، رطوبت بیشتر و گونه‌های رقابت‌کنندهٔ کمتر، شرایط مناسبی را برای زادآوری گونه‌های درختی دیگر نیز فراهم می‌نماید (Bazyari *et al*., 2012). علت کاهش زادآوری در فواصل بعد از ۱۰ متر به‌سمت عمق جنگل هم به‌دلایلی از قبیل افزایش درصد تاج پوشش و بسته‌تر شدن پوشش تاجی، کاهش زادآوری گونه‌های نورپسند، افزایش ضخامت لاشبرگ و عدم رویش بعضی از بذرها به‌خصوص در مورد گونه‌های ریزبذر می‌باشد (Forman and Alexander, 1998; Makineci et al., 2006). از طرفی نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری از نظر شاخص تنوع سیمپسون، در فواصل (p_{value}=۰/۰۱۰) و در نوع جاده (p_{value}= ۰/۰۳۲) و از نظر شاخص غنای منهینیک نیز تفاوت معنی‌داری در فواصل (p_{value}= ۰/۰۰۰) و در نوع جاده (p_{value}= ۰/۰۰۰) وجود دارد (جدول‌های ۶ و ۸). هر چند که نتایج تجزیه واریانس نشان داد شاخص تنوع در دامنه‌ها متفاوت نیست (p_{value} >۰/۴) (جدول‌های ۶ و ۸) ولی نتایج آزمون‌های مقایسهٔ میانگین نشان داد که در بالادست و پایین‌دست جاده نیز متفاوت است (شکل‌های ۴ و ۵). براساس نتایج با افزایش فاصله از جاده و حرکت به‌سمت داخل جنگل بر مقدار تنوع و غنای گونه‌ای افزوده می‌شود (جدول‌های ۵ و ۷). مقایسهٔ مقدار شاخص یکنواختی پیلو در عمق‌های مختلف جنگل نشان داد که بین فواصل مختلف از جاده (p_{value}= ۰/۱۵۵) و همچنین بین نوع جاده‌ها (p_{value}= ۰/۵۳۰) و نوع دامنه (p_{value}= ۰/۱۵۴) اختلاف معنی‌داری ازنظر یکنواختی وجود ندارد (جدول ۱۰ و شکل ۶).

محققین زیادی در داخل و خارج کشور، در مورد اثر جاده‌های جنگلی بر شاخص‌های تنوع‌زیستی گونه‌های گیاهی تحقیق نموده‌اند (Hajipour *et al*., 2021) که یافته‌های آن‌ها براساس سن و نوع جاده و همچنین شرایط منطقهٔ مورد مطالعه (مثلاً ارتفاع از سطح دریا) تا حدی متفاوت بوده است (Najafi *et al*., 2011). نتایج مقایسهٔ تحقیق حاضر با پژوهشی دیگر (Bazyari *et al*., 2012) از جنبهٔ عدم تفاوت سنجه‌های تنوع زیستی در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست جاده مطابقت دارد. هر چند که نتایج یک پژوهش در بخش نم‌خانهٔ جنگل آموزشی دانشگاه تهران تفاوت معنی‌داری را بین تنوع و غنای گیاهان زیراشکوب در دامنه‌های جاده‌های اصلی و فرعی نشان نداده است (Deljouei *et al*. 2016) اما تفاوت شاخص‌های تنوع زیستی در فواصل مختلف از حاشیهٔ جاده مطابق تحقیق حاضر بوده است. برخلاف نتایج این بررسی، در تحقیقی دیگر (Berenji *et al*., 2014) نتیجه‌گیری شد جادهٔ جنگلی تأثیر آماری معنی‌داری بر تنوع زیستی گونه‌های گیاهی درختی نداشت که به‌نظر قدمت زیاد جاده در آن بررسی، دلیل عدم مطابقت با تحقیق کنونی است.

می‌توان چنین عنوان کرد که شبکهٔ جادهٔ جنگلی در هر سری، به‌عنوان زیرساختی مهم و ضروری محسوب می‌شود (Karamirad *et al*., 2016). تا جایی‌که در صورت عدم وجود شبکهٔ جاده، استفاده از جنگل چه به‌صورت مستقیم (بهره‌برداری از کالاها) و چه به‌صورت غیرمستقیم (بهره‌وری از خدمات) غیرممکن خواهد بود (Pourbabaei *et al*., 2016) از سوی دیگر براساس

نتایج تحقیق کنونی ساخت جاده، یکی از عوامل اثرگذار بر عرصه‌های جنگلی محسوب می‌شود بنابراین لازم است که تا حد ممکن چه در زمان احداث جاده‌های جنگلی و چه در زمان عملیات تعمیرات و نگهداری جاده‌ها، از شدت اثرگذاری کاسته شود. تأکید می‌شود که طبق نتایج این بررسی عواملی مانند سن جاده و نوع دامنه بر ویژگی‌های اکولوژیک جنگل مؤثر بوده است که در این راستا تحقیقات با فواصل زمانی مشخص در مناطق مختلف جنگلی، برای کنترل (در کوتاه‌مدت) و پایش (در بلندمدت) اثرات جاده‌های جنگلی بر اکوسیستم جنگل بسیار مهم و حیاتی می‌باشد.

References

Anonymous, 2001. Chafroud forest management plan, Natural resources and watershed management organization. 434 p. (In Persian)

Arevalo, J.R., Delgado, J.D., Otto, R., Naranjo, A., Salas, M., Fern´andez- Palacios, J.M., 2005. Distribution of alien vs. native plant species in roadside communities along an altitudinal gradient in Tenerife and Gran Canaria (Canary Islands). Perspectives in Plant Ecology, Evolotion and Systematics 3(7), 185-202.

Avon, C., Bergès, L., Dumas, Y. and Dupouey, J.L., 2010. Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understudy plant diversity in manage *oak* stands. Forest Ecology and Management 259(8), 1546-1555.

Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., Spurr, S.H., 1997. Forest Ecology. 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 774 p.

Bazyari, M., Jalilvand, H., Hosseini, S.A., 2012. Ecological impacts of forest roads on biodiversity and composition (case study: LirehSar, Galandroud, and Makaroud forest management plan). Journal of Plant Research 27(1), 41-51. (In Persian)

Belinchon, R., Martinez, I., Escudero, A., Aragon, G., Valladares, F., 2007. Edge effects on epiphytic communities in a Mediterranean Quercus pyrenaica forest Vegetation Science Journal 18(1), 81-90.

Berenji, F., Majnounian, B., Abdi, E., Zahedi Amiri, G., 2014. The impact of forest road on plant species diversity, organic matter and carbon content (Case study: Patom district of Kheyroud forest). Journal of Forest Sustanaible Development 1(1), 29-43. (In Persian)

Bowering, M., Lemay, V., Marshall, P. 2006. Effects of forest roads on the growth of adjacent lodgepole pine trees. Can. J. Forest Resources 36(4), 919-929.

Buckley, D.S., Crow, T.R., Nauertz, E.A., Schulz, K.E., 2003. Influences of skid trails and haul roads on under story plant richness and composition in managed forest lands capes in upper Michigan, USA. Forest Ecology and Management 175(4), 509-520.

Delgado, J.D., Arroyo, N.L., Are'valo, J.R., Fernández-Placios, J.M., 2007. Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary Islands). Landscape and Urban Planning 81(4), 328-340.

Deljouei, A., Abdi, E., Majnounian B., 2016. Changes in the diversity and richness indices with distance from main and secondary forest roads, Journal of Forest and Wood Product 68 (4), 829-842. (In Persian)

Forman, R.T. and Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 29(3) , 207-231.

Hajipour, M., Behjou, F.K., Naghdi, R., Pourgholi, Z., Ghanaee, S., 2021. Ecological Influence of Forest Roads on Biodiversity (Case Study: Zilky Forest Management Plan in Roudbar Province). Journal of Environmental Science and Technoogy 23(1), 215-223. (In Persian)

Huang, Ch., Fu, S., Tong, Y., Ma, X., Yuan, F., Ma, Y., Feng, C., Liu, H., 2023. Impacts of Forest Management on the Biodiversity and Sustainability of Carya dabieshanensis Forests, Forests 14(1), 1331.

Karamirad, S., Abdi, E., Majnounian B., Etemad, V., Sohrabi, H., 2016. Effect of Forest Road on Herbaceous Diversity and Tree Regeneration, Journal of Forest and Wood Product 60(1), 29-40. (In Persian)

Karim, M.N., Mallik, A.U., 2008. Roadside revegetation by native plants: I. Roadside microhabitats, floristic zonation and species traits. Applied Vegetation Science 3(32), 222-237.

Lamont, B.B., Rees, R., Witkowski, E. Whitten, V.A., 1994. Comparative size, fecundity and ecophysiology of roadside plants of Banksia hookeriana. Journal of Applied Ecology 31(1), 137-144.

Makineci, E., Demir, M., Yilmaz, E., 2006. Long-term harvesting effects on skid road in a fir (Abies bornmulleriana Mattf.) plantation forest. Building and Environment.

Naghdi, R., Pourbabaei, H., Heydari M., Nori, M., 2013. The Effects of Forest Road on Vegetation and Some Physical and Chemical Properties of Soil, Case Study: Shafarood Forests. Iranian Forests Ecology 2(3), 49-64. (In Persian)

Najafi, A., Hossien, S.M., Ezzati, S., Torabi, M. Fakhari, M.A., 2011. Comparison of Regeneration and Biodiversity of Trees on Cut and Fill Edges of Forest Road (Case Study: Chamestan and Lavige Forests, Noor). Journal of Wood and Forest Science and Technology 17(4), 139-153. (In Persian)

Negishi, J.N., Noguchi, S., Sidle, R.C., Abdul Rahim, N., 2004. Some observations on logging road recovery: implications to road rehabilitations. Proceedings of the international workshop on the landscape level rehabilitation of degraded tropical forests. Forestry and Forest Product Research Institute, Tsukuba 12(2), 29-36.

Olander, L.P., Silver, W.L., 1998. Impacts of disturbance initiated by road construction in a subtropical cloud forest in the Luquillo experimental forest Puerto Rico. Forest Ecology and Management 109(2), 33-49.

Parendes, L.A., Jones, J.A., 2000. Role of light availability, dispersal and exotic plant invasion along roads and streams in the H.J. Andrew Experimental Forest. Oregon. Conservation Biology 14(1), 64-75.

Pourbabaei, H., Naghdi, R., Heidary M., Noori, M., 2016. Investigation of regeneration and plant cover composition in forest road edges, Journal of Forest and Wood Product 69(1), 87-96. (In Persian)

Sarup, O., 2020. The Impact of Roads on Biodiversity in India, MSc Environmental Sciences Thesis, Wageningen UR 58 p.

Wei, L., Hulin, F., Chevalier, R., Archaux, F., Gosselin, F., 2016. Is plant diversity on tractor trails more influenced by disturbance than by soil characteristics?. Forest Ecology and Management 379(4), 173-184.