

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۶۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۱۶

ص ۸۲۹-۸۴۲

## تغییرات شاخص‌های تنوع و غنا با فاصله از جاده‌های اصلی و

### فرعی جنگلی

- ❖ آزاده دلجویی؛ کارشناس ارشد مهندسی جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ احسان عبدی\*؛ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ باریس مجنونیان؛ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

#### چکیده

جاده‌های جنگلی خطوط ارتباطی میان زیستگاه‌های طبیعی‌اند که به منظور خروج چوب، محصولات غیر چوبی، و تفرج از آن‌ها استفاده می‌شود. ساخت این جاده‌ها به قطع درختان در عرضی مشخص و تغییرات مستقیم و غیر مستقیم در اکوسیستم جنگل می‌انجامد. به منظور بررسی تغییرات شاخص‌های تنوع و غنا با فاصله از جاده‌های اصلی و فرعی در بخش نم‌خانه جنگل آموزشی- پژوهشی دانشگاه تهران، شانزده خط‌نمونه در دو سمت جاده‌های جنگلی و تیپ ممرز-راش در نظر گرفته شد. در هر خط‌نمونه سه قطعه‌نمونه به ابعاد  $1 \times 2$  متر عمود بر محور جاده در فواصل ۰ (حاشیه جاده)، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، و ۱۰۰ متری اجرا شد. با ثبت فراوانی گونه‌های علفی در هر قطعه‌نمونه، شاخص‌های تنوع شانون- واینر و غنای گونه محاسبه و مقایسه شد. نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری مرکز هر قطعه‌نمونه در فواصل ۰، ۵، ۶۰، و ۱۰۰ متری برداشت و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شد و با استفاده از آنالیز چندمتغیره ارتباط عوامل محیطی و پوشش علفی بررسی شد. نتایج تفاوت معنادار بین تنوع و غنای گیاهان زیراشکوب را در جاده‌های اصلی و فرعی نشان نداد. در حالی که این شاخص‌ها در فواصل مختلف حاشیه جاده‌ها و در دامنه خاک‌برداری و خاک‌ریزی تفاوت معنادار دارند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر جاده‌های جنگلی تا حدود ۶۰ متری داخل جنگل است. بین عوامل محیطی و پارامترهای خاک، نور عامل اصلی استقرار، فراوانی، و توزیع گونه‌ها در حاشیه جاده تا درون جنگل است.

واژگان کلیدی: دامنه خاک‌برداری، دامنه خاک‌ریزی، شانون- واینر، ممرز-راش.

## مقدمه

جاده‌ها در زندگی روزمره انسان عملکردی برجسته دارند و وجود آن‌ها در محیط‌های جنگلی و غیر جنگلی ضروری است [۱]. جاده‌های جنگلی از زیرساخت‌های مهم مدیریت واحدهای جنگلی اند که در حمل و نقل چوب و سایر خدمات جنگل به جنگل، مانند حفاظت و توریسم، نقشی ویژه ایفا می‌کنند. جاده‌ها اساسی‌ترین رکن برنامه‌ریزی و مدیریت در جنگل اند و بزرگ‌ترین سرمایه‌گذاری در جنگل را به خود اختصاص می‌دهند. از طرف دیگر، جاده‌سازی یکی از عوامل مهم تخریب منابع طبیعی نیز است. جاده‌ها تأثیرات اکولوژیکی بسیاری بر محیط اطراف خود دارند که از آن جمله می‌توان به افزایش مرگ و میر جانوران و گیاهان، کاهش سطح رویشگاه‌ها، و تغییر گیاهان حاشیه جاده‌ها اشاره کرد. جاده‌سازی می‌تواند ترکیب گونه‌ها، تنوع، دما، رطوبت، نور، و سرعت باد را در محیط اطراف تغییر دهد [۱]. از سویی دیگر جاده‌ها زیستگاه‌های جدیدی داخل جنگل ایجاد می‌کنند که گونه‌های مهاجم می‌توانند بر آن‌ها مستقر شوند [۲].

جنگل‌ها مکانی برای زیستن بسیاری از گونه‌های جهان‌اند و میزان تنوع زیستی در آن‌ها غنی‌تر از سایر مناطق است [۱]. گفتنی است تنوع زیستی با تنوع گونه‌ای فرق دارد. اصطلاح تنوع زیستی به معنی فراوانی یا گوناگونی جوامع گیاهی و جانوری عالی تا جوامع میکروارگانیسم‌هاست. به طور کلی، تنوع زیستی شامل سه سطح تنوع ژنتیکی، تنوع گونه‌ای، و تنوع اکوسیستم‌هاست. تنوع گونه‌ای شمار و انواع گیاهان و حیوانات مختلف را در مقیاس محلی،

منطقه‌ای، و جهانی توصیف می‌کند و از دو مؤلفه تعداد گونه‌ها و غنای گونه‌ای تشکیل می‌شود. دومین مؤلفه یکنواختی است که نشان‌دهنده توزیع افراد گونه‌هاست [۳]. حفظ تنوع گونه‌ای یکی از اهداف مدیریت اکوسیستم است و تنوع گونه‌ای با خصوصیات محیطی اکوسیستم همبستگی و رابطه دارد [۴]. تنوع گونه‌ای بالا نشان‌دهنده آن است که به دلیل وجود شرایط محیطی مساعد گونه‌های متعدد می‌توانند در محل مستقر شوند. تنوع گونه‌ای اهمیت زیادی در ارزیابی عملکرد و دخالت انسانی در سیستم‌های طبیعی دارد. در واقع، سیستم زمانی پایدار است که گونه‌های تشکیل‌دهنده آن دچار نوسان‌های زیاد نشود. روش‌های مختلفی برای محاسبه تنوع وجود دارد که از آن‌ها می‌توان به استفاده از شاخص‌های عددی و روش شاخص‌های پارامتریک اشاره کرد. شاخص‌های عددی مانند شاخص شانون-وینر، سیمپسون، و مارگالف تنوع جوامع مختلف را به صورت یک عدد نشان می‌دهند [۵]. شاخص‌های تنوع گونه‌ای یکی از شاخص‌های مهم تنوع زیستی است که در ارزیابی زیستگاه‌ها از آن استفاده می‌شود [۶].

در سال‌های اخیر دانشمندان به آثار اکولوژیکی جاده‌ها بر اکوسیستم علاقه‌مند شده‌اند. افزایش میزان انتشار مقاله‌ها در مجلات علمی گواه این موضوع است. دانشمندان به بررسی تنوع گونه‌های علفی با افزایش فاصله از جاده‌های جنگلی در سال‌های اخیر بسیار توجه کرده‌اند و مطالعاتی در این زمینه انجام داده‌اند [۷ و ۸]. تحقیقات نشان می‌دهد میزان شاخص‌های تنوع با افزایش فاصله از جاده کاهش می‌یابد. برخی پژوهشگران اثر فاصله جاده‌های جنگلی را بر تنوع گیاهان زیراشکوب بررسی کردند

نظر سرانه جنگل فقیر محسوب می‌شود. طبق آخرین آمار و اطلاعات از ۱۲ میلیون هکتار جنگل در کل کشور ۷/۳ درصد از کل کشور پوشیده از جنگل است [۱۰]. با توجه به این آمار، اهمیت حفاظت از جنگل‌ها روشن می‌شود. مطالعات کمی در زمینه اثر اکولوژیکی جاده‌ها در مناطق جنگلی و زیستگاه‌های طبیعی دست‌نخورده، مانند پارک‌های ملی و ذخیره‌گاه‌های طبیعی، در ایران، گزارش شده است. در واقع، قطع درختان به منظور احداث جاده‌های جنگلی نوعی دخالت در اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شود. از آثار این دخالت‌ها می‌توان به کاهش باران‌ربایی، فرسایش خاک، افزایش میزان نور در جنگل، و از بین رفتن زیستگاه حیات وحش اشاره کرد. میزان چنین دخالت‌هایی در انواع جاده‌ها متفاوت است. در نتیجه، با توجه به کوهستانی بودن و ارزش ویژه جنگل‌های شمال ایران، از نظر گونه‌های موجود، اهمیت بررسی این موضوع در جاده‌های جنگلی ایران کاملاً محسوس است.

با توجه به مطالب گفته‌شده درباره اهمیت تنوع گیاهی، هدف این پژوهش بررسی و تعیین فاصله اثر جاده‌های اصلی و فرعی جنگلی بر تنوع گیاهان زیراشکوب و بررسی و مقایسه تنوع پوشش علفی در جاده‌های اصلی و فرعی جنگلی است.

## روش‌شناسی

### منطقه مطالعه‌شده

منطقه مطالعه‌شده در بخش نم‌خانه جنگل آموزشی-پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، در ۷ کیلومتری شرق شهرستان نوشهر و در حوزه اداره کل منابع طبیعی نوشهر و در منطقه خیرودکنار، در ۳۲'

[۲]. نتایج نشان داد ترکیب گونه‌ها در حاشیه جاده‌ها و داخل جنگل متفاوت است و جاده‌های اصلی در کمتر از ۵ متری توده‌های جنگلی تأثیر می‌گذارند و زیستگاه داخل جنگل حالتی همگن دارد [۱]. پژوهشگران در زمینه ارتباط تراکم جاده‌ها و تنوع گونه‌ای به این نتیجه رسیدند که تراکم جاده و تنوع گونه‌ای رابطه مستقیم ندارند [۹] و با افزایش تراکم طولی جاده تنوع گونه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین، نتایج پژوهش‌ها نشان داده میزان غنای گونه‌های گیاهی زیراشکوب در جاده‌های حمل بار بیشتر از مسیرهای چوب‌کشی و جنگل است و تفاوت معناداری با آن‌ها دارد [۹]. درصد فراوانی گونه‌های گیاهی در مسیرهای چوب‌کشی نیز بیشتر از داخل جنگل است؛ اما تفاوت معنادار گزارش نشده است. بررسی گونه‌های مهاجم در جاده‌های جنگلی بیان‌کننده این موضوع است که گونه‌های مهاجم از جاده‌ها به سمت داخل جنگل حرکت می‌کنند [۱]. این در حالی است که غنای گونه‌های بومی در حاشیه جاده‌ها کمتر بود؛ اما داخل جنگل و در فاصله کوتاه ۵ متر از جاده دیده می‌شد.

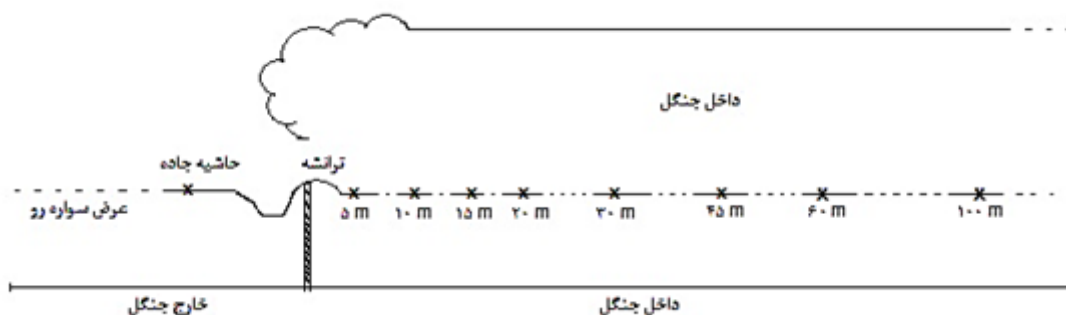
گفتنی است حجم عظیمی از مطالعات بر آثار محیطی جاده‌ها در آمریکای شمالی و اروپا انجام شده است؛ در حالی که اطلاعات کمی در زمینه اثر حاشیه‌ای جاده‌های اصلی و فرعی در ایران وجود دارد. تأثیر بیان‌شده عمدتاً منتج از پژوهش‌های خارج از ایران است و تا به حال تحقیقات اندکی در این زمینه در ایران و به‌ویژه اکوسیستم هیرکانی انجام شده است. با توجه به موقعیت کوهستانی جنگل‌ها در کشور ایران، دانش اکولوژی جاده اهمیت بسزایی دارد. ایران، به سبب قرار داشتن در نیم‌کره شمالی، از

شدند. در نهایت در هشت نقطه از طول جاده‌های اصلی و فرعی، شانزده خط‌نمونه (هشت خط‌نمونه در جاده‌های اصلی و هشت خط‌نمونه در جاده‌های فرعی) ۱۰۰ متری در هر یک از دو سمت ترانشه خاک‌برداری و خاک‌ریزی اجرا شدند. در طول هر خط‌نمونه نُه قطعه‌نمونه به ابعاد ۲×۱ متر به صورت موازی با جاده [۱ و ۲]، طوری که عرض آن (۱ متر) عمود بر محور وسط جاده باشد، اجرا شد. فاصله قطعه‌نمونه‌ها از حاشیه جاده ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، و ۱۰۰ متر [۱ و ۲] انتخاب شد (شکل ۱). در هر یک از قطعات نمونه نوع و تعداد گونه‌های گیاهی و درصد تاج پوشش اشکوب بالا (برآورد بصری) [۲] برداشت شد و نمونه‌های خاک از مرکز هر قطعه‌نمونه در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری و در فواصل ۰، ۵، ۶۰، و ۱۰۰ متری برداشت شد. درصد فراوانی گونه‌های علفی با توجه به مقیاس لوندو [۱۱] در فرم‌های از قبل تهیه شده یادداشت شد. برداشت‌های میدانی پوشش علفی طی دو مرحله، یعنی شهریور ۱۳۹۱ و اردیبهشت ۱۳۹۲، صورت گرفت.

۵۱° تا ۵۱° ۳۵' طول جغرافیایی شرقی و ۳۶° ۳۴' تا ۳۶° ۳۷' عرض شمالی واقع است. مساحت کل جنگل حدود ۸۰۰۰ هکتار است که حدود ۹۹۲ هکتار آن متعلق به بخش نم‌خانه است. حداقل ارتفاع از سطح دریا در این جنگل ۳۵۰ متر و حداکثر ۱۲۹۰ متر است که به دلیل دامنه ارتفاعی گسترده جوامع و تیپ‌های گیاهی و خاک و سنگ بستر متفاوت است.

### روش پژوهش

پس از تهیه نقشه تیپ بخش نم‌خانه و بررسی جاده‌های اصلی و فرعی، بافری ۱۰۰ متری در اطراف جاده‌ها به منظور حذف اثر متقابل جاده‌ها بر هم و یکسان بودن تیپ جنگل (ممرز-راش) در دو طرف بافر ایجاد شد و جاده‌های مورد نظر جهت نمونه‌برداری بررسی و تعیین شدند. پس از وارد شدن به عرصه و بررسی شرایط منطقه، نمونه‌هایی برداشت شد که از نظر شیب در دو دامنه خاک‌برداری و خاک‌ریزی قابل دسترس بودند و نمونه‌هایی که روی دامنه‌های پرشیب قرار داشتند و شیب اجازه فعالیت نمی‌داد یا در تیپ مورد نظر قرار نداشتند حذف



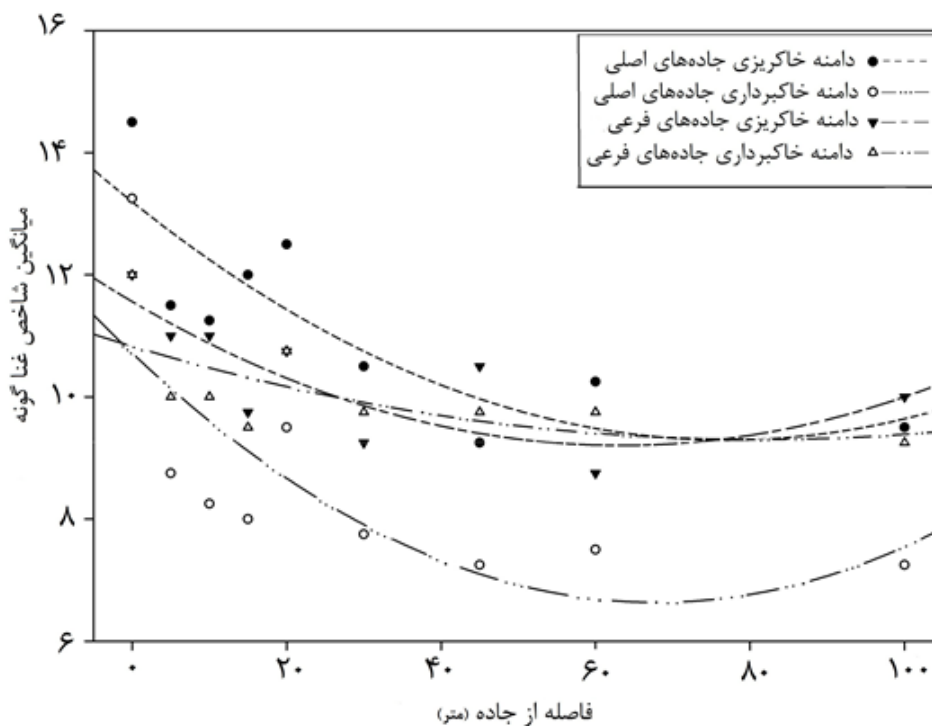
شکل ۱. موقعیت قطعات نمونه نسبت به جاده [۲]

## یافته‌ها و بحث

### شاخص غنا

نتایج تجزیه واریانس شاخص غنای گونه‌ها در جاده‌های اصلی و فرعی، در دو دامنه خاک‌برداری و خاک‌ریزی و در فواصل مختلف، نشان می‌دهد غنا در دامنه خاک‌برداری و خاک‌ریزی ( $F=33.04, P<0.05$ )، اثر متقابل نوع جاده و نوع دامنه ( $F=22.6, P<0.05$ )، و فواصل مختلف از حاشیه جاده ( $F=9.33, P<0.05$ ) تفاوت معنادار دارند. با این حال، بین جاده اصلی و فرعی جنگلی تفاوت معنادار مشاهده نشد ( $P>0.05$ ). با توجه به شکل ۲، شاخص غنای گونه‌ها با فاصله از جاده روندی کاهشی نشان می‌دهد.

شاخص‌های تنوع و غنای پوشش علفی با استفاده از نرم‌افزار Past 2.12 محاسبه شد. شاخص‌های به‌کاررفته عبارت‌اند از شاخص تنوع شانون- واینر و شاخص غنای گونه‌ها (S) [۸]. در نهایت، داده‌های دو فصل نمونه‌برداری با هم جمع و به کمک نرم‌افزار SPSS 20 تجزیه و تحلیل شدند. تفاوت معنادار شاخص‌های تنوع بین جاده‌های اصلی و فرعی، دامنه خاک‌برداری و خاک‌ریزی و در فواصل مختلف از حاشیه جاده با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه بررسی شد. همچنین به کمک نرم‌افزار PC-ORD 5 میزان تأثیرگذاری هر یک از عناصر خاک و عوامل محیطی (نیترژن، فسفر، پتاسیم، کربن، اسیدیته خاک، بافت خاک (رس، سیلت، ماسه)، ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، فاصله از جاده) بر تنوع گونه‌ای با استفاده از آنالیز تطبیقی متعارفی CCA بررسی و تجزیه و تحلیل شد.



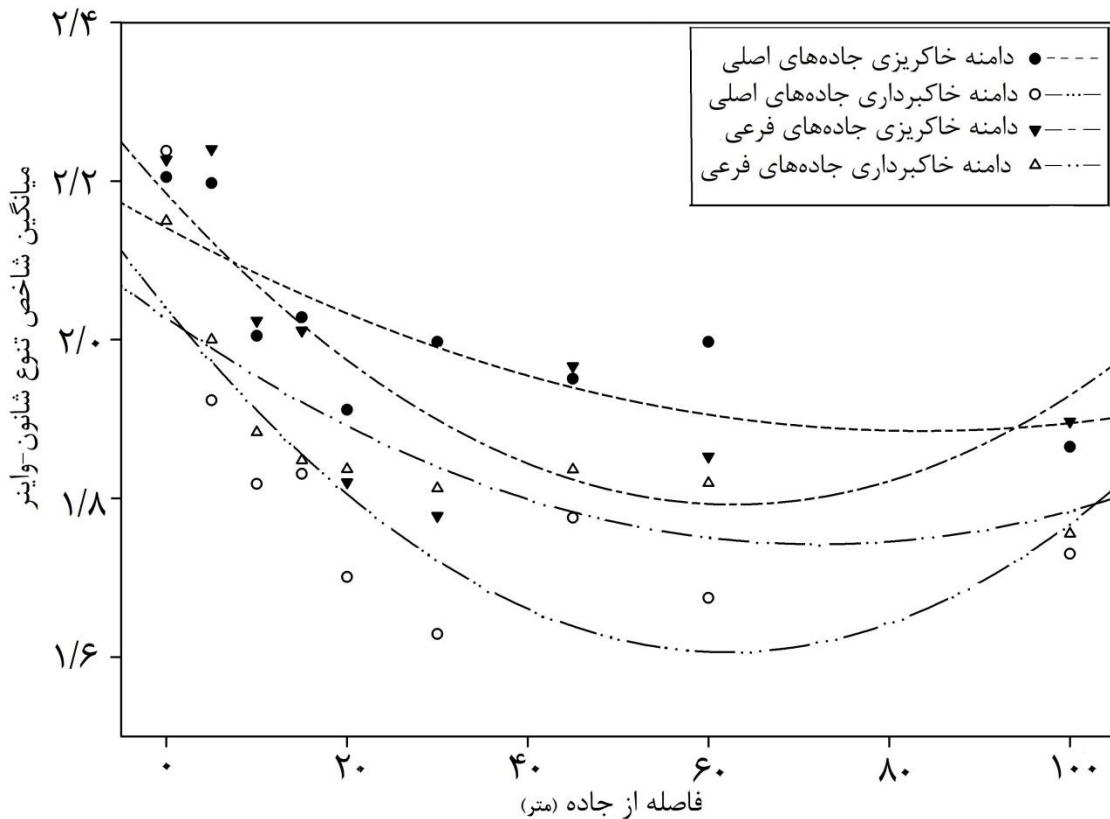
شکل ۲. میانگین شاخص غنای گونه‌ای با فاصله از جاده برای تیمارهای مختلف

با توجه به نتایج تجزیه واریانس این شاخص، غنا در جاده‌های اصلی و فرعی تفاوت معنادار نشان نمی‌دهد و با فاصله از جاده مقدار آن کاهش می‌یابد. روند کاهشی تا فاصله ۶۰ متری داخل جنگل ادامه پیدا می‌کند و بیشترین مقدار این شاخص در حاشیه جاده‌های جنگلی دیده می‌شود. سن جاده یکی از عوامل مهم و مؤثر بر غناست. نتایج این مطالعات با نظریه لیون [۱۲] مطابق است که اظهار کرد تأثیر جاده بر محیط اطراف منفی است؛ زیرا در طول مدت زمان ساخت جاده فعالیت‌هایی که انجام می‌شود تغییرات زیادی در محیط ایجاد می‌کند [۱۳]. بنابراین، غنای گونه‌ای در طول بیست سال اول بعد از ساخت جاده افزایش می‌یابد و سپس به ثبات و پایداری می‌رسد. این در حالی است که جاده‌های ساخته شده در جنگل خیرود بیش از سی سال قدمت دارند و به پایداری دست یافته‌اند. شاخص غنا در فواصل مختلف از حاشیه جاده‌ها تفاوت معنادار دارد. جاده‌های جنگلی شبکه‌ای دائمی در جنگل ایجاد می‌کنند که به ایجاد روشنیه در جنگل و تغییر سیستم پویایی و فرایندهای اکولوژیکی می‌انجامد [۱۴]. افزایش نور عبوری و مواد غذایی در نتیجه حفره‌های ایجاد شده در جنگل از عوامل مهم و تأثیرگذار بر غنای گونه‌ها و ترکیب آن‌هاست [۱۴]. اندازه روشنیه‌ها در طول جاده‌های جنگلی به خوبی غنا و ترکیب گونه‌های استقرار یافته را توضیح می‌دهد. کمتر بودن غنای گونه‌ها در دامنه خاک‌برداری نسبت به دامنه خاک‌ریزی به دلیل بیشتر بودن سطح خاک لخت در این دامنه است. در نتیجه، بذرها بر سطحی قرار دارند که هیچ عاملی در برابر فرسایش و خطر آب‌شویی از آن‌ها محافظت نمی‌کند. همچنین، ضعیف‌تر بودن خاک در اثر حذف مواد آلی

و معدنی سطحی از ترانسه خاک‌برداری غنا در این دامنه کمتر است [۱۴]. این نتایج با نتایج مطالعات لطفعلیان و همکاران [۷] و حسینی و همکاران [۸] مطابق است که نشان می‌دهد میزان غنای گونه‌های علفی در دامنه خاک‌ریزی بیشتر از دامنه خاک‌برداری است. از سوی دیگر، عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی به غنی‌تر شدن دامنه خاک‌ریزی منجر می‌شود. در نتیجه استقرار گونه‌ها در این دامنه با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد [۱۴]. دلیل اصلی این موضوع تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، شرایط نوری، و میکروکلیم است [۱۵]. این نتایج با نتایج دیگر پژوهش‌ها منطبق است [۱، ۲، ۷، ۸، ۹، ۱۶].

### شاخص تنوع شانون- واینر

نتایج تجزیه واریانس دوطرفه شاخص تنوع نشان می‌دهد میزان این شاخص در جاده‌های اصلی و فرعی جنگلی تفاوت معناداری با هم ندارند ( $P > 0.05$ ). با توجه به نتایج، می‌توان دریافت شاخص تنوع در دو دامنه خاک‌برداری و خاک‌ریزی تفاوت معنادار با هم دارند ( $F = 66.708, P < 0.05$ )؛ ولی با فاصله از جاده شاخص تنوع تغییر می‌یابد. زیرا شاخص تنوع شانون در فواصل مختلف تفاوت معنادار با هم دارند ( $F = 9.87, P < 0.05$ ). شاخص تنوع شانون در دو جاده و در دو دامنه خاک‌برداری و خاک‌ریزی ( $F = 6.039, P < 0.05$ ) و در فواصل مختلف از دو دامنه تفاوت معنادار با هم دارند ( $F = 2.85, P < 0.05$ ). با توجه به شکل ۳، با افزایش فاصله از حاشیه جاده شاخص تنوع شانون در منطقه کاهش می‌یابد.



شکل ۳. میانگین شاخص تنوع شانون- واینر با فاصله از جاده در تیمارهای مختلف

دامنه خاک‌ریزی مقدار قابل توجهی از نور جانبی جاده را دریافت می‌کند. اثر نور جانبی قادر است از طریق افزایش فعالیت‌های باکتری‌های خاک مواد غذایی موجود در خاک را بهبود بخشد [۱۷]. از سوی دیگر برداشت درختان در اثر عملیات جاده‌سازی سبب افزایش نور در دسترس گیاهان می‌شود. با افزایش دما و رطوبت در کف جنگل شرایط مناسب برای رشد پوشش علفی فراهم می‌آید. این نتایج با نتایج برخی پژوهش‌ها [۷ و ۹]، که نشان می‌دهد میزان شاخص‌های تنوع با افزایش فاصله از جاده کاهش می‌یابد، مطابق است. سایر مطالعات نشان دادند میزان تنوع پوشش علفی در دامنه خاک‌ریزی بیشتر از دامنه خاک‌برداری است [۷ و ۸].

با توجه به نتایج، می‌توان گفت نوع و درجه جاده در میزان شاخص تنوع شانون تأثیرگذار نیست؛ طوری که شاخص تنوع شانون در جاده‌های اصلی و فرعی تفاوت معنادار نداشتند. این در حالی است که با افزایش فاصله از حاشیه جاده روند کاهشی در تنوع مشاهده می‌شود. نتایج تجزیه واریانس شاخص تنوع شانون در دو دامنه خاک‌برداری و خاک‌ریزی با فاصله گرفتن از جاده نشان می‌دهد میزان این شاخص در دو دامنه و فواصل مختلف با هم تفاوت معنادار دارند. به طور کلی، تنوع در بالادست کمتر از پایین دست است؛ زیرا جابه‌جایی خاک و ریزش در دامنه خاک‌ریزی و در نتیجه به هم خوردگی خاک و ذخیره آب در دامنه خاک‌ریزی بیشتر است [۱۶].

### آنالیز چندمتغیره (آنالیز تطبیقی متعارفی CCA)

در این روش از محورهای اول و دوم CCA، به دلیل داشتن بیشترین مقدار ویژه در محور اول و دوم به ترتیب ۰/۴۶۵ و ۰/۲۸۳، برای نشان دادن نتایج استفاده شد (جدول ۱). آزمون مونت کارلو نشان داد گونه‌ها و عوامل محیطی با هر یک از محورها همبستگی ( $r=0.883$  محور اول و  $r=0.815$  محور دوم) و رابطه‌ای معنادار با هم دارند ( $P=0.006$ ،  $P<0.05$ ). جهت هر یک از این فاکتورها تحت تأثیر میزان همبستگی با سایر فاکتورها تعیین می‌شود.

در مورد درصد پوشش گونه‌های علفی با توجه به جدول ۲، همبستگی بالایی بین تاج پوشش و پوشش علفی ( $r=0.718$ )، فاصله با پوشش علفی ( $r=0.709$ )، و اسیدیته خاک و پوشش علفی ( $r=-0.688$ ) با محور اول و پتاسیم با پوشش علفی ( $r=0.355$ )، کربن با پوشش علفی ( $r=-0.295$ )، و ماسه با پوشش علفی ( $r=0.230$ ) با محور دوم مشاهده می‌شود.

با توجه به منحنی شکل ۳، می‌توان دریافت که تأثیر جاده‌های اصلی و فرعی تا حدود ۶۰ متری توده‌های جنگلی است و بیشترین مقدار این شاخص به حاشیه جاده‌های جنگلی محدود است و پس از آن حالتی همگن دارد؛ که ممکن است به دلیل متعادل شدن شرایط کف جنگل از نظر نور و رطوبت خاک باشد که منجر به کاهش تعداد گونه‌ها و فراوانی آن‌ها نسبت به سایر فواصل می‌شود یا گاهی رو به افزایش برود که به دلیل وجود روشن‌تر در تاج پوشش و استقرار گونه‌های نورپسند است. این در حالی است که برخی پژوهشگران [۲] نشان دادند تأثیر جاده‌های اصلی در کمتر از ۵ متری توده‌های جنگلی است و برخی دیگر از محققان به این نتیجه رسیدند که تنوع گونه‌های گیاهی تا ۲۰ متری داخل جنگل بیشتر از سایر فواصل است [۷]. تأثیر جاده‌ها بر پوشش گیاهی تا فواصل بیشتر بالاتر از ۱۰۰ متر نیز گزارش شده است. اما این مطالعات بر جاده‌های با ترافیک بالا و آشفستگی زیاد انجام شده است [۱۸]. آنچه بیان شد با نتیجه مطالعات [۱۵] مطابقت دارد.

جدول ۱. نتایج آنالیز CCA برای همبستگی بین خصوصیات عوامل محیطی و گونه‌ها (آزمون مونت کارلو)

محورها	ارزش ویژه	درصد واریانس	واریانس جمعی	میانگین	ضریب همبستگی		P	
					محور با متغیر و گونه‌ها	حداقل حداکثر		
اول	۰/۴۶۵	۵/۵	۵/۵	۰/۳۲۸	۰/۸۸۳	۰/۲۳۷	۰/۶۱۳	۰/۰۰۶
دوم	۰/۲۸۳	۳/۴	۸/۹	۰/۲۶۹	۰/۸۱۵	۰/۲۰۳	۰/۳۶۴	۰/۰۰۶



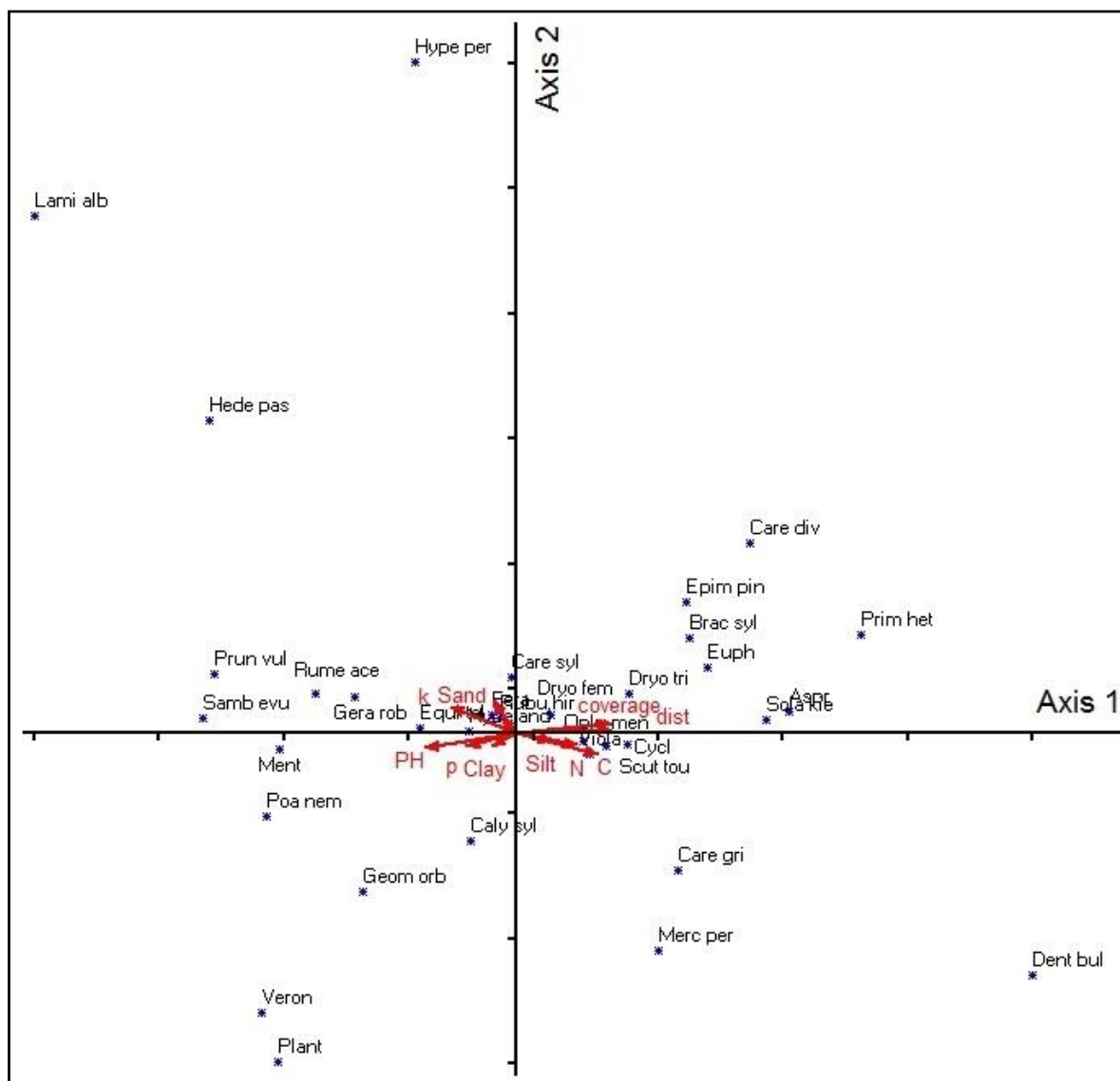
جدول ۲. مشخصات محورهای رسته‌بندی و میزان همبستگی عوامل محیطی با آنها

متغیر	محور اول	محور دوم
نیتروژن	۰٫۴۵۳*	-۰٫۱۶۶ <sup>ns</sup>
فسفر	-۰٫۳۸۵*	-۰٫۱۷۱ <sup>ns</sup>
پتاسیم	-۰٫۴۹۴*	۰٫۳۵۵*
کربن	۰٫۶۱۱*	-۰٫۲۹۵*
اسیدیتۀ خاک	-۰٫۶۸۸*	-۰٫۲۱۰ <sup>ns</sup>
رس	-۰٫۱۸۷ <sup>ns</sup>	-۰٫۱۸۱ <sup>ns</sup>
سیلت	۰٫۲۶۸*	-۰٫۱۱۵ <sup>ns</sup>
ماسه	-۰٫۱۱۳ <sup>ns</sup>	۰٫۲۳۰*
فاصله	۰٫۷۰۹*	۰٫۰۵۳ <sup>ns</sup>
تاج پوشش	۰٫۷۱۸*	۰٫۱۲۸ <sup>ns</sup>

\*معنادار در سطح ۵ درصد، ns اختلاف معنادار ندارد.

Scutellaria و Viola alba undulatifolius، با tournefortii سیلت و نیتروژن و کربن رابطه مثبت دارند. گونه Mentha longifolia با اسیدیتۀ خاک و فسفر و رس رابطه مثبت دارد. به دلیل واریانس کم موجود در ماتریس گیاهان و واریانس موجود در ماتریس خاک و عوامل محیطی این بخش از آنالیز قابل استفاده نیست و امکان تحلیل‌های بیشتر با استفاده از این آنالیز وجود ندارد.

با توجه به شکل ۴ گونه‌های *Feragaria vesca*، *Hypericum*، *Carex sylvatica*، *Rubus hirtus* و *androsaeum* با پتاسیم و ماسه رابطه مثبت و با نیتروژن و کربن و سیلت رابطه منفی دارد. گونه‌های *Asprola odorata*، *Solanum kiesertzkii* و *Athyrium filix femina* با فاصله از جاده و تاج پوشش رابطه مثبت و با رس و اسیدیتۀ خاک و فسفر رابطه منفی دارد. گونه‌های *Oplismenus*، *Cyclamen persicum*



شکل ۴. نمودار رسته‌بندی CCA و گونه‌های گیاهی

### نتیجه‌گیری

محدود به حاشیه جاده‌هاست. در مراحل اولیه ساخت جاده‌های جنگلی درصد تاج پوشش کاهش می‌یابد. در نتیجه، به ایجاد حاشیه جاده و روشن‌تر، به هم‌خوردگی خاک، و کاهش اندازه و تراکم پوشش جنگل منجر می‌شود. افزایش یا کاهش تنوع زیستی در داخل جنگل به دلیل عبور نور از تاج پوشش درختان و مستقر شدن گونه‌های نورپسند و افزایش تنوع در داخل جنگل است. با توجه به شرایط زنده و

پاسخ گیاهان زیراشکوب به فاصله از جاده به دلیل تفاوت بین حاشیه جاده‌های جنگلی و داخل جنگل است. اثر حاشیه‌ای جاده‌های اصلی و فرعی جنگلی گسترده‌تر از سطح جاده‌هاست و در فاصله حدود ۶۰ متری عمق جنگل کاهش می‌یابد و فراتر از این منطقه در داخل جنگل (۶۰ تا ۱۰۰ متری) زیستگاهی همگن است. با این حال بیشترین تأثیر بر تنوع زیستی

غیر زنده، می‌توان حاشیه جاده‌ها را زیستگاهی با توالی اولیه در نظر گرفت که گونه‌های سریع‌رشد با نیاز نوری بالا و نیاز غذایی کم در آن مستقر می‌شوند. این در حالی است که شرایط داخل جنگل به نفع گونه‌های سایه‌پسند با نیاز غذایی بالا و حساس در برابر هر گونه آشفستگی‌اند (جدول ۳).

جدول ۳. فهرست گونه‌های علفی شناسایی شده در بخش نم‌خانه

گونه‌های علفی مشترک در دو مرحله نمونه‌برداری	اردیبهشت ۱۳۹۲	شهریور ۱۳۹۱
<i>Asprola odorata</i>	<i>Alliaria petiolata</i>	<i>Asplenium adiantum nigrum</i>
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Arum maculatum</i>	<i>Blechnum spicant</i>
<i>Carex griolittii</i>	<i>Athyrium filix femina</i>	<i>Bromus benkeerai</i>
<i>Carex Sylvatica</i>	<i>Calystegia sepium</i>	<i>Cephalanthera caucasica</i>
<i>Cercea lutetiana</i>	<i>Calystegia sylvestris</i>	<i>Carex Strigosa</i>
<i>Cyclamen persicum</i>	<i>Carex divulsa</i>	<i>Carex remota</i>
<i>Dryopteris sp.</i>	<i>Dentaria bulbifera</i>	<i>Dryopteris Carthusiana</i>
<i>Dryopteris affinis sub sp. affinis</i>	<i>Nasturtium officinale</i>	<i>Festuca drymeia</i>
<i>Equisetum telmatia</i>	<i>Rumex acetosella</i>	<i>Hypericum undilatifolium</i>
<i>Epimedium pinnatum</i>	<i>Veronica</i>	<i>Luzula forsteri</i>
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	<i>Vincetonicum scandens</i>	<i>Plantago major</i>
<i>Feragaria vesca</i>		<i>Polystichum aculeatum</i>
<i>Geranium robertianum</i>		<i>Polystichum setiferum</i>
<i>Geum urbanum</i>		<i>Potentilla reptanse</i>
<i>Hedera pastochoviy</i>		<i>Ruscus hyrcanus</i>
<i>Hypericum andersaemum</i>		<i>Sanicula europea</i>
<i>Hypericum perphoratum</i>		<i>Scutellaria tournefortii</i>
<i>Lamium album</i>		<i>Settaria viridis</i>
<i>Mentha longifolia</i>		<i>Solanum kiesertzkii</i>
<i>Mercurialis perenis</i>		<i>Willemetia tuberosa</i>
<i>Ophioglossum vulgatum</i>		
<i>Oplismenus undulatifolius</i>		
<i>Plantago media</i>		
<i>Poa nemoralis</i>		
<i>Polygonum lapatypholicum</i>		
<i>Primula heterochoroma</i>		
<i>Prunella vulgaris</i>		
<i>Rubus hirtus</i>		
<i>Sambucus ebolus</i>		
<i>Scutellaria tournefortii</i>		
<i>Sedum stoloniferum</i>		
<i>Solanum kiesertzkii</i>		
<i>Viola alba</i>		

با وجود این صفات زیست‌محیطی، گونه‌هایی داخل جنگل ظاهر می‌شوند که در حاشیه جاده‌های جنگلی حضور ندارند. گونه‌های سریع‌رشد با نیاز نوری بالا شرایط کنار جاده‌ای را ترجیح می‌دهند و قادر به تحمل شرایط داخل جنگل نیستند. حضور گونه‌های علفی متفاوت با فاصله گرفتن از حاشیه جاده‌های جنگلی امکان ارزیابی صحیح از آثار اکولوژیکی جاده‌ها بر تنوع زیستی را در اختیار قرار می‌دهد. در واقع، پاسخ جوامع گیاهی به عملکرد جاده‌های جنگلی متأثر از اثر رویشگاه و اثر حاشیه‌ای است. از آنجا که درصد واریانس عناصر خاک و عوامل محیطی و گونه‌های علفی در آنالیز چندمتغیره کم است، خاک عامل مهمی در تنوع و غنای پوشش علفی محسوب نمی‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که نور مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر تنوع و غنای گونه‌های علفی زیراشکوب تاج پوشش است. تنوع گیاهی یکی

از شاخص‌های مهم و سریع در تعیین وضعیت بوم‌سازگان به شمار می‌رود. از طریق مطالعه تنوع گیاهی، می‌توان پویایی جامعه گیاهی را بررسی کرد. با اندازه‌گیری تنوع می‌توان توزیع گونه‌ها را در محیط مطالعه کرد و با تأکید بر پویایی بوم‌سازگان توصیه‌های مدیریتی مناسب ارائه داد. طبق نتایج، استفاده از تکنیک‌های زیست‌محیطی هنگام ساخت جاده‌های جنگلی به منظور کاهش آثار منفی زیست‌محیطی ضروری است. از نظر اکولوژیکی زمانی ساخت یک جاده استاندارد است که همه مسائل زیست‌محیطی در طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی رعایت شده باشد و همه گونه‌های باارزش، به‌ویژه گونه‌های در خطر انقراض، در نظر گرفته شوند. در حقیقت، حفظ گونه‌های باارزش اکولوژیکی بالا از مواردی است که در ساخت جاده‌های جنگلی باید در نظر گرفته شود.

## References

- [1]. Watkins, R. Z., Chen, J., Pickens, J., and Brosofske, K. D. (2003). Effects of forest roads on understory plants in a managed hardwood landscape. *Conservation Biology*, 17: 411–419.
- [2]. Avon, C., Berge, 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 understory plant diversity in managed oak stands. *Forest Ecology and Management*, 259: 1546–1555.
- [3]. Kent, M. and Coker, P. (1992). *Vegetation Description and Analysis*. John Wiley & Sons, England.
- [4]. Yari, R., Azarnivand, H., Zare Chahouki, M. A., and Farzadmehr, J. (2012). Relationship between species diversity and environmental factors in Sarchah Amari reinglands of Birjand, Iranian *Journal of Range and Desert Research*, 19(1): 95-107.
- [5]. Kemp D. R., King, W. McG., and Lodge, G. M. (2003). Plant Species Diversity and Productivity in Grazed Permanent Grasslands. 11th Australian Agronomy Conference Feb. 2-6 Geelong, Victoria.
- [6]. Ejtehadi, H., Sepehry, A., and Akkafi, H. R. (2008). Methods of measuring biodiversity. Ferdowsi university of Mashhad press.
- [7]. Lotfalian, M., RiahiFar, N., Fallah, A., and Hodjati, S. M. (2012). Effects of roads on understory plant communities in a broadleaved forest in hyrcanian zone. *Journal of Forest Science*, 58(10): 446-455.
- [8]. Hosseini, S. A., Jalilvand, H., Pourmajidian, M. R., and Parsakhoo, A. (2011). Effects of forest road clearings on understory diversity beneath *Alnus subcordata* L. stands in Iran. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 8: 337-344.
- [9]. Buckley, D. S., Crow, T. R., Nauertz, E. A., and Schulz, K. E. (2003). Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscape in upper Michigan, USA. *Forest Ecology and Management*, 175: 509-520.
- [10]. Marvie Mohadjer, M. R. (2007). *Silviculture*, University of Tehran Press, Tehran.
- [11]. Londo, G. (1976). The Decimal Scale For Relevés of Permanent Quadrats. *Vegetatio*, 33(1): 61-64.
- [12]. Lyon L. J. (1984). Road effects and impacts on wildlife and fisheries. In: USDA Forest Service (ed), *Forest transportation symposium*. Dec. 11. Region 2, Denver, CO, pp 98–118.
- [13]. Zeng, S., Zhang, T., Gao, Y., Ouyang, Z., Chen, J., Li, B., and Zhao, B. (2010). Effects of road disturbance on plant biodiversity. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 66: 437–448.
- [14]. Hosseini, S. A. (2010). The effect of forest road clearing limit on regeneration composition. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4): 487-490.
- [15]. Delgado, J. D., Arroyo, N. L., Arevalo, J. R., and Fernandez Palacios 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: 328–340.

- [16]. Najafi, A., Hosseini, S. M., Ezzati, S., Torabi, M., and 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 and Technology*, 17(4): 139-152.
- [17]. Collins, B. S., Dunne, K. P., and Pickett, S. T. A. (1985). Responses of forest herbs to canopy gaps. In: Pickett, S.T.A., White, P.S. (Eds.), *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, Academic Press.
- [18]. Forman, R. T. T. and Deblinger, R. D. (2000). The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology*, 14: 36-46.