

ضرورت و اهمیت اکولوژی جاده‌های جنگلی

محسن مصطفی

استادیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران mohsenmstf@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۵

چکیده

سازه‌های خطی مانند جاده‌ها و راه‌آهن از یک طرف مناطق مختلف را به‌منظور دسترسی انسان‌ها به هم وصل نموده و از طرف دیگر طبیعت را به قطعات مجزا تبدیل می‌نمایند. این سازه‌ها و به‌طور ویژه جاده‌ها بزرگ‌ترین ردپای انسان بر روی طبیعت و دارای اثرات اکولوژیکی مستقیم و غیرمستقیم بر محیط مجاور خود خواهند بود. رعایت مسائل اکولوژیک به‌منظور جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و حفظ حیات وحش و آلودگی آب‌ها در طراحی و ساخت سازه‌های خطی، منجر به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی آن‌ها خواهد شد. توجه به اکولوژی جاده‌های جنگلی و مطالعه روابط متقابل بین جاده جنگلی و محیط زیست اطراف برای طراحی، ساخت، نگهداری جاده‌های جنگلی و مدیریت بهینه منابع جنگلی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: جاده جنگلی، اثرات زیست‌محیطی، محیط مجاور، اکولوژی.

مقدمه

به مناطق دورافتاده روستایی و جنگلی مستلزم

داشتن شبکه جاده مناسب است.

مجریان طرح‌های جنگلداری با نظارت

سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری جهت بهبود

وضعیت مدیریت در توده‌های جنگلی، دسترسی

آسان کارشناسان مهندسان و محافظان جنگل به

اعماق مناطق جنگلی (شکل ۱) و خروج چوب‌های

بزرگ و تمام تنه (شکل ۲)، همواره به‌دنبال ساخت

جاده‌های جدید و بهبود مسیرهای موجود بودند.

جاده‌ها و سایر ساخت‌های خطی یکی از عوامل

اصلی کوچک شدن و جدا شدن زیستگاه‌ها و

تخریب سیمای مناظر در بسیاری از موارد هستند.

اما شبکه جاده و سایر زیرساخت‌های خطی برای

جامعه اهمیت زیادی دارد، زیرا ارتباط انسان‌ها و

مکان‌های متفاوت در سطح زمین را میسر

می‌سازند. همچنین توسعه اقتصادی، استفاده بهینه

از منابع، دستیابی به اهداف اجتماعی و دسترسی



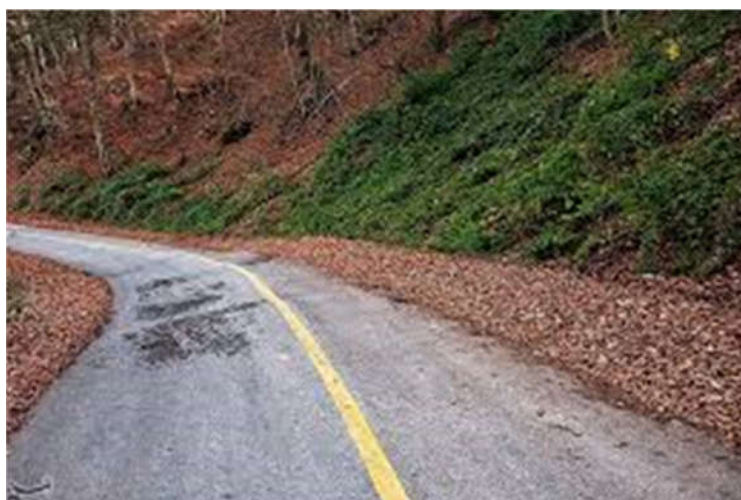
شکل ۱- جاده جنگلی در رانشستان‌های مناطق مرتفع جنگلی



شکل ۲- گرده‌بینه دپوشده در کنار جاده جنگلی در اعماق جنگل

جاده‌های جنگلی با تمام اهمیت و کاربردهایی که دارند تأثیرات منفی هم بر زیستگاه‌های مجاور، حیات وحش و اکوسیستم‌ها خواهند داشت. به‌طور ویژه ساخت جاده منجر به ایجاد یک اکوسیستم مصنوعی در حاشیه جاده می‌شود (Ellenberg, *et* 1981). در مناطق جنگلی ساخت جاده باعث تغییر میکروکلیم، رژیم نوری، وزن مخصوص ظاهری، رطوبت، مواد آلی خاک و آغاز فرایند توالی در نوارها و دیواره‌های خاکی حاشیه می‌شود (شکل ۳).

شکل ۳- تغییر پوشش گیاهی در دیواره خاکی جاده جنگلی



شکل ۳- تغییر پوشش گیاهی در دیواره خاکی جاده جنگلی

ایران هنوز به‌طور کامل و منسجم مورد استفاده قرار نگرفته است. به همین دلیل فرسایش‌های متعدد آبی و خاکی و یا ریزش جاده‌ها در بسیاری از جاده‌ها مخصوصاً جاده‌های مواصلاتی که از مسیرهای جنگلی مناطق شمالی کشور عبور می‌کنند دیده می‌شود.

این نوشتار با توجه به ضرورت و اهمیت اکولوژی جاده‌های جنگلی و ضرورت توجه به آن به‌عنوان یکی از پایه‌های مطالعه روابط متقابل بین جاده و محیط زیست تدوین شده است.

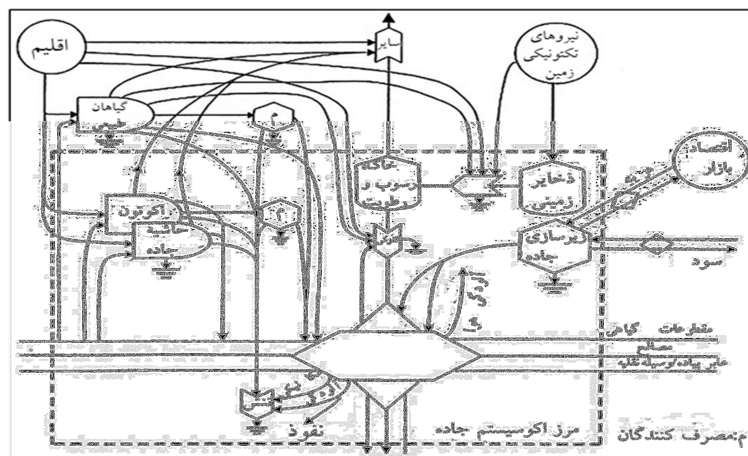
در اکوسیستم‌های جنگلی قطع درختان در هنگام ساخت جاده‌های جنگلی باعث افزایش میزان نور و سطوح فعالیت فتوسنتزی اشکوب زیرین می‌شود، در نتیجه بر روی میزان رطوبت خاک و آشکوب علفی مجاور نیز تأثیر می‌گذارد.

علم اکولوژی جاده به‌عنوان یکی از علوم زیست‌مهندسی معرفی و در سال‌های اخیر جهت شناخت بهتر اثرات سازه‌های خطی و به‌طور ویژه جاده‌های جنگلی بر محیط مجاور مورد استفاده قرار گرفت. اکولوژی جاده در مجامع علمی کشور

تاریخچه، تعریف و اهداف اکولوژی جاده

اکولوژی جاده یک واژه آلمانی بوده و برای اولین بار در سال ۱۹۸۱ مطرح گردید و در سال ۲۰۰۳ توسط فورمن به عبارت انگلیسی Road Ecology ترجمه شد (Van et al., 2011). پس از آن تحقیق و پژوهش با این مضمون، به‌طور ویژه در اروپا، آمریکای شمالی و استرالیا افزایش یافت.

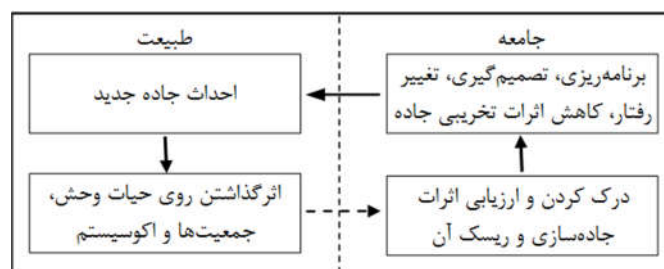
اکولوژی جاده اما در دهه ۱۹۹۰ بیشتر تحت عنوان اکوسیستم جاده مورد مطالعه قرار می‌گرفت. اکولوژی جاده رابطه بین جاده و اکوسیستمی که جاده در آن قرار گرفته است را مورد بررسی قرار می‌دهد. اکولوژی جاده، علم کاربردی بر پایه کمی‌سازی و متعادل نمودن اثرات جاده بر محیط زیست است (شکل ۴).



شکل ۴- مدل مفهومی اکوسیستم جاده (Forman et al., 2000)

هدف کلی علم اکولوژی جاده، کمی نمودن اثرات اکولوژیکی جاده است، زیرا با استفاده از آن می‌توان از اثرات منفی جاده، روی اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری و اکوسیستم آن‌ها و حتی منابع انسانی جلوگیری و یا آن را تعدیل نمود.

افکار عمومی تأثیرات منفی جاده بر حیات وحش و اکوسیستم را رصد می‌نمایند و آن‌ها با استفاده از زبان علم اکولوژی جاده این توانایی را پیدا می‌نمایند. روابط بین جاده و جوامع انسانی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- رابطه بین احداث جاده‌ها و جوامع

جاده جنگلی

به هر خط ارتباطی که حداقل استانداردهای لازم برای عبور کامیون‌ها در جنگل را داشته باشد، جاده یا راه جنگلی گفته می‌شود. برای دسترسی به تمام نقاط یک جنگل، مجموعه‌ای از راه‌ها ساخته می‌شود که به آن شبکه جاده جنگلی می‌گویند.

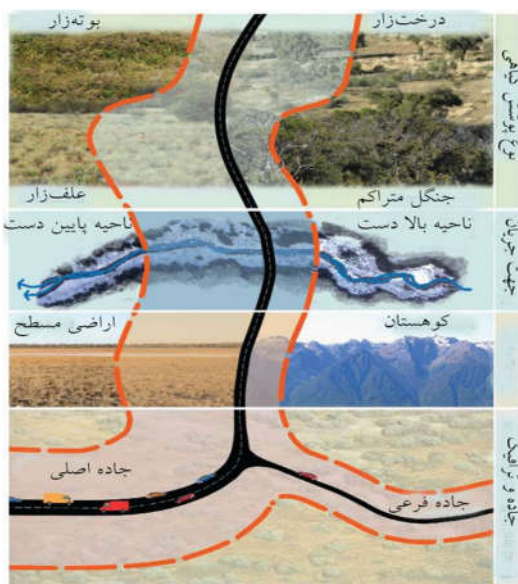
جاده‌های جنگلی یکی از مهم‌ترین راه‌های دسترسی به عرصه جنگل برای اجرای طرح‌های جنگلداری، جنگل‌کاری، اطفاء حریق، انجام پروژه‌های تحقیقاتی، حفاظت جنگل، اجرای پروژه‌های عمرانی، تفریح و تفرج و در نهایت بهره‌برداری می‌باشد.

ناحیه تأثیر جاده جنگلی

نواحی که تحت تأثیر تغییرات اکولوژیکی ناشی از عبور جاده است، تحت عنوان ناحیه تأثیر جاده جنگلی شناخته شده می‌شود (پارساخو، ۱۳۹۴). این اثرات از مرحله ساخت تا استفاده آن وجود دارند. اثرات مستقیم شامل ممانعت از عبور، افزایش تفرق، مرگ‌ومیر ناشی از تصادف و تغییر شکل، تخریب و چندپارگی زیستگاه جانوران و اثرات زیستی غیرمستقیم شامل مشکلاتی است که در درازمدت به واسطه اختلال در عوامل غیرزیستی مانند اقلیم نوری، درجه حرارت هوا، آلودگی

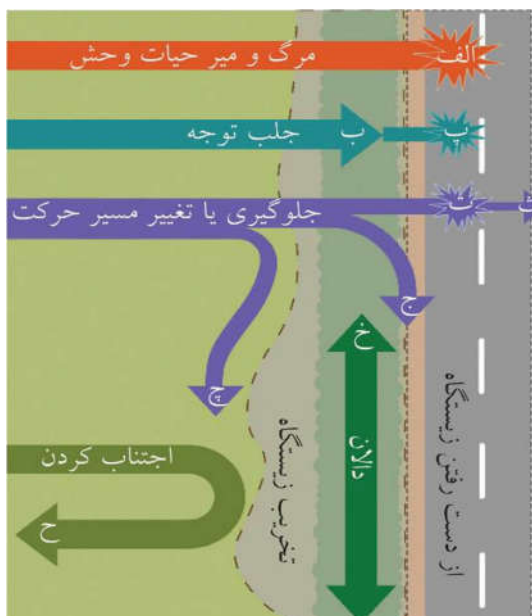
هیدرولوژی، آلودگی آب، هوا و خاک برای جوامع جانوری و گیاهی به‌وجود می‌آید (Shanley & Pyare, 2011).

اندازه ناحیه تحت تأثیر جاده توسط مشخصه‌هایی مانند مشخصات جاده (عرض، نوع سطح رویی جاده، ارتفاع نسبی نسبت به اراضی مجاور)، ترافیک (ابعاد، سرعت)، چشم‌انداز مجاور (توپوگرافی، هیدرولوژی، پوشش گیاهی، کیفیت رویشگاه)، سرعت و جهت غالب باد و مشخصات گونه‌ها و میزان حساسیت آن‌ها به تغییرات محیطی مشخص می‌شود. از صدها تا هزاران متر از اکوسیستم‌های اطراف، تحت تأثیر جاده عبوری قرار می‌گیرند (شکل ۶).



شکل ۶- نواحی تحت تأثیر جاده‌های جنگلی. اندازه این ناحیه تحت تأثیر پوشش گیاهی، جهت جریان آب و باد، توپوگرافی، مشخصات جاده و ترافیک است.

عوامل زیستی و غیرزیستی رویشگاه و شدت تخریب اتفاق افتاده توسط جاده بستگی دارد. شکل‌های ۷، ۸ و ۹ میزان تأثیر جاده را بر زیستگاه‌های حاشیه جاده نشان می‌دهد.



شکل ۷- (الف) برخی از حیوانات برای پیدا کردن غذا و آب به طرف جاده و حاشیه آن می‌روند (ب) که در برخی موارد منجر به برخورد حیات وحش با وسایل نقلیه می‌شود (پ). ایجاد موانع و جلوگیری از عبور حیوانات منجر به کاهش مرگ‌ومیر آن‌ها می‌شود، (ت) و یا ممکن است از عرض جاده عبور کنند (ث)، در برخی موارد این موانع باعث می‌شود که حیوانات از عرض جاده عبور نکنند و فقط وارد حاشیه شوند (ج) و یا وارد حاشیه جاده هم نمی‌شوند (چ). بعضی از گونه‌ها هم از وارد شدن به حاشیه جاده خودداری و از آن دوری می‌کنند (خ). در برخی موارد بعضی از گونه‌ها از حاشیه جاده به‌عنوان زیستگاه خود استفاده نموده و از آن به‌عنوان دالان عبور استفاده می‌کنند (ح).

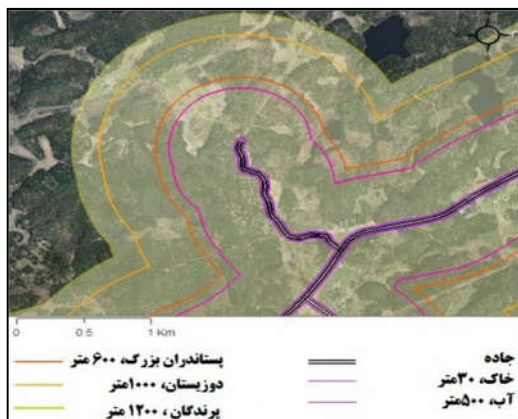
با ساخت جاده یک میکروکلیمای جدید در حاشیه آن ایجاد می‌شود که در برخی موارد شرایط بقای گونه‌های گیاهی و جانوری را به‌خطر می‌اندازد

تأثیرات جاده بر اکوسیستم‌های مجاور معمولاً با افزایش فاصله از آن کاهش می‌یابد. بررسی و محاسبه منطقه اثر جاده یک رویکرد مفید برای برنامه‌ریزان جهت کاهش اثرات منفی جاده بر اکوسیستم مجاور است. مهم‌ترین اثر بر اکوسیستم‌های مجاور شامل تأثیر جاده بر حیات وحش، پوشش گیاهی، از بین رفتن و تخریب زیستگاه‌های طبیعی، آب، خاک و احتمال وقوع آتش‌سوزی است که می‌توانند در چهارچوب علم اکولوژی جاده مورد مطالعه قرار گیرند.

تخریب زیستگاه طبیعی

ساخت و توسعه دالان‌های حمل‌ونقل منجر به از بین رفتن پوشش گیاهی و خارج شدن زیستگاه‌ها از روند طبیعی اکوسیستم اصلی شده و باعث به‌وجود آمدن اکوسیستم جدید انسان‌ساخت می‌شود. جاده‌ها جمعیت‌های انسانی را به‌خود جذب کرده و باعث توسعه مناطق مسکونی در اطراف آن می‌شوند. به همین دلیل در اکثر موارد بعد از ساخت جاده، زیستگاه‌های بیش‌تری از چرخه طبیعی خارج می‌شوند (Boarman & Sazaki, 2006).

تخریب زیستگاه به‌طور خطی در حاشیه جاده ساخته شده اتفاق می‌افتد و شدت آن به روابط بین



شکل ۹- فاصله تأثیرگذاری جاده بر محیط و جانداران اطراف آن (Eigenbrod *et al.*, 2009)

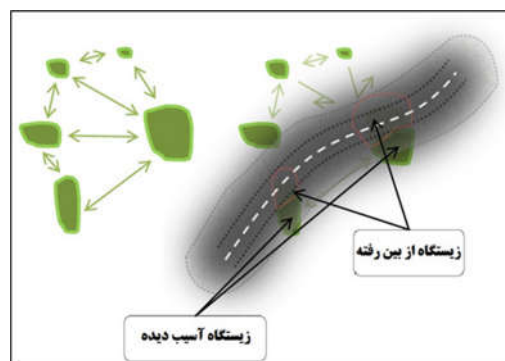
پوشش گیاهی

حاشیه جاده‌ها در کل دارای تلاطم بیش‌تر و آشفته‌تر، گرم‌تر، خشک‌تر است و نور بیش‌تری دریافت می‌کند. جاده‌ها در مقیاس کوچک تا متوسط با ایجاد یک دالان در سطح رویشگاه جنگلی به دلیل برداشت پوشش گیاهی، موجب ایجاد تغییرات گسترده از نظر نور دریافتی، رطوبت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طولانی‌مدت می‌شوند. تغییرات به‌وجود آمده به ابعاد جاده و مشخصات روسازی جاده جنگلی اعم از آسفالت و خاکی بستگی دارد. در اکوسیستم‌های جنگلی، وجود جاده باعث کاهش تنوع گونه‌ای بومی و افزایش گونه‌های غیربومی در اطراف جاده می‌شود و در طولانی‌مدت یک تهدید زیست‌محیطی به شمار می‌رود.

و فرصتی برای استقرار گونه‌های مهاجم که با شرایط جدید سازگار می‌باشند فراهم می‌نماید.

حیات وحش

جاده روی حیات وحش به‌صورت گروهی، انفرادی و اکوسیستم تأثیر می‌گذارد. بخشی از زیستگاه که جهت ساخت جاده استفاده می‌شود از بین می‌رود و زیستگاه مجاور آن هم تخریب می‌شود. مهم‌ترین اثر جاده برخورد وسایل نقلیه با حیات وحش است. تأثیرات جاده بر روی حیات وحش از ساخت جاده شروع شده و در طول زمان بهره‌برداری از آن نیز ادامه دارد (شکل ۸).



شکل ۸- میزان تأثیر جاده بر زیستگاه‌های حاشیه جاده (Eigenbrod *et al.*, 2009)

این اثرات منجر به مواردی از قبیل حذف زیستگاه طبیعی، تخریب زیستگاه طبیعی، مرگومیر حیات وحش، مانع عبور، جلب توجه، فراری دادن حیات وحش و همچنین ایجاد زیستگاه جدید می‌شود. شکل ۹ حاشیه اثرگذاری جاده بر اساس مطالعات تجربی را نشان می‌دهد.

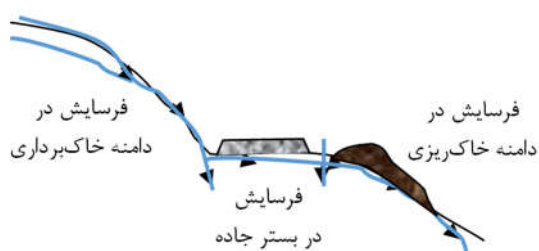
خاک

ویژه یکی از عوامل اصلی تغییرات انسانی در داخل حوزه‌های آبخیز به شمار می‌آیند و یکی از عوامل شروع رواناب محسوب می‌شوند. به‌ویژه در مناطق کوهستانی، شبکه جاده با وجود سطح کم نسبت به سطح کل منطقه تأثیر زیادی بر هیدرولوژی منطقه می‌گذارد (مصطفی و همکاران، ۱۳۹۵). ساخت جاده باعث ایجاد سطح نفوذناپذیر، به‌هم خوردن مسیر آب‌های طبیعی، ایجاد رواناب توسط جوی کناری، آبروهای عرضی، دامنه‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی می‌شود. جاده‌ها به سه طریق روی وضعیت جریان آب و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی محیط اطراف حتی فواصل دورتر تأثیر می‌گذارند (Duff, 2010).

جریان آب‌های سطحی

جاده‌ها باعث جدا شدن شبکه هیدرولوژی منطقه و تغییر مسیر جریان آب‌های سطحی می‌شوند، در بعضی موارد منجر به افزایش سرعت جریان آب نیز می‌شوند. با توجه به شرایط محلی این تغییرات می‌تواند منجر به جاری شدن سیل، فرسایش خاک، تغییر وضعیت طبیعی و یا مسدود شدن آبراهه‌ها شود. شکل ۱۱ چگونگی تأثیر جاده بر جریان آب‌های سطحی را نشان می‌دهد.

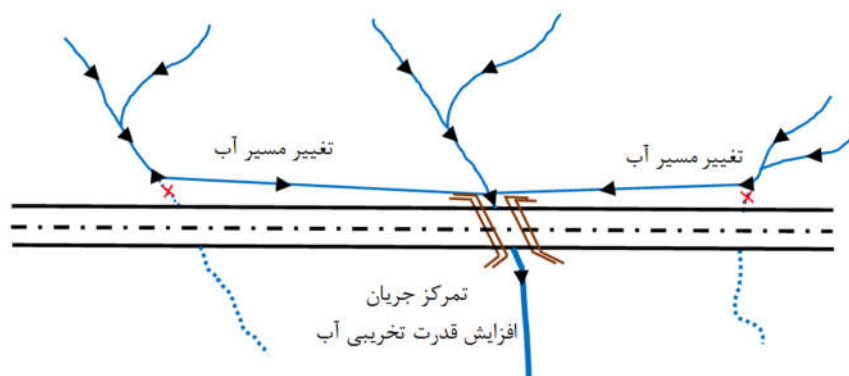
خاک بستر اصلی تولیدات گیاهی، جانوری و کشاورزی است. همچنین قدرت تولیدی اکوسیستم بستگی به کیفیت خاک دارد. هم‌زمان با ساخت جاده پوشش گیاهی از بین می‌رود و خاک شروع به فرسایش می‌نماید. این تأثیرات منجر به اختلال روند تکامل، دگرگونی ساختار و بافت، از دست رفتن مواد آلی و معدنی، کاهش حاصلخیزی و ظرفیت نگهداری خاک می‌شود (Iwara et al., 2013). خاک به‌شدت توسط مؤلفه‌های جاده از جمله شیروانی‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی تخریب می‌شود، همچنین در جریان جاده‌سازی خاک‌های دستی و غیربومی جایگزین خاک‌های اصلی می‌شود. شکل ۱۰ چگونگی فرسایش خاک در جاده‌ها را نشان می‌دهد.



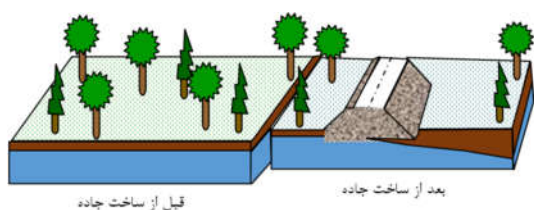
شکل ۱۰- چگونگی فرسایش خاک بر روی ساختمان جاده

آب

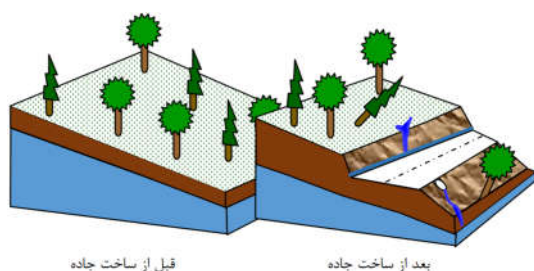
جاده‌ها به‌طور کلی و جاده‌های جنگلی به‌طور



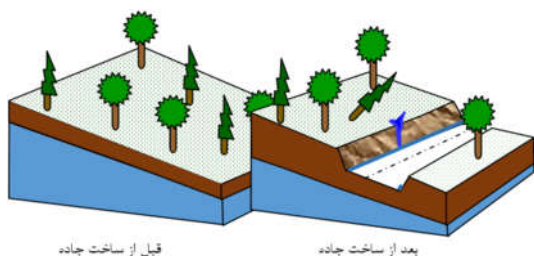
شکل ۱۱- تغییر جریان آب سطحی در اثر احداث جاده



شکل ۱۲- تغییر سطح سفره آب زیرزمینی در جاده‌هایی که خاکریزی شده‌اند.



شکل ۱۳- از بین رفتن بخشی از سفره آب زیرزمینی در زیر جاده‌ای که بخشی از آن‌ها خاکریزی و بخش دیگر خاک‌برداری شده‌اند.



شکل ۱۴- از بین رفتن بخشی از سفره آب زیرزمینی در زیر جاده‌ای به‌طور کامل خاک‌برداری شد.

جریان آب‌های زیرزمینی

ساخت جاده‌ها باعث پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و در بعضی موارد از بین رفتن آن‌ها می‌شود. پیامدهای آن می‌تواند از بین رفتن پوشش گیاهی، نشست سطح زمین، افزایش فرسایش خاک، از بین رفتن موجودات آبی، حذف حیات وحش به دلیل محدود شدن منبع آب و به هم خوردن سیستم کشاورزی منطقه باشد. جاده‌هایی که به‌طور کامل خاکریزی شده‌اند (شکل ۱۲) باعث پایین رفتن سطح آب زیرزمینی و ایجاد یک جریان آب از بخش مرتفع‌تر به بخش پست‌تر می‌شود. جاده‌هایی که بخشی از آن‌ها خاکریزی و بخش دیگر خاک‌برداری شده‌اند (شکل ۱۳) و یا به‌طور کامل در بخش خاک‌برداری قرار گرفته‌اند (شکل ۱۴) باعث از بین رفتن بخشی از سفره آب زیرزمینی می‌شود که در زیر جاده قرار می‌گیرد.

کیفیت آب‌های سطحی

رسوب‌گذاری، تغییرات فعالیت زیستی در

رودخانه‌ها و منابع آبی و وارد شدن مواد شیمیایی

به داخل آن‌ها از اثرات منفی جاده‌سازی محسوب

می‌شود. همچنین دود ناشی از وسایل نقلیه،

آسفالت، مواد روغنی و سوختی نشت شده و فلزات

موجود در آن، گردوغبار ناشی از جاده در فصول

خشک و همچنین نمک استفاده‌شده برای

جلوگیری از یخ زدن سطح جاده در فصل زمستان

نیز باعث تغییر کیفیت آب‌ها می‌شوند.

آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی

آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی را می‌توان

برحسب منشأ به آتش‌سوزی طبیعی، انسانی و

آتش‌سوزی از قبل برنامه‌ریزی‌شده تقسیم‌بندی

نمود. در حالی که جاده‌ها جهت اطفاء حریق و

دسترسی به محل آتش‌سوزی‌ها مهم‌ترین وسیله

دسترسی می‌باشند. اثر جاده‌ها در آتش‌سوزی در

عرصه‌های طبیعی اراضی مجاور می‌تواند مثبت و یا

منفی باشد، به طوری که در مناطق حساس به

آتش‌سوزی احداث شبکه جاده برای مدیریت آتش

حین حادثه و همچنین جهت انجام اقدامات بعد از

آن ضروری است. اما تحقیقات نشان داده است که

در اراضی جنگلی و مرتعی بیشتر آتش‌سوزی‌های

اتفاق افتاده در فواصل نزدیک به جاده بوده است

(Mostafa *et al.*, 2017)

جمع‌بندی

در ایران تاکنون مطالعه اختصاصی روی

اکولوژی جاده به صورت جامع صورت نگرفته است.

بیشتر مطالعات به صورت موردی روی اثرات آن بر

عوامل زیستی و غیرزیستی بوده است.

قاسمی‌آقباش و همکاران (۱۳۹۷)، تأثیر جاده

را بر پوشش گیاهی اطراف آن مورد مطالعه قرار

دادند. نجفی قیری و همکاران (۱۳۹۷)، اثرگذاری

جاده روی خاک را مورد پژوهش قرار دادند،

مصطفی و همکاران (۱۳۹۲ و ۱۳۹۵)، رابطه جاده

و آب و نیز مهندسی جاده، مصطفی و همکاران

(۲۰۱۷)، رابطه جاده و آتش‌سوزی و صادقی و

همکاران (۱۳۹۱)، آسیب‌های زیست‌محیطی

جاده‌های جنگلی را بررسی نمودند.

کشور ایران دارای اقلیم‌ها، نواحی رویشی،

زیستگاه‌های متعدد و گسترده است. در ایران

مبحث اکولوژی جاده برای متخصصین محیط

زیست و به‌طور کلی برای متخصصین حمل‌ونقل و

راه‌سازی ناآشناست و هنوز به اثرات اکولوژی جاده

پرداخته نشده است. اگرچه در بعضی از تحقیقات

به‌طور محدود به آن اشاره شده است؛ اما این مهم

- زمانی مفید واقع خواهد شد که در دستور کار
برنامه‌ریزان، سازندگان و مسئولین امر قرار گیرد تا
جهت ساخت جاده‌های جدید اهم از جنگلی و یا
غیرجنگلی، تمام موارد اکولوژیکی مورد توجه قرار
گیرد. همچنین در مسیرهای ساخته شده جهت
کاهش دادن و تعدیل اثرات منفی قدم‌هایی
برداشته شود.
- توصیه ترویجی**
- جاده‌های موجود جنگلی و به‌طور ویژه
شریان‌های حیاتی، به‌طور تخصصی با همکاری
متخصصین محیط زیست و راه‌سازی ارزیابی
اکولوژیکی شوند.
- زیستگاه‌های حساس گیاهان و جانوران به
پروژه‌های جاده‌سازی مشخص شود تا در
برنامه‌ریزی شبکه جاده از عبور از این مناطق
دوری شود.
- برای عبور جاده‌های مواصلاتی از مناطق جنگلی
از نظرات کارشناسان مهندسی جنگل استفاده
شود.
- جاده‌های موجود جنگلی و به‌طور ویژه
شریان‌های حیاتی، به‌طور تخصصی با همکاری
متخصصین محیط زیست و راه‌سازی ارزیابی
اکولوژیکی شوند.
- رویشگاهی و اجتماعی هر منطقه تدوین شود.
- دستورالعمل ارزیابی زیست‌محیطی جاده اهم از
جنگلی و یا غیرجنگلی با توجه به شرایط اقلیمی،
رویشگاهی و اجتماعی هر منطقه تدوین شود.

منابع

- پارساخو، آ.، مصطفی، م. و لطفعلیان، م. ۱۳۹۴. راهکارهای کاهش اثرات محیط‌زیستی جاده‌های جنگلی. مجله جاده، ۸۴: ۲۰۰-۱۹۸.
- صادقی، م.، لطفعلیان، م. و حسینی، س.ع. ۱۳۹۱. جاده جنگلی و آسیب‌های زیست‌محیطی. نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، ۱ (۳): ۴۰-۳۱.
- قاسمی آقباش، ف.، عبدی، ع. و حیدری، م. ۱۳۹۷. اثرات جاده‌های جنگلی بر زیست‌بوم‌های جنگلی بلوط ایرانی از نظر تنوع گیاهی زیرآشکوب و ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی خاک. نشریه حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۶ (۱۲): ۷۶-۵۹.
- مصطفی، م.، رأفت‌نیا، ن.، شتایی، ش. و غضنفری، ه. ۱۳۹۲. مقایسه مشخصه‌های فنی و هندسی شبکه جاده‌های طرح جنگل‌داری چندمنظوره آرم‌ده بانه با دستورالعمل‌های موجود. پژوهشنامه بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۱ (۱): ۹۹-۸۸.
- مصطفی، م.، شتایی جویباری، ش.، لطفعلیان، م. و امیر سعدالدین. ۱۳۹۵. مقایسه مشخصات هندسی جاده‌های حوزه آبخیز جنگلی چهل‌چای با استانداردهای هندسی جاده‌های روستایی به لحاظ میزان تولید رواناب. مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۳ (۲): ۱۴۵-۱۲۳.

نجفی قیری، م.، کیاسی، ی.، خادمی، ف.، محمودی، ع.، بوستانی، ح.، مکرم، م. و غلامی، م.ج. ۱۳۹۷. اثرات جاده بر پوشش گیاهی و برخی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و قابلیت استفاده عناصر خاک (مطالعه موردی: جاده داراب- بندرعباس). نشریه علوم آب و خاک، ۲۲ (۳): ۳۱۰-۲۹۹.

- Boarman, W.I. and Sazaki, M. 2006. A highway's road-effect zone for desert tortoises (*Gopherus agassizii*). *Journal of Arid Environments*, 65: 94-101.
- Duff, M.J. 2010. Evaluation of road erosion prediction models applied to unpaved roads in a small tropical watershed in Eastern Brazil. Thesis submitted to the faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Biological Systems Engineering, 138 PP.
- Eigenbrod, F., Hecnar, S. and Fahrig, L. 2009. Quantifying the road-effect zone: threshold effects of a motorway on anuran populations in Ontario, Canada. *Ecology and Society*, 14 (1): 1-18.
- Ellenberg, H., Müller, K. and Stottele, T. 1981. Straßen-Ökologie: Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften. *Ökologie und Straße*. Bonn, Germany: Broschürenreihe der deutschen Straßenliga, Ausgabe, 3: 19-122.
- 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.
- Iwara, A.I., Gani, B.S., Adeyemi, J.A. and Ewa, E.E. 2013. Effect of road construction on adjoining soil properties in Tinapa Resort, south-southern Nigeria. *Open Journal of Advanced Engineering Techniques*, 1 (3): 42-48.
- Mostafa, M., Shataee Joybari, Sh., Lotfalian, M. and Sadoddin, A. 2017. Watershed road network analysis with an emphasis on firefighting management. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25 (4): 342-353.
- Shanley, C.S. and Pyare, S. 2011. Evaluating the road-effect zone on wildlife distribution in a rural landscape. *Ecosphere*. 2 (2): 1-16.
- Van der Ree, R., Jaeger, J.A.G., Van der Grift, E.A. and Clevenger, A.P. 2011. Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape Function: road ecology is moving toward larger scales. *Ecology and Society*, 16 (1): 1-9.