راهکارهای کاهش اثرات محیط‌زیستی جاده‌های جنگلی

آیدین پارساخو، استادیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
محسن مصطفی، دانش آموخته دکتری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
مجید لطفعلیان، دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول:mohsenmstf@gau.ac.ir
دریافت:94/02/22- پذیرش: 94/08/15

چکیده

جاده‌ها دارای اثرات محیط‌زیستی مستقیم و غیرمستقیم روی جمعیت‌ها، گونه‌ها و اکوسیستم‌های جانوری، گیاهی و آبی هستند. توزیع تراکم جاده در جنگل موجب چندپارگی زیستگاه‌ها شده و انزوا و یا جزیره‌ای شدن اکوسیستم را به دنبال دارد. بدین ترتیب زیستگاه جانوران به زیر مجموعه‌های کوچکتری تقسیم شده و زمینه برای انقراض گونه‌ها فراهم می‌شود. امروزه به روش آنالیز پایایی جمعیت (PVA)، الگوی جابجایی جانوران برای رسیدن به یک جمعیت پایا مورد ارزیابی قرار گرفته و مناطق مناسب برای اصلاح چندپارگی به منظور برقراری شبکه زیستگاه‌های پایدار تشخیص داده می‌شود. پس از برآورد میزان فایدهٔ اکولوژیکی اصلاح چندپارگی (معمولاً بر حسب تعداد واحدهای زاد و ولد در واحد سطح یا RU بیان می‌شود) در هر یک از این مناطق، نسبت به اولویت‌بندی مکان‌های اصلاح چندپارگی اقدام می‌گردد. مهم‌ترین سازه‌هایی که به عبور جانوران از عرض جاده و اصلاح چندپارگی زیستگاه کمک می‌کنند، شامل زیرگذر و پل سبز می‌باشد. کاستن از وسعت دالان جاده در زیستگاه‌های ارزشمند، نصب فنس در مرز بین جاده و جنگل، منحرف نمودن حجم ترافیک به مسیرهای دیگر، قرار دادن جاده‌های با درجات پایین‌تر در کنار آب‌بندان‌ها و نصب علائم هشداردهنده در کنار جاده از دیگر راهکارهای کاهش اثرات محیط‌زیستی جاده در اکوسیستم‌های طبیعی است.

واژه‌های کلیدی: جاده جنگلی، اثرات محیط‌زیستی، آنالیز پایایی جمعیت، چندپارگی زیستگاه

1- مقدمه

جاده جنگلی مسیری است در میان رویشگاه طبیعی که به منظور حفاظت، مدیریت، تفریح و تفرّج و استخراج منابع چوبی و غیرچوبی احداث می‌شود (شکل 1). مسئله بسیار مهم در رابطه با این جاده‌ها، احداث و توزیع آنها در اکوسیستم ظریف و شکننده جنگل و همچنین بحرانی است که برای جانوران، درختان و حتّی موجودات آبزی به وجود می‌آورند (Emeritus and Flaherty, 2002).

شکل 1. استفاده تفرّجی و دوچرخه سواری در جاده جنگلی

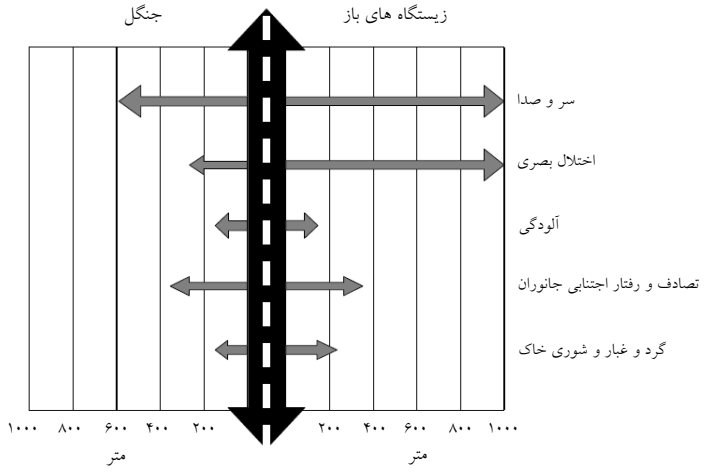
هر چه جاده‌های جنگلی دارای فواصل طولانی و در نتیجه ترافیک و عرض بستر بیشتری باشند، اثرات اکولوژیکی آنها بیشتر پدیدار گردیده و توجّه بیشتری را لازم دارند. تمام پیامدهای اکولوژیکی تردد وسایل نقلیه و آلودگی صوتی ناشی از آن به صورت مستقیم و در کوتاه مدّت بر حیات جانوران ساکن جنگل پدیدار نمی‌شود، بلکه ممکن است به تدریج موجب تغییر مسیرهای مهاجرت جانوران، افتراق گونه‌ها، جزیره‌ای شدن اکوسیستم، تغییر محل لانه‌گذاری و تولید مثل پرندگان، تغییر رفتار جانوران، چندپارگی و تخریب زیستگاه‌های[1] حیات‌وحش، کشته شدن جانوران در جاده، اختلال در چرخه‌های حیاتی و تغذیه شود (Forman and Deblinger, 2000). بنابراین ارزیابی اثرات بالقوّه اکولوژیکی پیش از اجرای پروژه‌های عمرانی و توسعه، نظیر احداث جاده‌های جنگلی یکی از راهکارهای مناسب برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است و می‌تواند به عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی در دسترس برنامه‌ریزان، مدیران و تصمیم گیران قرار گیرد (FORPLAN, 1985).[2]

شبکه راه‌های جنگلی موجود در جنگل‌های شمال ایران که دارای ترافیک پایین می‌باشند، دارای مشکلات اکولوژیکی بسیار کمتری هستند، تا حدی که گاه هیچ یک از مشکلات ذکر شده در این مقاله را ایجاد نمی‌کنند. لیکن این موضوع بیشتر متوجّه جاده‌های با تردد بیشتر مانند آنهایی که کارکرد چند منظوره غیر جنگلی دارند، می‌باشد.

جاده‌هایی که وظیفهٔ اتصال روستاها را به عهده دارند، آن دسته از راه‌هایی که آسفالته هستند و به ویژه جاده‌های عمومی هراز، چالوس، فیروزکوه، رشت، میان‌گذر پارک ملی گلستان و اتوبان‌های جدید قزوین –رشت و تهران – چالوس از جمله جاده‌هایی هستند که دارای تأثیرات منفی اکولوژیک بر محیط جنگل می‌باشند.

2- محدودهٔ اثر جاده

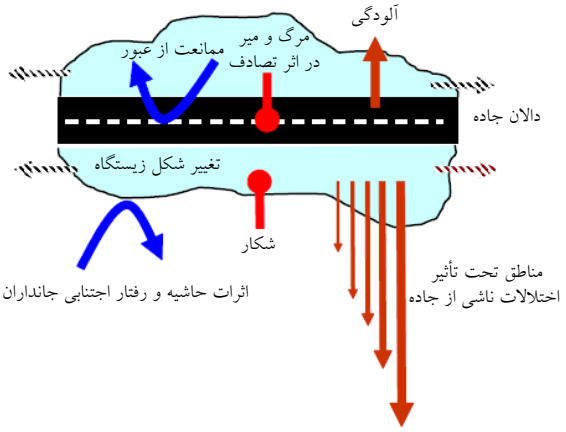
جاده‌های جنگلی دارای اثرات زیستی[3] روی جمعیت-ها، گونه‌ها و اکوسیستم‌ها هستند. این اثرات در مراحل مختلف از طراحی جاده، ساخت و استعمال آن گرفته تا مرحلهٔ نگهداشت و حذف جاده ظاهر می‌شوند. اثرات زیستی مستقیم یک جادهٔ جنگلی شامل ممانعت از عبور، افزایش تفرّق، مرگ و میر ناشی از تصادف و تغییر شکل، تخریب و چندپارگی زیستگاه جانوران و اثرات زیستی غیرمستقیم شامل مشکلاتی است که در درازمدت به واسطه اختلال در فاکتورهای غیرزیستی مانند اقلیم نوری، درجهٔ حرارت هوا، آلبدو، هیدرولوژی، آلودگی آب، هوا و خاک برای جوامع جانوری و گیاهی به وجود می‌آید (شکل 2) (Wemple Swanson and Jones, 2001).



شکل 2. محدودهٔ اثر جاده در زیستگاه باز (علفزار) و جنگل

3- ممانعت جاده از عبور جانوران

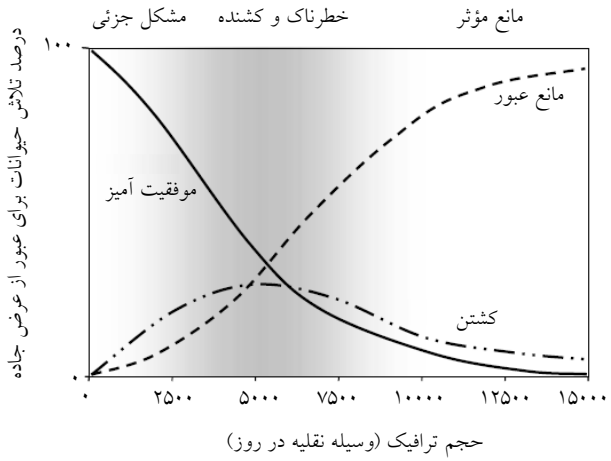
احتمال برخورد جانوران با وسایل نقلیه، باعث بروز رفتارهای اجتنابی[2] در جانوران شده و مانع عبور آنها از عرض جاده می‌شود (شکل 3). شدت این اثر بازدارنده متأثر از نوع گونه، نوع جاده، کیفیت زیستگاه‌های مجاور، حجم ترافیک و سرعت وسایل نقلیه است. به عنوان مثال در کشور کانادا، خرس‌های گریزلی بیشتر علاقه‌مند به عبور از جاده‌های کم ترافیک و به ویژه از نقاطی با کیفیت زیستگاه بالا هستند (Forman, Reineking and Hersperger, 2002). خرس‌های گریزلی نر در مقایسه با ماده‌ها با جسارت بیشتری به جاده‌های کم ترافیک نزدیک می‌شوند، امّا در مقابل کمتر از خرس‌های ماده از عرض جاده عبور می‌کنند (به ویژه در فصل تمشک) (Vos and (Chardon, 1998).



شکل 3. اثرات اکولوژیکی جاده روی اکوسیستم مجاور

4- مرگ و میر جانوران در اثر تصادفات جاده‌ای

جمعیت حیات وحش و شانس بقای بسیاری از گونه‌های محلی به دلیل وجود جاده و ترافیک آن کاهش می‌یابد. در طول سه دهه گذشته جاده‌ها به همراه وسایل نقلیه، باعث مرگ و میر بسیاری از مهره‌داران کوچک و بزرگ شده‌اند. حشرات به طور شگفت‌آوری بیشترین سهم از تلفات جاده‌ای را به خود اختصاص می‌دهند که دلیل اصلی آن برخورد حشرات به شیشهٔ جلوی اتومبیل می‌باشد. آمارهای بدست آمده نشان می‌دهد که سالیانه 159000 جاندار پستاندار، 653000 پرنده در هلند، 7 میلیون پرنده در بلغارستان و 5 میلیون قورباغه و حیوان خزنده در استرالیا در جاده‌ها کشته می‌شوند (شکل 4).



شکل 4. مدل اثر حجم ترافیک روی درصد حیواناتی که به طور موفقیت‌آمیزی از عرض یک جاده عبور می‌کنند، با صدای ترافیک و حرکت وسایل نقلیه دفع[5]و یا در اثر تصادف کشته می‌شوند. این مدل به صورت تجربی از داده‌های مربوط به تصادف وسایل نقلیه با گوزن شمالی در کشور سوئد به دست آمده است (Mader, 1984).

با توجّه به ارزش اقتصادی هر یک از انواع جانوران، برخورد آنها با وسایل نقلیه خسارات مالی فراوانی را نیز به دنبال دارد. به عنوان مثال هر ساله در ایالات متحده آمریکا حدود 1 میلیارد دلار زیان مالی در اثر تصادف آهو با وسایل نقلیه به وجود می‌آید. در نروژ، خسارت مالی سالیانه ناشی از برخورد گوزن شمالی با وسایل نقلیه بین 11 تا 17 میلیون یورو برآورد شده است (Emeritus and Flaherty, 2002).

با توجه به موارد اشاره شده، جاده‌ها خطر بزرگی برای جانوران کوچک، مهاجر و کم تحرک مانند دوزیستان به شمار می‌آیند. تقریباً همه خزندگان برای خنک و یا گرم نمودن بدنشان از کف جاده‌ها استفاده می‌کنند. بنابراین

بسیاری از آنها بر اثر تردد وسایل نقلیه کشته شده و اجساد به جای مانده، درندگان و دیگر جانوران لاشه‌خوار را به سوی خود کشانده و این جانداران را هم به سرنوشت خود دچار می‌سازند (Miller, Joyce, and. King, 1996).

5- اثرات محیط‌زیستی جاده بر جوامع پرندگان

افزایش سر و صدای ناشی از تردد وسایل نقلیه در جاده می‌تواند موجب کاهش کیفیت زیستگاه‌های حاشیه جاده به ویژه محل زندگی پرندگان گردد. نتایج مطالعات انجام شده در کشور هلند نشان می‌دهد که غنای گونه‌ای و فراوانی پرندگان در جنگل و چمنزارهای مجاور جاده کمتر از بخش‌های داخلی توده است. نرخ کاهش جمعیت پرندگان متأثر از حجم ترافیک می‌باشد؛ یعنی با افزایش حجم ترافیک، جمعیّت پرندگان حاشیه جاده کاهش می‌یابد (Miller, Joyce, and. King, 1996). لیکن در شرایط خاص مانند گرسنگی، تشنگی، سرما و گرما ممکن است فراوانی و غنای گونه‌ای پرندگان در حاشیه جاده بیشتر از فواصل دورتر از جاده شود. به نظر می‌رسد که پرندگان آوازخوان نسبت به آلودگی صوتی حساس‌تر هستند.

6- چندپارگی زیستگاه بر اثر شبکه‌بندی جاده

توزیع جاده در جنگل موجب چندپارگی زیستگاه جانوران شده و انزوا و یا جزیره‌ای شدن اکوسیستم را به دنبال دارد. بدین ترتیب زیستگاه حیات وحش به زیر مجموعه‌های کوچکتری تقسیم شده و زمینه برای مهاجرت، انقراض و تغییرات ژنتیکی جمعیت گونه‌های جانوری فراهم می‌شود. به طوری که برخی پستانداران مانند گوزن و گرگ تقریباً تا 200 متر از جاده فاصله می‌گیرند. مطالعات دورسنجی بر روی خرس سیاه نشان داد که این جانور هرگز از میان شاه‌راه‌های بین ایالتی عبور نمی‌کند و تنها از جاده‌های با ترافیک بسیار پایین تردد می‌نماید (NRC,2005)[6].

نتایج بررسی تأثیر شبکه جاده جنگلی بر زیستگاه حیات وحش نشان داد که اگر تراکم جاده‌ها 12 تا 19 متر در هکتار باشد، زیستگاه گوزن شمالی به پایین‌تر از ٪80 تقلیل می‌یابد. در مناطقی که تراکم جاده بیشتر از 6 متر در هکتار باشد، گرگ‌ها و شیرهای کوهی توان زندگی خود را از دست می‌دهند. بنابراین تراکم جاده‌های جنگلی و همچنین میزان تردد وسایل نقلیه بر روی آنها تأثیر بسیار مهمی در فاصله گرفتن جانوران از جاده دارد (Oxley, Fenton, and Carmody) 1974.

7- آنالیز پایایی جمعیت جانوران (PVA)[7]

تمامی روش‌هایی که تاکنون برای تشخیص مکان‌های اصلاح چندپارگی[8] به کار گرفته شد، مبتنی بر شناسایی مکان‌هایی بود که در آنجا حیوانات مجبور یا علاقه‌مند به عبور از جاده بودند. اما در روش آنالیز پایایی جمعیت، الگوی جابجایی حیوانات برای رسیدن به یک جمعیت پایا یا بقای گونه‌ها مدنظر قرار می‌گیرد. در روش PVA، حفظ شبکه زیستگاه‌های پایدار که در آنها پایایی جمعیت برای همه گونه‌ها میسر باشد از اهمیت خاصی برخوردار است. روش PVA به هفت مرحله تفکیک می‌شود (Emeritus and Flaherty, 2002).

انتخاب گونه یا گروه گونه

- مدلسازی زیستگاه
- ارزیابی جمعیت‌های محلی
- ارزیابی شبکه‌های زیستگاه
- آنالیز پایایی جمعیت
- تشخیص مکان‌های اصلاح چندپارگی
- اولویت‌بندی بر اساس اختلاف بین فایده اکولوژیکی مکان‌های اصلاح چندپارگی

گام اول: انتخاب گونه یکی از ضروری‌ترین مراحل آنالیز است. در این مرحله تعداد و نوع گونه تعیین می‌شود. میزان حساسیّت گونه‌ها نسبت به اثرات جاده، گونه‌های معرف اکوسیستم مورد مطالعه، قابلیت پراکنش گونه‌ها و

خواهش‌های اکولوژیکی آنها، سه معیار مهم در آنالیز PVA می‌باشد. برای آنالیز باید گونه‌ای انتخاب شود که حساسیت زیادی به اثرات جاده داشته باشد. همچنین گونه‌های انتخابی باید نمایندهٔ تنوع اکوسیستم در شبکهٔ اکولوژیکی باشد.

گام دوم: مدلسازی زیستگاه یا تولید نقشهٔ زیستگاه برای گونه‌های انتخابی دومین گام PVA است. در این مرحله تمام قسمت‌های طبیعت منطقهٔ مورد مطالعه بر اساس دانش تجربی و بر اساس خواهش‌های اکولوژیکی گونه‌ها به زیستگاه‌های نامناسب، حاشیه‌ای، مناسب، نیمه مطلوب و مطلوب طبقه‌بندی می‌شود.

ظرفیت پذیرش هر قسمت از زیستگاه بر اساس اندازه و کیفیت آن محاسبه می‌شود. تعداد افراد یک گونه در واحد سطح نمی‌تواند بیانگر ظرفیت پذیرش زیستگاه باشد، بلکه این تعداد واحدهای زاد و ولد[9] (RU) در واحد سطح است که می‌تواند ظرفیت پذیرش یک زیستگاه را نشان دهد. یک RU در واقع یک جفت زادآوری یا تولید مثل است. البته در مورد گونه‌هایی که به شکل گروه‌های اجتماعی در کنار هم زندگی می‌کنند، یک RU می‌تواند بیشتر از دو فرزند باشد (مانند گلهٔ آهوی قرمز).

گام سوم: در این مرحله مشخص می‌شود که کدام قسمت‌های زیستگاه به کدام جمعیت محلی تعلّق دارد. برخی قسمت‌های زیستگاه آنقدر نزدیک به یکدیگر قرار دارند که ساکنان آن را می‌توان به عنوان یک جمعیت واحد از نژادهای مختلف در نظر گرفت که پدیده جفت‌گیری به طور تصادفی در بین آنها اتفاق می‌افتاد.

گام چهارم: شبکهٔ زیستگاه، مجموعه‌ای از قطعات یا قسمت‌های مختلف یک زیستگاه است که به حد کافی به یکدیگر نزدیک می‌باشند. شبکه‌های زیستگاه با استفاده از فاصلهٔ ترکیب شبکه‌ای گونه‌های منحصربه فرد مشخص می‌شوند. این روش مبتنی بر داده‌های تجربی در مورد ظرفیت پراکنش گونه‌ها بوده و به صورت فاصلهٔ اقلیدسی بیان می‌گردد. مانند فاصلهٔ بین دو نقطهٔ متحرک بر روی یک خط مستقیم.

گام پنجم: پس از آنکه شبکه‌های زیستگاه مشخص شدند، ظرفیت پذیرش کل هر شبکه محاسبه و با آستانه لازم برای شکل‌گیری حداقل جمعیت پایا مقایسه می‌گردد. یک شبکهٔ زیستگاه را زمانی می‌توان پایدار تلقی نمود که یک یا بیش از یک قطعه در شبکه آنقدر بزرگ باشد که بتواند حداقل جمعیت پایا را در خود نگه داشته باشد (Emeritus and Flaherty, 2002).

گام ششم: وقتی دالان حمل و نقل یا جاده در منطقه‌ای امتداد می‌یابد، همواره باید انتظار تغییر پایایی جمعیت جانوران را داشت. مشکل چندپارگی زیستگاه اغلب با احداث سازه‌هایی برای عبور جانوران از عرض جاده، برطرف می‌شود. در برخی شرایط، تغییر پایایی جمعیت را می‌توان از روش‌های گوناگون بدست آورد.

شکل 5-الف نشان می‌دهد که قطعه A از زیستگاه یک گونه خاص، آنقدر کوچک است که نمی‌تواند یک جمعیت پایا را در خود داشته باشد. در حالی که دو قطعه زیستگاه B و C برای حفظ یک جمعیت پایدار به اندازه کافی بزرگ هستند. گرچه ظرفیت پراکنش گونه‌ها آنقدر بالا است که می‌تواند قطعه A را به یک شبکه زیستگاه با قطعات B و یا C متصل کند، اما در اینجا دالان حمل و نقل یا جاده به عنوان یک مانع مطلق از عبور جانوران از عرض جاده جلوگیری به عمل می‌آورد. لذا جمعیت در قطعه A به صورت منزوی و یا ایزوله شده باقی می‌ماند (Emeritus and Flaherty, 2002). با احداث سازه‌های ویژه عبور حیات وحش از عرض جاده، قطعه A می‌تواند به ترتیب به قطعات B و C متصل شود. پس از برقراری اتصال A-B و A-C جمعیت در قطعه A از حالت غیرپایا به حالت پایا تغییر می‌کند. البته احداث گذرگاه برای جانوران در هر دو منطقه چندان ضروری نمی‌باشد. زیرا پایایی جمعیت در قطعه A تنها با برقراری ارتباط با یکی از قطعات همسایه تأمین می‌گردد. در شکل 5 قطعه B به قطعه A نزدیکتر است. علاوه‌بر این، اندازه قطعه B بزرگتر از قطعه C می‌باشد.

گام هفتم: این مرحله دربرگیرنده عملیات اولویت‌بندی برای مکان‌هایی است که نیاز به عملیات اصلاح چندپارگی زیستگاه دارند. در شکل 6-الف سه شبکه زیستگاه از یک گونه خاص توسط دو مسیر جاده از یکدیگر تفکیک شده‌اند. در وضعیت چندپارگی الف، تنها یکی از شبکه‌های زیستگاه دارای اندازه لازم برای نگهداشتن یک جمعیت پایا می‌باشد. سایر شبکه‌ها اگرچه از نظر اندازه متفاوت هستند (50 و 25 RU)، اما آنقدر کوچک می‌باشند که به طور مستقل قادر به نگهداشتن یک جمعیت پایا در خود نیستند.

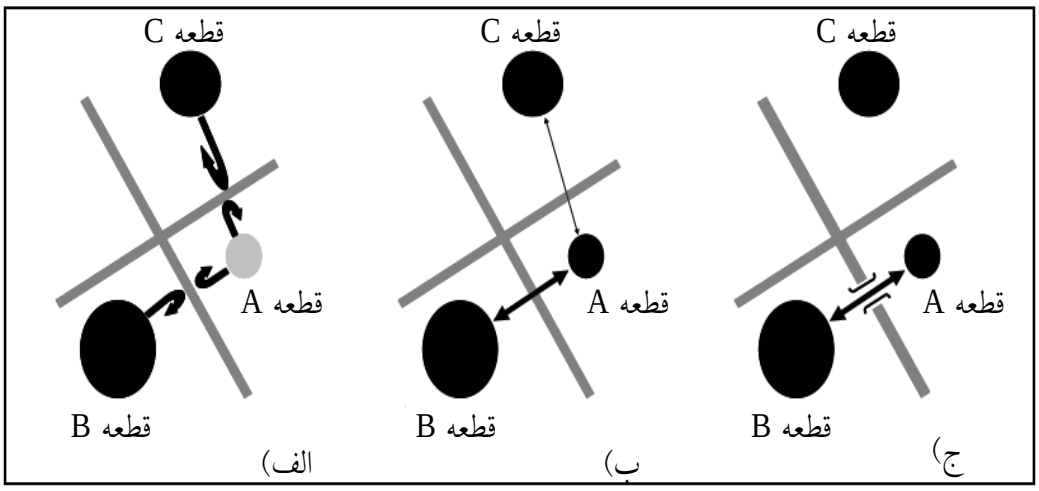
تمهیدات لازم (احداث پل سبز، زیرگذر و ...) جهت کاستن از اثر چندپارگی در مکان 1، بلافاصله منجر به تغییر پایایی جمعیت در شبکه زیستگاه مرکزی خواهد شد. زیرا این شبکه با شبکه زیستگاه پایای پیشین در سمت چپ ادغام می‌شود. در حالی که این تمهیدات در مکان 2، هیچ اثری بر پایایی جمعیت شبکه زیستگاه مرکزی نخواهد داشت. زیرا حتی پس از برقراری ارتباط و تبادل میان شبکه زیستگاه مرکزی و شبکه زیستگاه سمت راست (شکل 6-ج)، آستانهٔ لازم برای ایجاد یک حداقل جمعیت پایا بدست نمی‌آید.

شبکهٔ برپاشدهٔ جدید فقط زیستگاهی با 75 RU را به وجود می‌آورد. اگر تمهیدات لازم جهت کاستن از اثر چندپارگی، ابتدا در مکان 1 اجرا شود. نتیجه منجر به ایجاد یک شبکه زیستگاه پایا در مرکز خواهد شد. سپس اگر این اقدامات در مکان 2 انجام شود، آنگاه شبکه زیستگاه سمت راست نیز می‌تواند به پایایی جمعیت برسد. با ارزیابی میزان فایدهٔ اکولوژیکی که معمولاً بر حسب تعداد RU بیان می‌شود، می‌توان قسمت‌های مختلف یک زیستگاه را برای انجام عملیات اصلاح چندپارگی اولویت‌بندی نمود (شکل 7).

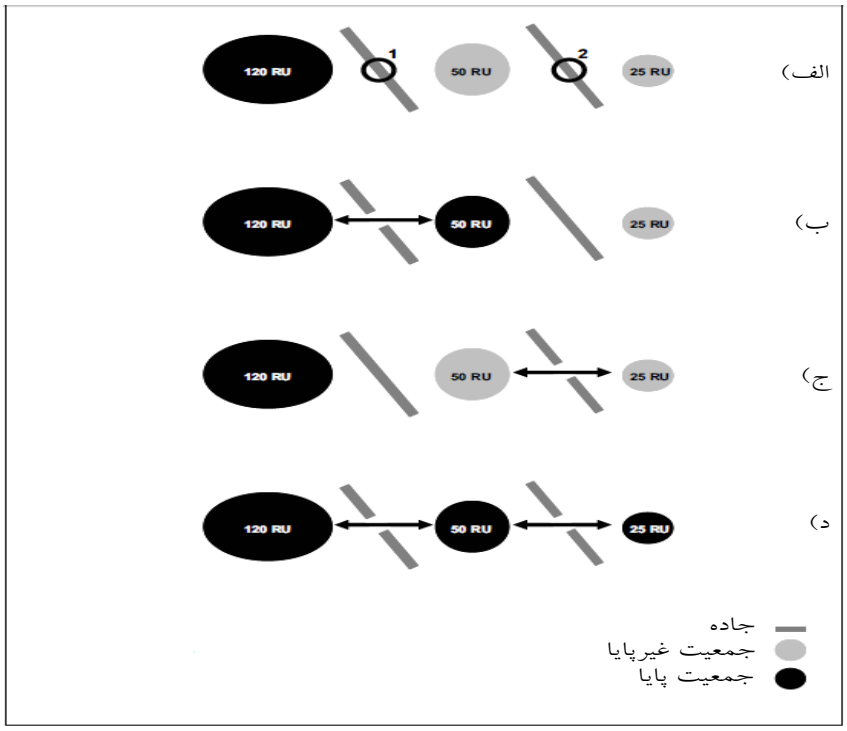
روش یاد شده نخستین بار در کشور هلند به منظور اولویت‌بندی مکان‌های اصلاح چندپارگی زیستگاه بر روی دالان حمل و نقل (جاده، راه‌آهن و کانال‌های آبرسانی)، استفاده شد. در حقیقت بر طرف نمودن چندپارگی زیستگاه، اقدامی است که پیامدهای آن را باید در درازمدت جستجو کرد. در بسیاری از کشورها، هدف اصلی از انجام این کار، تهیهٔ نقشه‌های پایایی جمعیت زیستگاه و برقرار نمودن شبکهٔ اکولوژیکی ملی پایا برای گونه‌های هدف می‌باشد. نکتهٔ مهم در تصمیم‌سازی و مکان‌یابی انجام اقدامات اصلاحی آن است که به منظور کاستن از هزینه‌ها و بهینه‌سازی طرح و ابعاد گذرگاه جانوران باید توجه خاصی به مشخصات فنی دالان حمل و نقل مانند پروفیل طولی، تقاطع‌ها، قوس‌ها، پهنای کناره‌ها و پروفیل عرضی مبذول داشت (جدول 1).

جدول 1. فاکتورهایی که به طور بالقوه بر برخورد وسایل نقلیه با جانوران تأثیرگذار هستند (O'Flaherty, 2007).

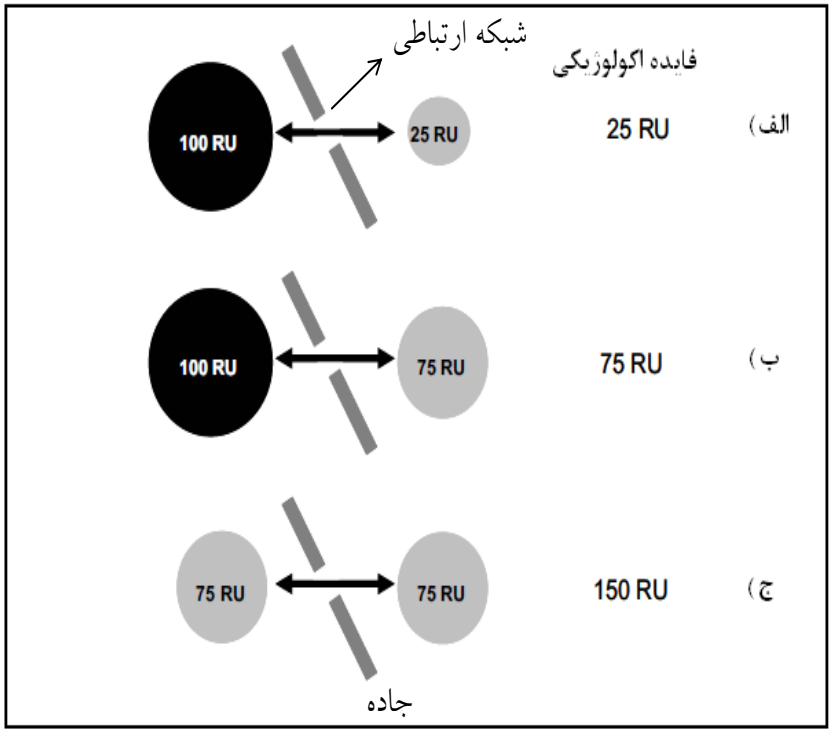
فاکتورهای جانوری	فاکتورهای ترافیکی	فاکتور زیست‌محیطی
رفتار فردی	وسیله نقلیه و راننده	دالان جاده
- جنسیت، سن و وضعیت	- سرعت وسیله نقلیه	- پهنای دالان
	- سطح جاده	- زیستگاه حاشیه جاده
- پراکنش، جفت‌گیری و جابجایی برای رسیدن به علوفه	- زمان تفریح و تفرج	- فنس، خندق، پل، تونل
- گردش، رفتار تدافعی و تهاجمی	- قابلیت دید	- نورگیری جاده
اکولوژی گونه	ترافیک	چشم‌انداز
- فراوانی	- فراوانی	- توپوگرافی
- زندگی فردی و اجتماعی	- پیوستگی ترافیک	- ترکیب چشم‌انداز
- بهره‌برداری از زیستگاه	- سرعت	- میکروکلیما
- نیازهای هوایی	- الگوی ترافیک روزانه یا فصلی	- زیستگاه مجاور
- مهاجرت‌ها		
- فعالیت‌های شبانه یا روزانه		



شکل 5. وضعیت ارتباطی در یک شبکه زیستگاه می‌تواند به منظور شناسایی بهترین مکان برای اصلاح چندپارگی به کار رود. در این شکل، قطعات زیستگاه **A**، **B** و **C** در اثر چندپارگی طبیعت پس از احداث جاده به وجود آمده‌اند. جمعیت در قطعه **A** غیرپایا است (خاکستری). در حالی که در دو قطعه **B** و **C** جمعیت پایا می‌باشد (سیاه). دالان حمل و نقل یا جاده به عنوان مانع مطلق در برابر عبور جانوران، به رنگ خاکستری متمایل به سیاه مشخص شده است (Emeritus and Flaherty, 2002).



شکل 6. مکان‌های **1** و **2** مناسب برای اصلاح چندپارگی تشخیص داده شده‌اند. اندازهٔ جمعیت در هر شبکه زیستگاه بر حسب **RU** آورده شده است. آستانهٔ پایایی جمعیت **RU 100** است. الف، پایایی جمعیت پیش از تمهیدات اصلاح چندپارگی. ب، پایایی جمعیت پس از اعمال تمهیدات اصلاح چندپارگی در مکان **1**. ج، پایایی جمعیت پس از اعمال تمهیدات اصلاح چندپارگی در مکان **2**. د، پایایی جمعیت پس از اعمال تمهیدات اصلاح چندپارگی در هر دو مکان (Emeritus and Flaherty, 2002).



شکل 7. ارزیابی فایدهٔ اکولوژیکی (بر حسب RU) در هر مکان یعنی جایی که تغییر در پایایی جمعیت اتفاق می‌افتد. آستانه پایایی جمعیت با ارزش فرضی 100 RU به رنگ سیاه و جمعیت‌های غیرپایا به رنگ خاکستری نمایش داده شده است. فایدهٔ اکولوژیکی می‌تواند نتیجهٔ تغییر جمعیت در یکی از شبکه‌های زیستگاه مانند قسمت‌های الف و ب یا هر دو شبکهٔ زیستگاه مانند قسمت ج باشد. فایدهٔ اکولوژیکی در وضعیت ج حداکثر است، که متعاقباً بالاترین رتبه را در برنامه‌های اصلاح چندپارگی دریافت خواهد کرد (Emeritus and Flaherty, 2002).

8- راهکارهای کاهش اثرات محیط‌زیستی جاده

8-1- اصلاح چندپارگی با احداث پل و زیرگذر

در ایرلند با نصب فنس در مرز بین جاده و جنگل، از تصادف جانوران با وسایل نقلیه جلوگیری به عمل می‌آورند. کشورهای اروپایی (به ویژه هلند) و آمریکایی (به ویژه کانادا) در زمینهٔ طراحی شبکهٔ حمل و نقل مبتنی بر موازین اکولوژیکی پیشرفت خوبی داشته‌اند (شکل 8). طراحی تونل‌های مختلف برای جانوران یکی از راه‌های حفظ تنوع زیستی در این کشورها می‌باشد.

تونل مختصّ دوزیستان 30 سانتی‌متر قطر دارد و اغلب در نقاطی که جاده‌ها راه رسیدن به تالاب‌ها ومرداب‌ها را مسدود می‌سازند، احداث می‌شوند. تونل مختصّ گورکن‌ها 40 سانتی متر قطر دارد و برای حرکت پستانداران متوسط اندام از عرض جاده و در جایی که آب به ندرت جریان دارد، طراحی می‌شود. تقریباً همهٔ این گذرگاه‌ها در هدف خود یعنی عبور دادن جانوران از عرض جاده موفق هستند (شکل 9 و شکل 10). امکان استفاده از این گذرگاه‌ها برای گونه‌های دیگر نیز وجود دارد. به عنوان مثال زیرگذرهای فلوریدا علاوه بر پلنگ فلوریدا توسط سایر جانوران نیز استفاده می‌شود.

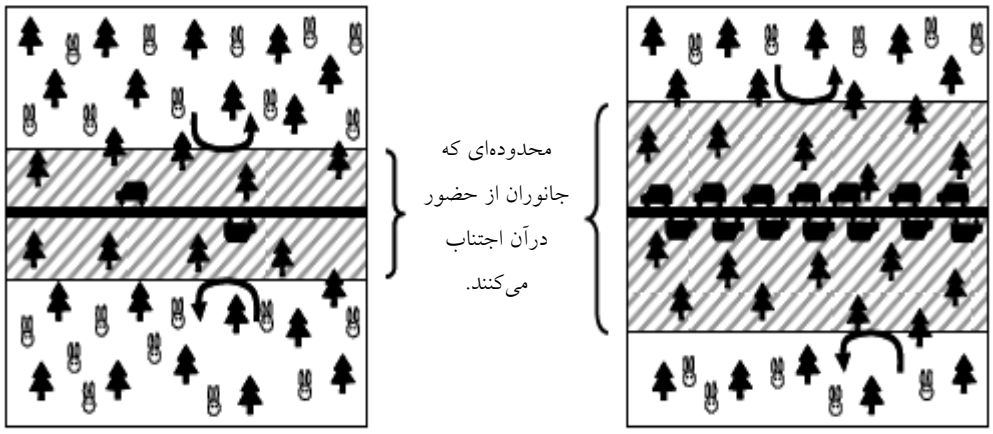
شکل 8. زیرگذر پستانداران بزرگ جثه در آلبرتا کانادا

شکل 9. احداث زیرگذر جانوران در بزرگراه‌های انگلستان

شکل 10. پل سبز در بزرگراه پارک ملّی بنف در کانادا

8- 2- طرح‌ریزی مناسب شبکه جاده

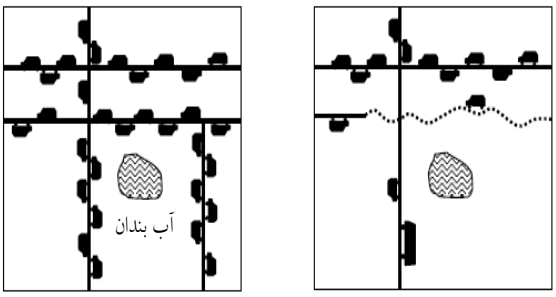
یک راه دیگر برای کم کردن اثرات اکولوژیکی جاده، کاستن از وسعت یا اندازهٔ دالان جاده در زیستگاه‌های ارزشمند است. به منظور کاستن از اثرات اکولوژیکی جاده‌ها، طراح منطقه‌ای ابتدا و در مرحلهٔ بررسی واریانت‌های شبکه جاده لازم است این مطلب را در نظر بگیرد که آیا می‌توان از احداث جاده‌های جدید اجتناب کرد. در برخی موارد ممکن است حذف یک قسمت از جاده پس از ساخت آن مدنظر قرار گیرد که معمولاً این کار در مورد جاده‌های منتهی به روستاها و یا سایر سکونتگاه‌های جنگلی غیرعملی می‌باشد. ضمن آنکه این عملیّات بسیار پرهزینه (NRC, 2005). باید توجّه داشت که بسیاری از اثرات اکولوژیکی جاده‌ها به خاطر ترافیک است نه به خاطر خود جاده. به عنوان مثال آلودگی ناشی از وسایل نقیله می‌تواند جوامع گیاهی را تا فواصل حداقل 200 متر از جاده تغییر دهد. افزایش ترافیک موجب افزایش خسارات وارده به زیستگاه جانوران می‌شود، زیرا اکثر حیوانات با افزایش حجم ترافیک، در فاصلهٔ بیشتری از جاده اقدام به لانه‌سازی می‌کنند (شکل 11).



شکل 11. اثر حجم ترافیک روی محدوده کناره‌گیری حیوانات از جاده

بسیاری از گونه‌ها به ویژه دوزیستان، بخشی از دوران زندگی خود را در آب‌بندان‌های طبیعی سپری می‌کنند و به طور مرتّب نیز از آنجا به سوی سایر زیستگاه‌ها در مهاجرت روزانه، فصلی و یا سالیانه هستند. جاده‌های جنگلی که از کنار آب‌بندان‌ها می‌گذرند باعث مرگ و میر بسیاری از جانورانی می‌شوند که به سوی آب‌بندان[10] یا به خارج از آن در حال حرکت می‌باشند. علاوه‌براین، برای آن دسته از جانورانی که از جاده و ترافیک فاصله می‌گیرند، حضور جاده در کنار آب‌بندان مانع دسترسی آنها به آب برای نوشیدن می‌شود (NRC,2005).

در مقابل این نوع جاده‌ها، دسترسی انسان را به آب‌بندان افزایش می‌دهد. در چنین مناطقی اغلب حذف جاده یا کاستن از حجم ترافیک آن امکان‌پذیر نخواهد بود. امّا طراحان می‌توانند با تلاش خود و از طریق منحرف نمودن حجم ترافیک به مسیرهای دیگر و یا از طریق قرار دادن جاده‌های با درجات پایین‌تر در کنار آب‌بندان، اثرات اکولوژیکی این قبیل جاده‌ها را کاهش دهند (شکل 12).

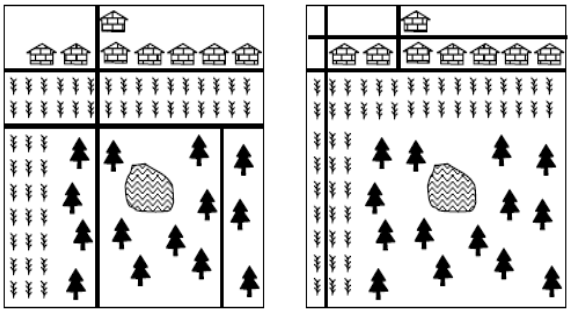


الف) طراحی خوب ب) طراحی بد

شکل 12. کاستن از حجم ترافیک در نزدیکی آب‌بندان‌های حساس از نظر اکولوژیکی

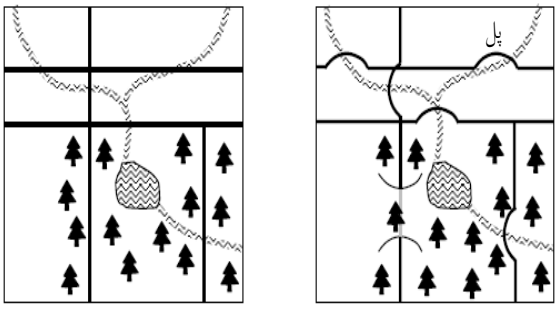
اثرات اکولوژیکی یک جاده را می‌توان با ساختن آن در فاصلهٔ دورتری از اکوسیستم‌های حساس به خوبی کاهش داد. اگر جاده از نوع عام‌المنفعه باشد بهتر است در فاصلهٔ نزدیکتری نسبت به مناطق توسعه یافتهٔ شهری، روستایی و زمین‌های کشاورزی طراحی و احداث شود. این استراتژی به حفظ زیستگاه‌های بزرگتر و جلوگیری از قطعه قطعه شدن یا چندپارگی زیستگاه کمک خواهد نمود (شکل 13).

گاهی اوقات ممکن است شرایط اقتصادی و اجتماعی اجازه کاستن از حجم ترافیک جاده‌های نزدیک به عرصه-های طبیعی را ندهد و حتی یک جاده جدید ممکن است در نزدیکی یا در میان چنین عرصه‌هایی ساخته شود. تحت این شرایط باید نسبت به احداث پل، تونل و یا زیرگذر برای عبور جانوران از عرض جاده اقدام کرد (شکل 14). نصب علائم هشدار دهنده در کنار جاده‌های جنگلی که روزانه مراجعین فراوانی دارند، ضمن آگاهی بخشیدن به افراد، از شدّت اثرات اکولوژیکی ناشی از فعالیت‌های مخرب انسانی مانند برپا ساختن کمپ، آتش، ریختن زباله شستن ماشین و ... در جنگل می‌کاهد (شکل 15).



الف) طراحی خوب ب) طراحی بد

شکل 13. چگونگی کاستن از اثرات اکولوژیکی شبکه جاده با توجّه به کاربری اراضی مناطق اطراف



الف) طراحی خوب ب) طراحی بد

شکل 14. طراحی پل‌های عریض برای عبور جانوران و زهکشی آب از عرض جاده در مناطقی که انحراف ترافیک یا حذف جاده ممکن نیست.

شکل 15. انواع علائم هشدار دهنده به منظور کاستن اثرات اکولوژیکی جاده

9- نتیجه‌گیری

ارزیابی جنبه‌های اکولوژیکی یک پدیده عبارت است از فرآیند و جریان بررسی و مطالعات رسمی، جهت پیش‌بینی اثرات فعالیت‌ها و عملکردهای یک پروژه بر اکوسیستم گیاهی، جانوری، سلامت انسان‌ها و رفاه اجتماعی و یا به عبارت دیگر شناسایی و ارزیابی سیستماتیک پیامدهای پروژه‌ها، برنامه‌ها و طرح‌ها بر اجزاء فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، فرهنگی و اقتصادی- اجتماعی محیط زیست است (O'Flaherty, 2007).

سیستم‌های اکولوژیکی به عنوان سیستم‌هایی متشکل از اجزای زیستی (موجودات زنده) و غیرزیستی (مانند نور خورشید، آب، هوا و عناصر غذایی) تعریف می‌شوند. اجزای زیستی و غیرزیستی سیستم همواره در مسیر ایجاد ساختارهای پیچیده و متنوع زیستی به طور متقابل بر یکدیگر اثر می‌گذارند.

اثرات متقابل میان ساختارها و فرآیندها، خود تنظیمی سیستم اکولوژیکی نامیده می‌شود. مقیاس‌های نامحدود زمانی و مکانی، دو بعد کلیدی برای درک سیستم‌های اکولوژیکی هستند. برخی ساختارها به دلیل آنکه فرآیندها در اندازه کوچک (مانند سلول‌ها، برگ‌ها یا درختان) به وقوع می‌پیوندند، تنها محدوده کوچکی از مقیاس‌های زمانی یا مکانی را در برمی‌گیرند (Vos and Chardon, 1998). امّا اثرات اکولوژیکی جاده‌ها می‌تواند سبب دگرگونی فرآیندهای اکولوژیکی در مقیاس زمانی از دقیقه تا قرن و در مقیاس مکانی از متر تا هزاران کیلومتر شود (Emeritus and Flaherty, 2002).

آلودگی صوتی[11]، تغییر اقلیم نوری، اختلال در مشخصات هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی و شیمیایی یک منطقه از جمله پدیده‌های غیرزیستی محسوب می‌شوند که اغلب پس از احداث و توسعه شبکه جاده‌های جنگلی به وجود می‌آیند. بسیاری از مشخصات هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی یک حوزه‌آبخیز مانند وضعیت تولید رسوب، تعادل شیمیایی، عملکرد زهکشی، شرایط اکولوژیکی جانداران آبزی، جریان آب و حمل آلاینده‌ها نیز تحت تأثیر شبکه جاده جنگلی قرار دارند. اثری که سطح جاده بر میزان آلبدو می‌گذارد، باعث شده است که برخی محققین از دالان جاده به عنوان یک جزیره گرمایی[12] یاد کنند (Oxley, Fenton, and Carmody 1974).

این مطالعه که به صورت مرور اثرات زیست محیطی جاده‌ها انجام گرفت، اهمیت در نظر گرفتن این موضوع را نشان می‌دهد.

با توجه به این اثرات، در طراحی شبکه جاده‌ها به خصوص جاده‌های جنگلی که از میان زیستگاه خیل عظیمی از جانوران می‌گذارد ابن موارد دو چندان می‌شود. در کشور مادر خصوص اثرات جاده بر زیستگاه جانوران و همچنین بر پراکنش گونه‌های گیاهی مطالعات خیلی کم و یا اصلا صورت نگرفته است. این مطالعه می‌تواند طراحان و مهندسان جاده‌ها را جهت توجه به این موضوع وادار نماید. به عنوان نمونه در مناطق جنگلی زاگرس در فصل تابستان همواره تعداد خیلی زیادی از لاک‌پشت‌ها زمان عبور از جاده‌ها برای رسیدن به چشمه‌ها و سایر منابع آبی توسط وسایل نقلیه از بین می‌روند. با مطالعه بر روی اثرات جاده‌ها بر مرگ و میر این گونه جانوری و سایر

جانداران می‌توان با نصب راه‌های عبور و سـایر تمهیـدات لازم وقوع این اتفاقات را کاهش داد.

10- پی‌نوشت‌ها

1- Habitat loss
2- Dept. of Agriculture, Forest Service, Land Management Planning Systems Section (FORPLAN)
3- Biotic effects
4- Avoidance behavior
5- Repelled
6- National Research Council of the National Academies (NRC)
7- Population viability analysis
8- Habitat de-fragmentation
9- Reproductive units
10- Water body
11- Noise pollution
12- Warming island

11- مراجع

- Emeritus, C.A and O'Flaherty, A.M. (2002), "Highways, The location, design, construction and maintenance of road pavements". Fourth edition, published by Butterworth-Heinemann, ISBN–13: 978-0-7506-5090-8, ISBN–10: 0-7506-5090-7. 553, pp.8-23.

- FORPLAN. (1985), "Version 1. Washington, D.C., U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Land Management Planning Systems Section".

- Forman, R. T. T. and Deblinger, R.D. (2000), "The Ecological Road-Effect Zone of a Massachusetts (U.S.A.) Suburban Highway". Conservation Biology, 14, pp. 36-89.

- Forman, R. T. T., B. Reineking., and Hersperger, A. M. (2002), "Road Traffic and Nearby Grassland Bird Patterns in a Suburbanizing Landscape". Environmental Management, 29, pp. 782-800.

- Mader, H.J. (1984), "Animal Habitat Isolation by Roads and Agricultural Fields". Biological Conservation, 29, pp. 81-96.

- Miller, J. R., Joyce, R. L. K., and. King, R. M. (1996), "Forest Roads and Landscape Structure in the Southern Rocky Mountains". Landscape Ecology, 11, pp. 115-27.

- National research council of the national academies. (2005), "Assessing and Managing the Ecological Impacts of Paved Roads. Committee on Ecological Impacts of Road Density Board on Environmental Studies and Toxicology Division on Earth and Life Studies Transportation Research Board". pp.325-335.

- Oxley, D. J., M. B. Fenton. and Carmody G. R. (1974), "The Effects of Roads on Small Mammals. Journal of Applied Ecology, 11, pp. 51-59.

- O'Flaherty, C.A. (2007), "Highways the location, design, construction and maintenance of road pavements". Fourth edition. Published by Elsevier Ltd. ISBN–13: 978-0-7506-5090-8. ISBN–10: 0-7506-5090-7, pp. 553-555.

- Vos, C. C. and Chardon J. P. 1998. "Effects of Habitat Fragmentation and Road Density on the Distribution Pattern of the Moor Frog Rana Arvalis". Journal of Applied Ecology, 35, pp. 44-56.

- Wemple, B. C., Swanson, FJ. and Jones J. A.(2001), "Forest Roads and Geomorphic Process Interactions, Cascade Range, Oregon". Earth Surface Processes and Landforms, 26, pp. 191-204.

Solutions of Decreasing the Ecological Effects of Forest Roads

A. Parsakhoo, Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran.
M. Mostafa, Ph.D. Graduated of Forest Science, Department of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran.
M. Lotfalian, Associate Professor, Department of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Iran.

E-mail: mohsenmstf@gau.ac.ir

ABSTRACT
Roads have direct and indirect ecological effects on population, species and ecosystems of wildlife, plants and water. Distribution of road density in forest make wildlife habitat fragmented and ecosystem isolated. So, wildlife habitat is divided into smaller patches and species may be overthrow. Nowadays, through population viability analysis (PVA), pattern of wildlife movement to reach viable population is evaluated and suitable places for de-fragmentation operations and establishing stable habitat network is recognized. After the estimating of ecological benefits rate for de-fragmentation (Commonly is defined as the number of reproductive units per area or RU) in each of these places, the places of de-fragmentation operations are prioritized. Most important structures which are used to cross wildlife from road width and habitat de-fragmentation are under crossing and over crossing. Reducing the width of road corridor in valuable habitat, mounting fence in boundary between road and forest, diverting traffic volume to other routes, building roads with lower degrees near the water bodies and mounting symbols at the edge of road are the other solutions of decreasing ecological effects of road in natural ecosystems.

Keywords: Forest Road, Ecological Effects, Population Viability Analysis, Habitat Fragmentation