Arshive of SID

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۴ شماره ۴، صفحه ۵۸۷-۵۷۷، (۱۳۹۵)

شناسایی سطح اخطار روسازی جاده‌های جنگلی و مدیریت آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک

محمدجواد حیدری [۱]، اکبر نجفی [۲*] و سیدجلیل علوی [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

پست الکترونیک: a.najafi@modares.ac.ir

۳- استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۶

چکیده

ارزیابی وضعیت روسازی جاده‌های جنگلی و مدیریت بهینه هزینه نگهداری روسازی جاده‌های جنگلی به‌عنوان مهم‌ترین بخش از مدیریت یک جاده جنگلی محسوب می‌شود، حال آن‌که تخصیص بهینه هزینه در طول مدت استفاده از جاده بسیار دشوار است. بررسی وضعیت روسازی نیازمند تجهیزات خاصی است که به‌طور معمول به‌دلیل هزینه زیاد و عدم دسترسی به این نوع تجهیزات، کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. از این‌رو باید از تکنیک‌هایی استفاده شود که بتوانند روابط خطی و غیرخطی زوال سطح روسازی را ارزان‌تر و سریع‌تر مدل‌سازی کنند. در پژوهش پیش‌رو کاربرد تکنیک الگوریتم ژنتیک در شناسایی سطح اخطار روسازی جاده‌های جنگلی و برنامه‌ریزی ترمیم و نگهداری روسازی بررسی شد. بدین‌منظور شبکه جاده‌های جنگلی حوزه غرب هراز به‌طول حدود ۵۰ کیلومتر شامل پنج سری درنظر گرفته شدند. شناسایی سطح اخطار روسازی و ارایه یک برنامه ترمیم و نگهداری برای شبکه روسازی مذکور در طول یک دوره طرح پنج‌ساله و برمبنای برنامه‌ریزی یک‌ساله ارایه شد. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین سطح هشدار خرابی بیرون‌زدگی برابر با پنج سانتی‌متر و برای شیارشدگی ۱۰ سانتی‌متر بود. با برنامه‌ریزی و انجام منظم فعالیت‌های ترمیم و نگهداری، هزینه‌ها حداقل ۲۵ و حداکثر ۷۳ درصد در طول دوره طرح برنامه نسبت به سال اول کاهش یافتند که این موضوع اهمیت فعالیت‌های مستمر تعمیر و نگهداری و لزوم به‌کارگیری تکنیک‌های نوین را در برنامه‌ریزی نگهداری روسازی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم‌های بهینه‌سازی، بیرون‌زدگی، تعمیر و نگهداری، زوال، شیارشدگی.

مقدمه

روسازی جاده‌های جنگلی سرمایه با ارزشی در مدیریت جنگل است که هرساله هزینه زیادی صرف تعمیر و نگهداری آنها می‌شود. از این‌رو، روسازی جاده‌های جنگلی باید طوری مدیریت شود که با حفظ کارایی بتواند با گذشت زمان در سطح قابل قبول مورد استفاده قرار گیرد (Visser *et al.*, 2009). ازجمله عامل‌های مؤثر بر وضعیت روسازی می‌توان به سن روسازی، ترافیک جاده، عامل‌های طبیعی و اقلیم، مشخصات مصالح، ضخامت روسازی، مقاومت روسازی و همچنین خصوصیات بستر مؤثر بر خصوصیات مکانیکی روسازی اشاره کرد (Adlinge & Gupta, 2013). از بین رفتن حجم عظیم سرمایه در بخش مدیریت و نگهداری جاده‌ها، مدیران جنگل و بهره‌برداران را بیش از پیش به سمت استفاده بهینه از منابع موجود برای نگهداری و

www.SID.ir

Arshive of SID

حفظ این سرمایه سوق داده است (Talebi *et al.*, 2015).

امروزه سیستم مدیریت روسازی مجموعه کاملی از ابزار و روش‌ها است که علاوه‌بر سازمان‌دهی شبکه روسازی‌ها، به تصمیم‌گیری استراتژی‌های مؤثر و اقتصادی برای حفظ و نگهداری روسازی‌ها در سطحی قابل قبول کمک می‌کند (Fuentes, 2015). عدم توجه به نگهداری جاده، هزینه‌های مربوط به ماشین‌آلات را افزایش و سرعت آنها را کاهش می‌دهد و با کاهش ایمنی باعث افزایش تولید رسوب می‌شود (Talebi *et al.*, 2015). عملیات نگهداری جاده چنان‌چه در موعد لازم انجام شده باشد و گزینه مناسب برای روش نگهداری انتخاب شده باشد، علاوه‌بر آن‌که تخریب جاده را به تأخیر می‌اندازد، به‌دلیل افزایش کیفیت سطح جاده، موجب کاهش هزینه‌های عملکردی وسایل نقلیه و باز بودن مداوم جاده می‌شود (Grigolato *et al.*, 2013).

مسئولان نگهداری جاده‌های جنگلی و مدیران جنگل با نبود برنامه نگهداری برای رسیدن به اهداف از پیش تعیین‌شده مواجه هستند و هرساله هزینه‌های گزافی را به‌دلیل نداشتن یک برنامه بهینه متحمل می‌شوند. درحالی‌که می‌توانند با برنامه‌ریزی دقیق و به‌موقع از هدررفت سرمایه جلوگیری کنند (Visser *et al.*, 2009). برنامه‌ریزی نگهداری روسازی با مسائل متعددی مانند تعدد قطعات روسازی، انواع خرابی‌ها، شدت خرابی‌ها در طول دوره طرح برنامه و همچنین محدودیت‌های بودجه‌ای و منابع مواجه است. شناسایی عامل‌های مؤثر در نگهداری روسازی و بررسی زوال روسازی برای تهیه برنامه تعمیر و نگهداری روسازی جاده، به‌خصوص در بخش جاده‌های جنگلی بسیار پیچیده و مشکل است. به‌همین دلیل استفاده از یک تکنیک مناسب که توانایی پردازش این حجم اطلاعات را داشته باشد و بهترین راه حل را از این میان انتخاب کند، ضروریست (Mathew & Isaac, 2013).

از آنجایی‌که شرایط حاکم بر جاده‌های جنگلی (کوهستانی بودن، شیب بیشتر، سرعت طرح کمتر، نقش جابه‌جایی، نقش دسترسی و نقش اجتماعی) متفاوت از جاده‌های غیرجنگلی است، مدیریت تعمیر و نگهداری آنها بیشتر ناشی از عامل‌های انسانی و بصری است. همچنین تجهیزات خاصی که بتواند وضعیت جاده‌ها را بررسی کند، وجود ندارد و یا نیازمند هزینه بسیار زیاد است. از این‌رو به‌کارگیری تکنیک‌هایی که بتوانند کارایی روسازی و روند زوال و سطح هشدار آنها را ارزان‌تر و سریع‌تر مدل‌سازی کنند، پیشنهاد می‌شود (McGarragh & Hudson, 1974). این تکنیک‌ها، مجموعه‌ای از مدل‌های تجربی و هوش مصنوعی را دربرمی‌گیرند (Mathew & Isaac, 2013). برای انجام بهینه‌سازی برنامه‌های ترمیم و نگهداری روسازی، به‌کارگیری الگوریتم‌های تکاملی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از این الگوریتم‌های تکاملی، الگوریتم ژنتیک است.

الگوریتم‌های ژنتیک راه حل‌های بالقوه یک مسأله را در قالب کروموزوم‌های ساده‌ای کد می‌کنند و سپس عملگرهای ترکیبی را بر این ساختارها اعمال می‌کنند (Elhadidy *et al.*, 2015). الگوریتم‌های ژنتیک اغلب به‌عنوان روشی برای بهینه‌سازی توابع شناخته می‌شوند که البته دامنه استفاده از این روش‌ها بسیار گسترده‌تر است. عمومی‌ترین نحوه ارایه رشته‌ها در الگوریتم ژنتیک استفاده از الفبای دودویی (صفر و یک) است، اگرچه الگوهای نمایش دیگر مانند عدد صحیح و مقدار حقیقی نیز می‌توانند استفاده شوند (Mathew & Isaac, 2013).

باید اشاره کرد که تحقیقات جامعی در مورد عامل‌های مؤثر بر زوال روسازی جاده‌های جنگلی و برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری روسازی در ایران انجام نشده است. درخصوص مرور منابع خارجی هم عمده تحقیقات مربوط به بزرگ‌راه‌ها، راه‌های بین‌شهری و به‌ندرت روستایی است. با توجه به کمبود مطالعات قبلی، در این پژوهش از الگوریتم ژنتیک برای بررسی و شناسایی زوال سطح روسازی و مدیریت بهینه آن استفاده شده است تا مدیران جنگل بتوانند با شناخت عامل‌های مؤثر، به نگهداری ارزان‌تر و سریع‌تر جاده‌های جنگلی بپردازند.

www.SID.ir

Arshive of SID

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

برای انجام پژوهش پیش‌رو، وضعیت روسازی حدود ۵۰ کیلومتر جاده از شبکه جاده‌های جنگلی حوزه غرب هراز (آمل) در ارتفاع ۱۰۰ تا ۸۰۰ متری از سطح دریا درنظر گرفته شد. پس از تعیین شبکه روسازی مورد نظر، برنامه تعمیر و نگهداری برای جاده‌ها تعریف شد. شبکه جاده مورد مطالعه در پنج سری آلشرود، زنگال‌دره، انگتارود، سنگ‌درکا و همسوا قرار دارد. در هر سری جاده‌ها ازنظر سن، جنس، نوع مصالح، تاریخچه ساخت جاده، درجه و نوع کاربری جاده، ساختار روسازی، تاریخچه تعمیر و نگهداری و بارگذاری ترافیکی به قطعات متعددی تقسیم شدند. همچنین طول دوره طرح برنامه ترمیم و نگهداری و واحد زمانی پنج‌ساله (که برنامه ترمیم و نگهداری هر سری در طول دوره طرح به‌تفکیک این واحد زمانی تعیین می‌شود)، مشخص شد. جدول ۱ مشخصات جاده‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات کلی جاده‌های جنگلی حوزه غرب هراز

سری	متوسط شیب جاده (درجه)	متوسط درجه پیچ جاده	طول شانه (متر)	میزان متوسط بارندگی (میلی‌متر)	نوع مصالح	تاریخ آخرین مرمت (سال)	سن جاده (سال)	ضخامت روسازی (سانتی‌متر)	ترافیک متوسط روزانه (در یک سال)	ریزش (متر در کیلومتر)	عرض جاده (متر)
آلشرود	۹	۸۰	۰/۵	۸۰۰	رودخانه‌ای	۰/۶	۳۹	۱۵۰-۲۰۰	۸۴۸	۳۲	۵/۵
زنگال‌دره	۱۱	۷۰	۰/۶	۸۸۰	مخلوط	۱	۳۵	۱۲۰-۱۸۰	۵۹۶	۲۵	۵
سنگ‌درکا	۱۳	۱۰۰	۰/۶	۹۴۰	مخلوط	۲	۳۳	۱۲۰-۱۵۰	۷۳۳	۲۷	۵
انگتارود	۱۶	۱۸۰	۰	۹۷۰	رودخانه‌ای	۴	۳۰	۸۰-۱۰۰	۷۴۱	۵۲	۴
همسوا	۱۲	۸۰	۰/۳	۸۵۰	کوهی	۳	۳۷	۱۲۰-۱۲۰	۹۱۹	۴۱	۴/۵

استراتژی نگهداری

اولین گام برای برنامه‌ریزی نگهداری روسازی، تعیین هدف و استراتژی برنامه نگهداری است. این هدف می‌تواند کمینه کردن ارزش فعلی هزینه‌ها در طول دوره طرح، بیشینه کردن عملکرد روسازی در دوره طرح، کمینه کردن هزینه‌های استفاده‌کنندگان راه و یا ترکیبی از موارد مذکور باشد (Meneses & Ferreira, 2013). همچنین روش‌ها و گزینه‌های ترمیم و نگهداری برای اصلاح خرابی‌های مختلف، سقف بودجه و محدودیت‌هایی (ازنظر نیروی انسانی، تجهیزات و مصالح) که سازمان‌های مسئول نگهداری راه با آن مواجه هستند، باید مشخص شود.

کدگذاری پارامترهای مسأله

اولین گام در اجرای تکنیک الگوریتم ژنتیک، تعیین متغیرهای ورودی و شناخت قیدها و محدودیت‌های موجود است. پارامترهای خرابی، نوع خرابی‌ها و توابع زوال یا پیش‌بینی خرابی‌ها را شامل می‌شوند. توابع زوال میزان گسترش خرابی‌ها را با گذشت زمان یا بارگذاری ترافیکی نشان می‌دهند. از مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در زوال سطح روسازی می‌توان به عرض جاده، ریزش جاده به دره و ریزش از روی دامنه به جاده (متر در کیلومتر)، ترافیک متوسط روزانه، ضخامت روسازی، سن جاده، تاریخ آخرین مرمت، مشخصات لایه رویه و زمین، بارش، وضعیت شانه، درجه پیچ جاده (درجه در کیلومتر)، خصوصیات مصالح به‌کاررفته در هریک از مراحل اجرایی، وضعیت تاج‌پوشش، دپوها، وضعیت کانال کناری و لوله‌ها اشاره کرد.

مهمترین مرحله در برنامه‌نویسی الگوریتم ژنتیک،

www.SID.ir

Arshive of SID

انتخاب شیوه مناسب کدگذاری پارامترهای مسأله (حل‌ها) است، به‌طوری‌که ابتدا هماهنگی مناسبی با ماهیت مسأله مورد نظر داشته باشد، همچنین تا آنجاکه ممکن است طول رشته ژنوتیپ‌ها را کوتاه کند و نیز امکان وجود جواب‌های اشتباه و بیت‌های خالی را کاهش دهد (Mathew & Isaac, 2013).

در پژوهش پیش‌رو، دو نوع خرابی بیرون‌زدگی و شیارشدگی به‌عنوان ارزیابی زوال روسازی و کارایی آن در این برنامه درنظر گرفته شد. در بررسی زوال روسازی جاده‌های جنگلی، چاله نیز مشاهده شد که به‌دلیل عملکرد مشابه آن با شیارشدگی، باهم درنظر گرفته شد. بدون شیب بودن یا مقعر بودن سطح مقطع عرضی جاده باعث جمع شدن آب در سطح می‌شود. در این حالت، حرکت هم‌زمان وسایل نقلیه و جریان آب، باعث ایجاد حفره و چاله در سطح راه می‌شود (Hoover, 1981). اهمیت این مسأله به‌طور خاص در شیب و فرازها مطرح می‌شود که در آن حرکت آب‌های سطحی در طول جاده باعث ایجاد شیارهای فرسایشی می‌شود. همچنین وجود رد شیار لاستیک ماشین‌آلات حمل و نقل، به‌دلیل ناکافی بودن استحکام جاده است (McGarragh & Hudson, 1974). موج‌دار شدن سطح جاده یا وجود بیرون‌زدگی ناشی از تردد زیاد ماشین‌آلات در جاده‌هایی با ساختمان نامناسب اتفاق می‌افتد که این امر تا حد زیادی با نوع مصالح انتخاب‌شده در روسازی جاده ارتباط دارد (Hoover, 1981).

فعالیت‌های نگهداری که برای اصلاح دو نوع خرابی درنظر گرفته شد، عبارت بودند از: اضافه کردن لایه روسازی جدید برای اصلاح بیرون‌زدگی و ریختن مصالح برای اصلاح شیارشدگی مسیر چرخ و گزینه درنظر گرفته‌شده برای ترمیم، روکش بود. به‌این ترتیب پنج گزینه تعمیر و نگهداری برای روسازی هر سری در واحد زمان وجود داشت که شامل: الف) فعالیت‌های نگهداری کم‌هزینه، ب) اضافه کردن لایه روسازی در بخش بیرون‌زدگی، پ) ریختن مصالح برای اصلاح شیارشدگی، ت) ب و پ باهم و ث) اجرای روکش بودند.

روش کدگذاری، روش کدگذاری عدد صحیح بود، به‌این ترتیب که یک مجموعه از اعداد یک تا پنج انتخاب شدند که هریک نشان‌دهنده یکی از پنج گزینه تعمیر و نگهداری بودند. با این روش هر سری در یک سال، یک بیت فضا را اشغال می‌کند و یک عدد صحیح بین یک تا پنج به آن اختصاص می‌یابد (Shahnazari *et al.*, 2012)، به‌این‌ترتیب نحوه نمایش رشته جواب به‌صورت شکل ۱ خواهد بود.

		P_{k1}	P_{k2}	-	-	P_{km}				P_{I1}	P_{I2}	-	-	P_{Im}

نمایش قطعه kام روسازی از سال ۱ تا m — نمایش قطعه Iام روسازی از سال ۱ تا m

شکل ۱- کدگذاری رشته‌ها به‌روش عدد صحیح

اگر عملیات (الف) انجام شود، P_{ij} برابر با یک می‌شود، درصورتی‌که عملیات مربوط به بیرون‌زدگی انجام شود، مقدار آن دو می‌شود، به‌همین‌ترتیب در عملیات مربوط به شیارشدگی برابر با سه، در عملیات شیارشدگی و بیرون‌زدگی برابر با چهار و در عملیات روکش مقدار آن برابر با پنج می‌شود ($i= 1,2,\ldots,k$ و $j=1,2,\ldots,m$).

تشکیل جمعیت اولیه

گزینه‌های تعمیر و نگهداری مجاز طبق جدول ۲ تعریف شدند. پس از تعیین سیستم کدگزاری و مشخص شدن روش تبدیل هر جواب به کروموزوم، باید جمعیت اولیه‌ای از کروموزوم‌ها تولید شود. جمعیت اولیه در این‌جا به‌صورت تصادفی تولید می‌شود. اندازه جمعیت اولیه به‌طور معمول به اندازه رشته کدشده وابسته است (Mathew & Isaac, 2013). درصورتی‌که تعداد اعضای جمعیت بسیار زیاد باشد، اگرچه وضعیت جستجو ممکن است به‌صورت بهتری نمایش داده شود و انتخاب رشته امکان‌پذیرتر شود، اما منجر به افزایش نیازمندی‌های حافظه‌های کامپیوتر و زمان اجرای

www.SID.ir

Arshive of SID

برنامه می‌شود. اگر تعداد اعضای جمعیت نیز کوچک‌تر از حد مشخصی باشد، جمعیت مورد نظر فقط قسمت کوچکی از فضای جستجو را نشان می‌دهد و ممکن است جستجو برای رسیدن به حل بهینه در این جمعیت موفقیت‌آمیز نباشد یا مستلزم صرف زمان زیادی باشد (Ferreira & Santos, 2013).

جدول ۲- گزینه‌های مجاز ترمیم و نگهداری در پنج سری (Ferreira & Santos, 2013)

تعمیرات لازم	گزینه‌های مجاز ترمیم و نگهداری				
	۱[a]	۲[b]	۳[c]	۴[d]	۵[e]
۱	❋	❋	❋	❋	❋
۲	–	❋	–	–	–
۳	–	❋	❋	–	❋
۴	–	❋	–	❋	❋
۵	–	❋	–	–	❋

❋ گزینه‌های مجاز برای تعمیرات لازم، a= هیچ نوع فعالیت، b= روکش، c= عملیات مربوط به بیرون‌زدگی، d= عملیات مربوط به شیارشدگی، e= c و d

محاسبه برازندگی

برنامه پس از تولید حل‌های اولیه (به‌صورت تصادفی)، تابع هدف را فرامی‌خواند و توسط آن مقادیر تابع هدف را محاسبه می‌کند. ابتدا حل‌های تولیدشده بررسی می‌شوند تا مقدار انتخاب‌شده برای هر بیت با سطح هشدار مربوط به هر خرابی، تعمیر و نگهداری لازم و جدول ۲ هم‌خوانی داشته باشد. درصورت مغایرت، مقدار بیت مورد نظر با توجه به مقدار سطح هشدار خرابی (مربوط به هزینه نگهداری) و استراتژی تعیین‌شده در جدول ۲ اصلاح می‌شود. تابع برازندگی از اعمال تبدیل مناسب بر تابع هدف یعنی تابعی که قرار است بهینه شود، به‌دست می‌آید. این تابع هر رشته را با یک مقدار عددی ارزیابی می‌کند که کیفیت آن را مشخص می‌کند. هرچه کیفیت رشته جواب بیشتر باشد، مقدار برازندگی جواب بیشتر است و احتمال مشارکت برای تولید نسل بعدی نیز افزایش خواهد یافت (Shahnazari *et al.*, 2012). بسته به این‌که مسأله مورد نظر بیشینه‌سازی یا کمینه‌سازی باشد، برازندگی بیشتر مترادف با بیشینه یا کمینه بودن تابع هدف خواهد بود. از آنجایی‌که الگوریتم ژنتیک به‌طور طبیعی به‌دنبال بیشینه تابع است، باید مسائل کمینه‌سازی به بیشینه‌سازی تبدیل شود. چندین روش برای تبدیل تابع هدف برازندگی وجود دارد. ساده‌ترین حالت مساوی قرار دادن تابع برازندگی با تابع هدف است. این روش در مسائلی که تابع هدف بایستی بیشینه شود، مناسب است (Mathew & Isaac, 2013) و در پژوهش پیش‌رو مورد استفاده قرار گرفت.

برنامه ترمیم و نگهداری

هدف، شناسایی سطح اخطار روسازی و ارایه یک برنامه ترمیم و نگهداری برای شبکه روسازی مذکور در طول یک دوره طرح پنج‌ساله و برمبنای برنامه‌ریزی یک‌ساله است. پارامترهای خرابی‌ها شامل حدود نهایی و هشدار مربوط به هر خرابی و توابع زوال (این توابع توسط مدل رگرسیونی برآورد شده‌اند) یا پیش‌بینی آنها از مهم‌ترین پارامترهای برنامه‌ریزی شبکه هستند (جدول ۳). هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری روسازی با توجه به قیمت‌های موجود در فهرست سال ۱۳۹۳ درنظر گرفته شدند و در بررسی مدیریت روسازی جاده وارد شدند (جدول ۳).

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۳- پارامترهای برنامه‌ریزی و قیمت عملیات تعمیر و نگهداری روسازی

پارامتر	مقادیر
توابع زوال	
بیرون‌زدگی	Pr= 0.3*[(11.5*w)+(f1*P)-(f2*ADT)]
شیارشدگی	Ru=0.6*[(12.2*w)+(f1*P)-(f2*ADT)]
حد نهایی زوال	
بیرون‌زدگی	ارتفاع ۵ سانتی‌متر
شیارشدگی	عمق ۱۰ سانتی‌متر

قیمت واحد هر یک از عملیات تعمیر و نگهداری

نوع عملیات	میزان خرابی	قیمت واحد (ریال در کیلومتر)
عملیات مربوط به بیرون‌زدگی	Pr>= 5 cm	۵۴۸۷۰۴۶
عملیات مربوط به شیارشدگی	Ru>= 10 cm	۵۲۵۳۲۶۵
روکش (مرمت)	Pr,Ru> 15 cm	۸۰۴۰۰۰۰۰

w= عرض جاده، P= بارش، ADT= متوسط ترافیک روزانه، f1 و f2 ضرایب

هزینه‌های عملیات تعمیر و نگهداری (جدول ۳) با توجه به میزان خرابی و سطح هشدار پنج سانتی‌متر برای بیرون‌زدگی و ۱۰ سانتی‌متر برای شیارشدگی درنظر گرفته شد. همچنین درصورتی‌که میزان خرابی بیشتر از ۱۵ سانتی‌متر باشد، جاده نیاز به مرمت دارد. درواقع وقتی میزان خرابی کمتر از سطح هشدار باشد، هزینه‌های عملیات تعمیر و نگهداری مقرون به‌صرفه نیست.

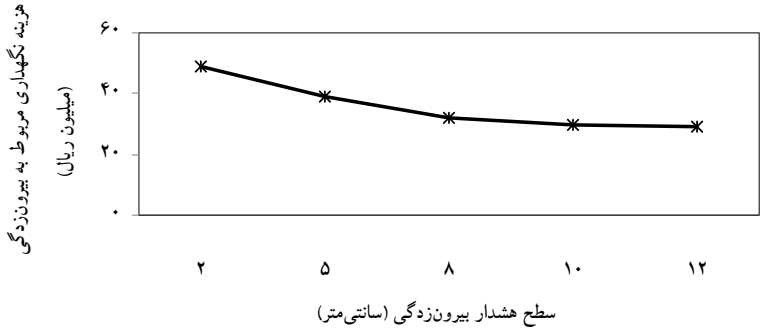
نتایج

سطح هشدار زوال روسازی

برای بررسی زوال روسازی، سطح هشدار خرابی بیرون‌زدگی برابر پنج سانتی‌متر و برای شیارشدگی ۱۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شد. سطوح هشدار و نهایی برای هریک از انواع خرابی‌ها تعریف شد. سطوح هشدار با توجه به حداقل تعیین‌شده برای وضعیت روسازی و این‌که وضعیت روسازی همواره باید در سطحی بالاتر از آن قرار گیرد، تعیین شدند. هزینه به‌کارگیری هریک از فعالیت‌های ترمیم و نگهداری نیز جزء این پارامترها محسوب می‌شود که باید محاسبه و مشخص شود. مقادیر سطح هشدار بیرون‌زدگی به‌ترتیب برابر دو، پنج، هشت،۱۰ و ۱۲ درنظر گرفته شدند و هزینه‌های نگهداری روسازی در دوره طرح تخمین زده شد (شکل ۲). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش سطح هشدار بیرون‌زدگی، هزینه نگهداری کاهش یافته است که این کاهش از سطح هشدار هشت سانتی‌متر شتاب بیشتر و بعد از سطح هشدار هشت سانتی‌متر سیر نزولی یافته است، اما با توجه به این‌که بیرون‌زدگی در جاده‌های جنگلی و روستایی یک عامل مؤثر در استفاده راحت‌تر کاربران از جاده است (فاکتور راحتی سرنشین)، این عدد برای بیرون‌زدگی پنج بیان شده است، بنابراین عدد پنج حد مناسبی ازنظر اقتصادی و فنی برای سطح هشدار خرابی بیرون‌زدگی به‌نظر می‌رسد. درصورتی‌که مقدار بیرون‌زدگی سطح روسازی از این حد فراتر رود، انجام عملیات نگهداری ضروری است.

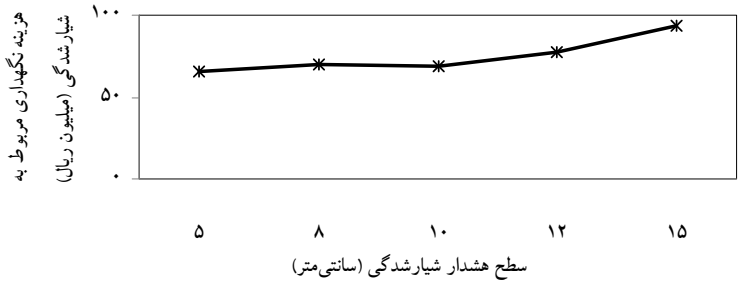
www.SID.ir

Arshive of SID



شکل ۲- تغییرات هزینه‌های نگهداری در سطوح هشدار بیرون‌زدگی در پنج سری

مقادیر سطح هشدار شیارشدگی به‌ترتیب برابر دو، پنج، هشت،۱۰ و ۱۲ بود و هزینه‌های نگهداری روسازی در دوره طرح همانند بیرون‌زدگی تخمین زده شد (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود، با افزایش سطح هشدار، هزینه نگهداری افزایش یافت که این افزایش قبل از سطح هشدار ۱۰ سانتی‌متر شتاب کمتر و بعد از سطح هشدار ۱۰ سانتی‌متر سیر صعودی (شتاب بیشتر) داشت، بنابراین عدد ۱۰ در این پژوهش نیز حد مناسبی ازنظر اقتصادی و فنی برای سطح هشدار خرابی بیرون‌زدگی به‌نظر می‌رسد. درصورتی‌که مقدار بیرون‌زدگی سطح روسازی از این حد فراتر رود، انجام عملیات نگهداری ضروری است (Elhadidy *et al.*, 2015).



شکل ۳- تغییرات هزینه‌های نگهداری در سطوح هشدار بیرون‌زدگی در پنج سری

همان‌طور که ذکر شد، با تغییرات سطح هشدار زوال بیرون‌زدگی و شیارشدگی، بهترین سطح هشدار به‌ترتیب برابر پنج و ۱۰ سانتی‌متر برای این دو خرابی درنظر گرفته شد. در چنین شرایطی ارایه تصمیم در مورد انتخاب عملیات مناسب ترمیم و نگهداری، به نظر مدیران جنگل، بهره‌برداران و همچنین محدودیت‌های بودجه‌ای و اجرای سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور وابسته است.

برنامه‌ریزی روسازی جاده جنگلی

یکی از اهداف پژوهش پیش‌رو تعیین برنامه‌ریزی ترمیم و نگهداری روسازی جاده‌های جنگلی، یعنی تعیین زمان و نوع انجام فعالیت‌های ترمیم و نگهداری روسازی به‌منظور تعیین بودجه مورد نیاز با هدف کمینه کردن ارزش فعلی هزینه‌ها در طول دوره طرح بود. برنامه‌ریزی برای جاده‌های موجود (درجه دو) در پنج سری مختلف و طی یک دوره پنج‌ساله توسط الگوریتم ژنتیک، با مشخصات P_m (احتمال جهش) برابر با ۰/۱، P_o (احتمال تقاطع) برابر با ۰/۸، ۲۵۰ نسل و با جمعیت ۲۰ نفر اجرا شد. در جدول ۳ مشخصات سری‌ها و عملیات ترمیم و نگهداری مورد نظر برای هر سری ارایه شده است.

www.SID.ir

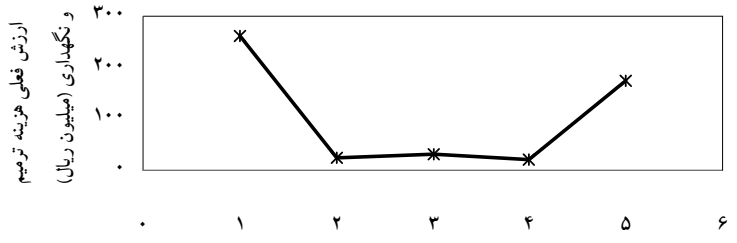
Arshive of SID

جدول ۳- برنامه‌ریزی پنج‌ساله روسازی سری‌ها با هدف کم شدن هزینه‌ها

هزینه ریال (ارزش فعلی)	جاده‌های موجود (سری‌های مورد نظر در برنامه تعمیر و نگهداری روسازی)					سال
	۵	۴	۳	۲	۱	
۲۶۱۴۴۷۴۶۳	e	b	b	b	e	۱
۲۵۱۱۷۹۲۹	d	c	d	c	c	۲
۳۰۳۷۱۱۹۵	c	c	e	d	d	۳
۱۹۸۶۴۶۶۳	c	d	c	c	a	۴
۱۷۵۷۹۴۱۹۷	b	c	c	d	b	۵

سری یک: آلشرود دارای ۵۹ قطعه به طول ۱۴ کیلومتر، سری دو: زنگال‌دره دارای ۵۷ قطعه به طول ۱۲ کیلومتر، سری سه: سنگ‌درکا دارای ۲۶ قطعه بـه طـول هشـت کیلـومتر، سـری چهار: انگتارود دارای ۴۰ قطعه به طول ۱۱ کیلومتر، سری پنج: همسوا دارای ۱۹ قطعه به طول چهار کیلومتر

شکل ۴ هزینه فعلی عملیات ترمیم و نگهداری جاده را برای دوره طرح در سال‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین هزینه مربوط به سال اول طرح است. این موضوع به‌این دلیل است که مدیران جنگل، عملیات تعمیر و نگهداری روسازی را تا شروع برنامه نگهداری به‌خوبی انجام نداده‌اند. همچنین از آن‌جایی‌که در دو سری یک و پنج، شرکت‌های بهره‌بردار در سال آخر به تعهدات خود عمل نکرده‌اند، دوباره هزینه‌ها افزایش یافته‌اند. مقایسه هزینه‌های سال اول برنامه که در آن عملیات ترمیم و نگهداری پس از چند سال وقفه انجام شده است، نشان می‌دهد که با برنامه‌ریزی و انجام منظم فعالیت‌های ترمیم و نگهداری، هزینه‌ها حداقل ۲۵ و حداکثر ۷۳ درصد در طول دوره طرح برنامه، نسبت به سال اول کاهش یافته‌اند. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت انجام فعالیت‌های مستمر تعمیر و نگهداری در سطح شبکه روسازی جاده است. در طی این برنامه‌ریزی پنج‌ساله، لازم است عملیات مربوط به روکش پنج مرتبه، عملیات مربوط به شیارشدگی شش مرتبه، عملیات مربوط به بیرون‌زدگی ۱۰ مرتبه و عملیات دوگانه بیرون‌زدگی و شیارشدگی سه مرتبه براساس برنامه انجام شود. همچنین در سال چهارم به‌دلیل وضعیت مناسب سری یک، لازم نیست که در این سری عملیاتی انجام شود.



شکل ۴- ارزش فعلی هزینه‌های مربوط به اجرای عملیات ترمیم و نگهداری دوره پنج‌ساله در پنج سری

بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در شناسایی سطح اخطار زوال روسازی و همچنین برنامه ارایه‌شده به‌منظور عملیات ترمیم و نگهداری روسازی جاده‌های جنگلی، الگوریتم ژنتیک، ابزاری توانا در برنامه‌ریزی ترمیم و نگهداری روسازی محسوب می‌شود (Shahnazari *et al.*, 2012;

www.SID.ir

Arshive of SID

Ferreira & Santos, 2013; Mathew & Isaac, 2013; Santos & Ferreira, 2013; Elhadidy *et al*., 2015). روسازی جاده‌ها، به‌عنوان سرمایه‌های عظیم در مدیریت جنگل محسوب می‌شوند و هرساله بودجه زیادی را به‌خود اختصاص می‌دهند که صرف ترمیم و نگهداری آنها می‌شود. درنتیجه با اجرای الگوریتم پیشنهادی می‌توان میلیاردها ریال هزینه‌های سالانه را کاهش داد و جاده را در شرایط مطلوب حفظ کرد.

در پژوهش پیش‌رو تخصیص منابع و مدیریت نگهداری جاده‌های جنگلی به‌عنوان یک بخش مهم، با استفاده از الگوریتم ژنتیک در پنج سری از جنگل‌های غرب هراز بررسی شد. نتایج نشان داد که الگوریتم ژنتیک ابزار مناسبی در تعیین و پیشنهاد برنامه ترمیم و نگهداری روسازی جاده‌های جنگلی محسوب می‌شود که توانایی حل مسائل پیچیده و پرمتغیر مدیریت روسازی را دارد و می‌تواند با استفاده از عامل‌هایی مانند تابع زوال و هزینه به بررسی سطح هشدار روسازی جاده‌های جنگلی بپردازد. همچنین با توجه به بودجه موجود، دوره طرح و نظرات کارشناسان سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور و کارشناسان شرکت‌های بهره‌بردار، می‌توان برنامه ترمیم و نگهداری جاده را تنظیم کرد. درنتیجه با استفاده از این الگوریتم از یک‌سو می‌توان به ارایه برنامه بهینه ترمیم و نگهداری روسازی جاده‌های جنگلی رسید و از سوی دیگر می‌توان با افزایش کیفیت جاده در طول سال، رضایت کاربران جاده و بهره‌برداران را فراهم کرد. در پایان باید گفت که الگوریتم ارایه‌شده می‌تواند به‌عنوان یک سیستم مدیریت روسازی جاده‌های جنگلی در کشور به‌کار رود و در مدیریت جاده‌های جنگلی استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیریت شرکت چوب و کاغذ مازندران و به‌ویژه مدیریت حوزه غرب هراز (آمل) قدردانی می‌شود که انجام این پژوهش بدون همکاری آنها میسر نبود.

References

- Adlinge, S. and Gupta, A., 2013. Pavement deterioration and its causes. International Journal of Innovative Research and Development, 2(4): 9-15.
- Elhadidy, A.A., Elbeltagi, E.E. and Ammar, M.A., 2015. Optimum analysis of pavement maintenance using multi-objective genetic algorithms. Housing and Building Natinal Research Center Journal, 11(1): 107-113.
- Ferreira, A. and Santos, J., 2013. Life-cycle cost analysis system for pavement management at project level: Sensitivity analysis to the discount rate. International Journal of Pavement Engineering, 14(7): 655-673.
- Fuentes, A., 2015. An analysis of sensitivity in economic forecasting for pavement management systems. M.Sc. thesis, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Utah State University, Logan, Utah, 144p.
- Grigolato, S., Pellegrini, M. and Cavalli, R., 2013. Temporal analysis of the traffic loads on forest road networks. iForest-Biogeosciences and Forestry, 6(4): 255-261.
- Hoover, J., 1981. Mission-Oriented Dust Control and Surface Improvement Processes for Unpaved Roads. Final Report, Published by Department of Civil Engineering, Engineering Research Institute, Iowa State University, Ames, 221p.
- Mathew, B.S. and Isaac, K.P., 2013. Optimisation of maintenance strategy for rural road network using genetic algorithm. International Journal of Pavement Engineering, 15(4): 352-360.
- McGarragh, T.G. and Hudson, W.R., 1974. A Pavement Design and Management System for Forest Service Road: A Conceptual Study. Published by Council for Advanced Transportation Studies, University of Texas, Austin, 117p.
- Meneses, S. and Ferreira, A., 2013. Pavement maintenance programming considering two objectives: Maintenance costs and user costs. International Journal of Pavement Engineering, 14(2): 206-221.
- Santos, J. and Ferreira, A., 2013. Life-cycle cost analysis system for pavement management at project level. International Journal of Pavement Engineering, 14(1): 71-84.
- Shahnazari, H., Tutunchian, M.A., Mashayekhi, M. and Amini, A.A., 2012. Application of soft

www.SID.ir

Arshive of SID

computing for prediction of pavement condition index. Journal of Transportation Engineering, 138: 1495-1506.
- Talebi, M., Majnounian, B., Abdi, E. and Tehrani, F.B., 2015. Developing a GIS database for forest road management in Arasbaran forest, Iran. Forest Science and Technology, 11(1): 27-35.
- Visser, R., McGregor, R. and Fairbrother, S., 2009. Forest road pavement design in New Zealand. Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Council on Forest Engineering (COFE 09). USA, 15 June 2009: 15-18.

www.SID.ir

Arshive of SID

Detecting the warning level of forest roads pavement using the genetic algorithm

M.J. Heidari [1], A. Najafi [2*] and S.J. Alavi [3]

1- M.Sc. Student Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2*- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. Email: a.najafi@modares.ac.ir

3- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: 01.11.2015 Accepted: 05.02.2016

Abstract

Assessment of forest road pavement condition and its optimal cost management is backbone of a forest road network. In addition, an optimum budget allocation is a challenge during road life cycle. The precise assessment requires special equipment that is often neglected due to its absence or the associated high expenses. Therefore, it is recommended to use techniques that can provide cheap and fast linear and nonlinear modeling of pavement deterioration. The aim of this study was to investigate the performance of Genetic Algorithm (GA) to detect the warning level of forest road pavement as well as to plan the pavement maintenance. The GA was evaluated to identify the warning level of pavement and provide a plan for the maintenance of the road network over a period of five years based on annual plans across a test site of 5 series located 50 km west of Haraz forest road network. The results showed the optimum protrusions warning level for five centimeters damage and rutting 10 cm. Moreover, it was shown that an optimum planning combined with regular repair and maintenance work enables reducing the associated costs from 25 to 73 percent during the first years. It showed the importance of regular maintenance activities at the network level of pavement and application of novel techniques to allocate budgets for pavement maintenance.

Keywords: Deterioration, optimization algorithm, protrusion, repair and maintenance, rutting.

www.SID.ir