ارائه مدل تعمیر و نگهداری راه بر مبنای فرایند تحلیل سلسله مراتبی

محمود صفارزاده[1]*، رضا الیاسی[2]

۱- دانشیار بخش مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- کارشناس ارشد راه و ترابری، بخش مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

*تهران، صندوق پستی ۱۴۳- ۱۴۱۱۵

Saffar_M@Modares.ac.ir

(دریافت مقاله: تیر ۱۳۸۱، پذیرش مقاله: تیر ۱۳۸۳)

چکیده ـ یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت تعمیر و نگهداری راه، تعیین اولویت و تخصیص اعتبار به راههای مختلف برای نگهداری آنها است. در این تحقیق پس از بررسی روشهای مختلف اولویت و تخصیص اعتبار در کشورهای مختلف، با فرض اینکه بودجه نگهداری بخشهای مختلف راه (جسم راه، علائم ایمنی و ابنیه فنی شامل پل، تونل، دیوار حایل) به تفکیک وجود دارد، مدلهایی ایجاد شده است که اعتبار تخصیص یافته به هر مسیر از کل بودجه مربوط به هر بخش راه را مشخص می‌کنند.

با استفاده از مدلهای ایجاد شده در این مقاله، بودجه بخشهای مختلف مسیر، نسبت به بودجه کل کشور در بخشهای مختلف راه به‌دست می‌آید. مدلهای مذکور بر مبنای تحلیل با بودجه محدود و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)[1] تدوین شده است. با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی می‌توان کمبود اطلاعات مورد نیاز به منظور تخصیص اعتبارات را با استفاده از جدولهای مقایسهٔ زوجی ـ که توسط کارشناسان با تجربه تکمیل می‌شود ـ جبران کرد. بنابراین با استفاده از این روش مشکلات موجود در تعیین اولویت از طریق شبکه عصبی که نیاز به داده‌های دقیق و ریز دارند وجود نخواهد داشت. در این تحقیق سعی شده از آمارهای موجود برای محاسبه مدل استفاده شود و در قسمتهایی که آمار وجود ندارد با ایجاد اصلاحاتی در روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی از مقایسات زوجی برای محاسبه نسبت هزینه‌ها استفاده شده است.

کلید واژگان : فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تعمیر و نگهداری راه، تخصیص اعتبار.

۱- مقدمه

نگهداری راه عبارتست از مجموعه‌ای از عملیات که به طور دائم و همیشگی بر روی جسم راه، ابنیه فنی، تأسیسات، تجهیزات ایمنی و حریم مربوط به آن انجام می‌شود تا راه، همواره در سطح مطلوبی سرویس‌دهی نماید یا به بیان دیگر وضعیت راه در حد زمان ساخت آن حفظ شده یا ارتقای وضعیت یابد. برای رسیدن به این هدف تمهیدات خاصی برای مرمت خرابیها باید صورت

1. Analytical Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

گیرد یا با تقویت و بهسازی راه، وضعیت آن بهبود یابد.

در تعریف کلی‌تر، نگهداری راه عبارتست از کارهای روزانه‌ای که بر روی جاده به صورت دستی یا بابه کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات مهندسی صورت می‌گیرد. در نگهداری راه سه هدف مهم زیر دنبال می‌شود:

۱-کاهش خرابیها و در نتیجه افزایش عمر سرویس‌دهی راه

۲-کاهش هزینه‌های استهلاک وسایل نقلیه و خسارت وارده به آنها با ایجاد سطوح عبور مناسب، ایمن و مطلوب

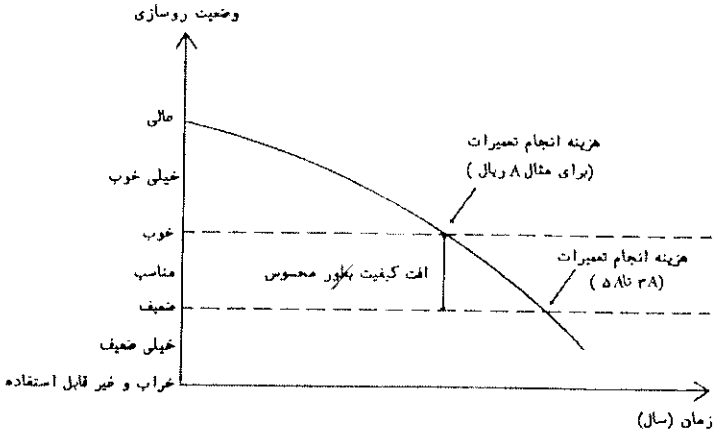
۳ باز نگه داشتن بموقع و مستمر راه با انجام تمهیدات ایمنی برای افزایش ایمنی تردد و کاهش زمان سفر در حمل و نقل کالا و مسافر.

شکل ۱ اهمیت انجام عملیات تعمیر و نگهداری راه را در موقع مناسب به منظور کاهش هزینه‌ها نشان می‌دهد.

همان طور که مشاهده می‌شود افزایش عمر روسازی و عدم انجام عملیات تعمیر و نگهداری پس از مدتی موجب می‌شوند که هزینه‌های مرمت سطح روسازی به منظور رسیدن به یک کیفیت قابل قبول چندین برابر شود و با در نظر گرفتن هزینه‌های بسیار سنگین نگهداری راهها، اهمیت تخصیص مناسب اعتبارات موجود بیش از پیش آشکار می‌شود.

۲-الگوهای مدیریت تعمیر و نگهداری راه

در کشورهای در حال توسعه پارامترهای زیادی را می‌توان برای تعیین اولویت‌های تعمیر و نگهداری راه در نظر گرفت و در این میان باید پارامترهایی را برگزید که در کشور مورد نظر به طور مؤثری در عملیات راهداری دخالت داشته و باعث افزایش یا کاهش هزینه نگهداری راه می‌شوند. برای یافتن چگونگی گزینش پروژه به منظور حفظ و نگهداری راه، روشهای گوناگونی وجود دارد. آگاهی و درک بهتر از اصول و مبانی هر روش به سازمان امکان می‌دهد که راه‌حل مناسب شبکه خاص مورد نظر را بهتر و آگاهانه‌تر انتخاب کند.



شکل ۱ تغییرات وضعیت روسازی راه در طول زمان

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از ساده‌ترین روشها برای تعیین اعتبار تعمیر و نگهداری راه، تعیین درصدی از هزینه ساخت راه است که توسط بانک جهانی نیز توصیه شده است. بانک جهانی هزینه هر کیلومتر ساخت راه را بر حسب درجه‌بندی راه (آزاد راه، بزرگراه، شریانی و دسترسی) در مناطق مختلف جهان تعیین کرده و بر حسب شرایط سطح رویه راه و کیفیت ابنیه فنی آن، درصدی از هزینه ساخت را برای نگهداری توصیه می‌کند. به عنوان مثال چنانچه جاده اسفالت با سطح رویه سالم باشد، ۲/۵ درصد هزینه ساخت برای عملیات نگهداری سالیانه مناسب است [۱].

در کشورهای توسعه یافته اعتبار راهداری بیشتر از کشورهای در حال توسعه و همچنین درصدهای توصیه شده توسط بانک جهانی است. به عنوان مثال معیار اصلی برای تأمین اعتبار نگهداری راه در کشور سوئیس، کسب حداکثر کارایی با توجه به شاخصهایی مانند: ارائه سطح خدمات مناسب، تأمین ایمنی، رضایت استفاده‌کنندگان، و پاسخگویی به تقاضا است.

در تانزانیا ۲۰٪ از منابع مالی راه در پشتیبانی بخش نگهداری و بهسازی راه صرف می‌شود و توزیع اعتبارات بخش راه بین نواحی مختلف بر اساس رابطه زیر انجام می‌گیرد.

(۱) تراکم راه + تراکم جمعیت + عدد PMO[1] = ضریب توزیع اعتبارات

که در آن عدد PMO نشان‌دهنده ضریبی است که از سوی هیأت دولت با در نظر گرفتن پارامترهای سیاسی ـ اجتماعی تعیین می‌شود و مقدار آن بین ۱ تا ۳ متغیر است.

در رابطه (۱) به‌ازای هر پارامتر (تراکم راه، تراکم جمعیت و عدد PMO) امتیازی بین ۱ تا ۳ تعلق می‌گیرد و به این صورت ضریب توزیع اعتبارات عددی بین ۳ تا ۹ می‌شود و بودجه نگهداری راه با توجه به این اعداد بین مناطق مختلف تخصیص می‌یابد [۲].

1. Prime Ministers Office

در ایران برای تخصیص اعتبار از روش راه همسنگ استفاده می‌شود. راه همسنگ عبارتست از: راه اصلی با عرض ۱۱ ـ ۷/۳۰ متر رویه آسفالتی گرم، ۱/۸۵ متر شانه شنی (در هر طرف) واقع در دشت؛ آب و هوای معتدل و ۱۰۰۰۰ ترافیک معادل سواری روزانه. برای چنین راهی ضریب یک منظور شده و با توجه به تغییرات در پارامترهای یاد شده برای هر قطعه از راه ضریب خاصی تعیین شده است. حاصلضرب این ضرایب در طول راه معادل ضریب راه همسنگ برای راه مورد نظر است [۳، ٤].

$$EQ_R = f_L . f_C . f_A . f_M . f_P . f_T \qquad (۲)$$

که در آن:

EQ_R = ضریب معادل راه همسنگ برای راه مورد نظر،

f_L = ضریب مربوط طول راه،

f_C = ضریب تبدیل انواع راه به راه همسنگ بر اساس (درجه‌بندی راه)،

f_A = ضریب تبدیل بر اساس شرایط توپوگرافی (طبقه‌بندی راه)،

f_M = ضریب تبدیل بر اساس شرایط آب و هوایی،

f_P = ضریب تبدیل بر اساس نوع رویه راه،

f_T = ضریب تبدیل با توجه به میزان ترافیک.

با پیاده‌سازی طرح راه همسنگ، طول راههای هر حوزه استحفاظی تبدیل به راه همسنگ شده و مانند معیاری واحد در سطح کشور اعمال شده است، لذا امکانات بر اساس راه همسنگ به‌طور عادلانه‌تری بین استانها تقسیم می‌شود. مشکل این روشها این است که کاملاً تجربی بوده و بر پایه معیاری علمی استوار نیستند. در ضمن از هیچگونه آمار و اطلاعات قبلی استفاده نشده است. بنابراین هدف این تحقیق ارائه راه‌حلی برای تخصیص بهینه اعتبار تعمیر و نگهداری راههای کشور بر اساس فرایندی علمی است.

www.SID.ir

Archive of SID

۳- روش تحقیق

نظر به اینکه ارائه خدمات راهداری در مناطق مختلف با توجه به نوع راه، محل جغرافیایی، شرایط اقلیمی یا نوع رویه راه، وضعیت رویه، میزان ترافیک و سایر پارامترهای مؤثر، متفاوت است بنابراین امکانات مورد نیاز اعم بر ماشین‌آلات، تجهیزات، نیروی انسانی و منابع مالی برای هر راهی با شرایط خاص خود متفاوت خواهد بود.

لذا برای آنکه اولویت‌بندی نگهداری و تخصیص اعتبار به‌صورت بهینه صورت گیرد، به ایجاد مدلی نیاز است که در آن تمام شرایط مؤثر در نگهداری برای تعیین اولویت و تخصیص اعتبار در نظر گرفته شود. بنابراین در این مقاله سعی ما در یافتن مدلی است که موارد ذکر شده را در نظر داشته و در ضمن با محدودیتهای آماری موجود در کشور سازگاری داشته باشد. برای این منظور با فرض اینکه اعتبارات مربوط به بخش جسم راه، ابنیه فنی (شامل پل، تونل و دیوار حایل) و علائم ایمنی به تفکیک وجود دارد به حل مسأله پرداخته می‌شود.

پس از بررسی روشهای مختلف تعیین اولویت و تخصیص اعتبار مانند شبکه‌های عصبی، منطق فازی و روشهای تجربی، با توجه به محدودیتهای آماری موجود در کشور و همچنین وجود معیارهای مختلفی که در نحوه نگهداری راه مؤثر است، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای ساخت مدل مدیریت تعمیر و نگهداری راه انتخاب شد [۵].

این روش از جمله روشهای مختلف در پروسه کردن اطلاعات موجود از یک مسأله تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه[1] (NADM) است [٦]. این روش بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی پیشنهاد شده است. روش مذکور توسط محققی به نام توماس ـ ال ـ ساعتی در سالهای ۱۹۷۵ پیشنهاد شد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی و کاربرد آن بر اساس اصولی استوار است که در ذیل به آنها اشاره می‌شود [۷].

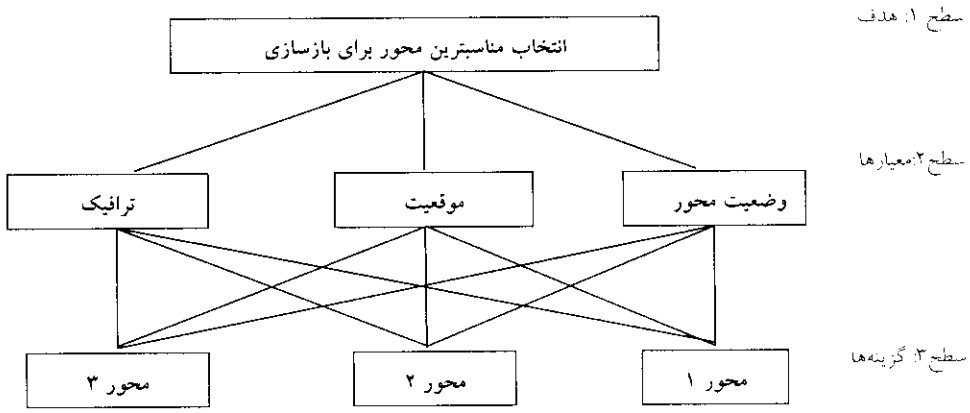
اولین مرحلهٔ در این فرایند ساختن درخت سلسله مراتبی است. درخت سلسله مراتبی، درختی است که با توجه به موضوع مورد بررسی دارای سطوح متعددی است. سطح اول هر درخت بیان‌کننده هدف تصمیم‌گیری، سطح آخر آن بیان‌کننده گزینه‌هایی است که با یکدیگر مقایسه می‌شوند. سطوح میانی نشان‌دهنده فاکتورهایی است که ملاک مقایسه گزینه‌ها قرار می‌گیرند. مرحله اساسی در تصمیم‌گیری برای تعیین محورهای راه برای نگهداری و تعمیر، تعیین عواملی است که بر اساس آنها گزینه‌های رقیب (راههای مختلف) با یکدیگر مقایسه می‌شوند. تعیین این عوامل در تصمیمات انفرادی مشکل نیست، اما در تصمیم‌گیریهای گروهی به دلیل اختلاف علایق و تخصص، این عوامل متعدد خواهند بود. به عنوان مثال تصمیم‌گیرنده مایل است بهترین گزینه را برای عملیات تعمیر و نگهداری از بین ۳ محور انتخاب نماید. شکل ۲ روابط و سطوح عملکردی را نشان می‌دهد. در این مثال محورهای سه‌گانه بر اساس پارامترهای وضعیت محور، موقعیت، ترافیک مقایسه می‌شوند.

لذا در این مرحله ارتباط هر عضو در ساختار رده‌ای با عناصر سطوح مختلف مشخص می‌شود [۵]. مرحله بعد تهیه جدول مقایسات زوجی برای افراد مختلف در گروه تصمیم‌گیری است. در این مرحله عناصر مربوط، خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه و وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود. این مقایسه معمولاً با استفاده از مقیاسی ـ که از ترجیح یکسان (مقدار عددی ۱) تا بی‌اندازه مرجح (مقدار عددی ۹) طراحی شده ـ انجام می‌شود (جدول ۱).

1. Multiple Attribute Decision Making

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ روابط و سطوح عملکردی در تحلیل سلسله مراتبی برای سه مسیر راه

جدول ۱ مقیاس دو به دو در تحلیل سلسله مراتبی

مقدار عددی	درجه اهمیت در مقایسه دو به دو
۱	ترجیح یکسان
۲	یکسان تا نسبتاً مرجح
۳	نسبتاً مرجح
٤	نسبتاً تا قویاً مرجح
٥	قویاً مرجح
٦	قویاً تا بسیار قوی مرجح
۷	ترجیح بسیار قوی
۸	بسیار تا بی‌اندازه مرجح
۹	بی‌اندازه مرجح

پس از تهیه جدول مقایسه‌ای برای هر یک از اعضای گروه بررسی کننده، مدیریت باید این نظرها را به یک نظر واحد تبدیل کند تا بر اساس آن بتواند تصمیم بگیرد. یکی از بهترین روشها برای ترکیب جدولهای مقایسه‌ای استفاده از میانگین هندسی است. میانگین هندسی به مدیریت عالی کمک می‌کند تا ضمن در نظر گرفتن قضاوت هر عضو گروه به قضاوت جمعی نیز دست یابد. اگر میزان صائب بودن اعضای گروه متفاوت باشد، مدیریت سازمان زمانی که از اعضای گروه فاکتورهای تصمیم‌گیری را با هم مقایسه می‌کند می‌تواند اوزانی را به نسبت صائب بودن نظر هر یک در نظر بگیرد [۷].

مرحله بعدی استخراج اولویتها از جدولهای مقایسه گروهی است که برای این منظور از فرایند نرمال‌سازی استفاده می‌شود. پس از نرمال‌سازی، از مقادیر هر سطر جدول میانگین موزون گرفته می‌شود. مقادیر حاصل از میانگین موزون نشان‌دهنده اولویت (درجه اهمیت) هر گزینه رقیب است. در نهایت برای انتخاب بهترین گزینه مقادیر مربوط به جداول مقایسه‌ای در مقادیر متناظر ضرایب ضرب شده و میانگین موزون برای هر گزینه محاسبه می‌شود. گزینه‌ای که دارای حداکثر مقدار باشد مناسبترین مورد برای عملیات تعمیر و نگهداری بوده و بیشترین اولویت را دارد.

٤- ارائه مدل تعمیر و نگهداری راه

پس از بررسی دقیق در خصوص مزایا و معایب هر یک از روشهای فوق، فرایند تحلیل سلسله مراتبی ـ به دلیل آنکه طوری طراحی شده که با ذهن و طبیعت بشری مطابقت داشته و با آن پیش رود ـ برای مدلسازی مدیریت نگهداری راه انتخاب شد. این فرایند مجموعه‌ای از قضاوتها و ارزش‌گذاریهای مشخص به کمک یک شیوه منطقی و علمی است. همچنین کمبود مجموعه‌ای از اطلاعات جزیی را می‌توان با استفاده از جدولهای

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسات زوجی که توسط افراد کارشناس و خبره تکمیل می‌شود جبران کرد. به این ترتیب می‌توان پارامترهای کیفی را نیز همزمان با پارامترهای کمی به مدل وارد کرد.

به عنوان مزایای روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی بر سایر روشها، می‌توان به ویژگیهایی مانند ایجاد ساختار و چارچوب همکاری و مشارکت گروهی، قابلیت تطبیق با کمبود آمار و اطلاعات، تلفیق و سازگاری منطقی فضاوتهای کارشناسان، ساختار سلسله مراتبی مطابق با ذهن انسان، و تکرار فرایند اشاره کرد.

برای ساخت مدل مدیریت راه اصلاحات ذیل در فرایند سلسله مراتبی انجام شد:

- از آنجا که هدف این مدل تعیین امتیازهایی است که بر مبنای آن بودجه نگهداری محورهای شهر یا استان را بتوان تخمین زد، به مقایسه کلیه محورها در سطح کشور نیازی نیست.
- برای شاخصهایی که وزن آنها به کمک مدلهای ریاضی، گرافها، جداول یا نمودارها قابل محاسبه باشد استفاده از روش فرایند سلسله مراتبی ضروری نیست.
- برای جلوگیری از ازدیاد بی‌رویه ماتریسهای تصمیم‌گیری ـ که به افزایش خطا در محاسبات منجر خواهد شد ـ شاخصهای غیرمهم با نظر کارشناسان حذف یا با شاخصهای دیگر ترکیب شد. این کار همچنین موجب جلوگیری از انتقال خطا و تقریب به سایر سطوح زیرین در فرایند سلسله مراتبی می‌شود.

عملیات تعمیر و نگهداری راه را می‌توان به سه بخش عمده تشکیل‌دهنده مانند جسم راه (زیرسازی و روسازی)، ابنیه فنی (پل، تونل، دیوار حائل) و تجهیزات ایمنی (علائم، خط‌کشی، تجهیزات) تقسیم کرد. اعتبار لازم برای تعمیر و نگهداری مسیر را نیز از مجموع سه بخش فوق می‌توان برآورد کرد. هر یک از این بخشها را با ایجاد یک درخت سلسله مراتبی مناسب تعیین اولویت کرده و با استفاده از روابط موجود یا جداول مقایسه‌ای زوجی، وزن پارامترهای مؤثر مشخص می‌شود. لذا با داشتن اعتبار یا کل بودجه تخصیص یافته به امر نگهداری راه در سطح کشور می‌توان بودجه تخصیصی به هر استان یا هر محور را از فرمول ذیل محاسبه کرد:

$$b_i = C_i \times \frac{B}{\sum l_i C_i} \times L_i \qquad (۳)$$

که در آن :

b_i= بودجه یا اعتبار تخصیص یافته به هر محور،

B= کل بودجه عملیات نگهداری راه،

L_i= طول محور I،

C_i= عدد تعیین اولویت واحد طول محور راه برای تخصیص اعتبار.

علاوه بر تخصیص اعتبار راهداری، از عدد C می‌توان به عنوان معیاری برای اولویت‌بندی زمانی (تقدم و تأخر) تعمیر و نگهداری استفاده کرد.

٤-١- مدل تعمیر و نگهداری جسم راه

پارامترهایی که در تخصیص بودجه برای عملیات تعمیر و نگهداری جسم راه مؤثر است از دامنه وسیعی برخوردار است. اما در نظر گرفتن تمامی پارامترها نه فقط کاری مشکل است، بلکه از لحاظ اجرایی نیز به سختی امکان‌پذیر بوده و بعلاوه تأثیر زیادی بر افزایش دقت نتایج به‌دست آمده نخواهد داشت. لذا پارامترهای مؤثری که پس از بحث و بررسی با کارشناسان انتخاب شد عبارتند از : ترافیک، درجه‌بندی راه، طبقه‌بندی راه، شرایط آب و هوایی و وضعیت روسازی. با توجه به توضیحات ارائه شده قبلی در خصوص نحوه تخصیص اعتبار و برای یکسان‌سازی نتایج حاصل از مدلهای ایجاد شده و امکان مقایسه با وضعیت موجود مدل خطی ذیل در نظر گرفته شد:

$$C = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 Y + \alpha_3 Z + \alpha_4 V + \alpha_5 Q \qquad (٤)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن:

x= درجه‌بندی راه،

y= طبقه‌بندی راه،

Z = ترافیک محور،

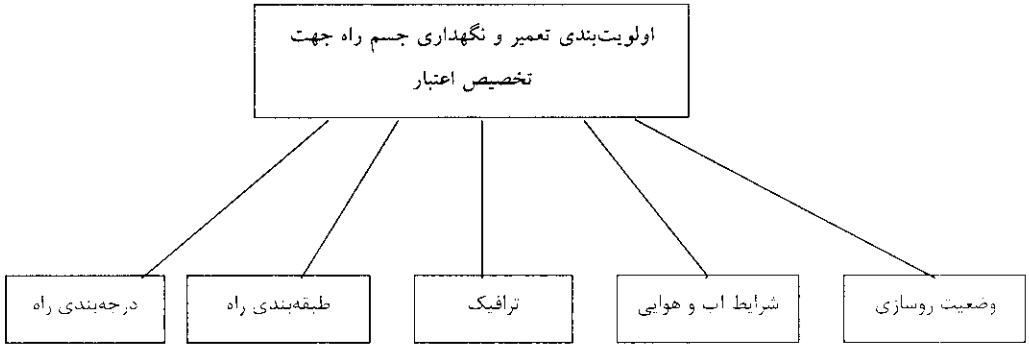
V = شرایط آب و هوایی،

Q = وضعیت روسازی،

$\alpha_1 ... \alpha_5$ = ضرایب ارجحیت پارامترها،

C = عدد اولویت‌بندی جهت تخصیص اعتبار.

در این مدل ضریب ارجحیت هر یک از این پارامترها نسبت به یکدیگر باید مشخص شود. ابتدا درخت سلسله مراتبی مربوط به اولویت‌بندی محورها با توجه به طبقه‌بندی گزینه‌ها تهیه شد که در شکل ۳ نشان داده شده است. هر یک از پارامترهای مؤثر، بسته به تقسیم‌بندی زیرگروهی، دارای دامنه ضرایب مؤثر مربوط به خود است. به عنوان مثال در زیرمجموعه درجه‌بندی راه، ضریب تأثیر آزاد راه به مراتب بیشتر از ضریب تأثیر راه فرعی شنی یا آسفالتی است. با در نظر گرفتن ضرایب تأثیر هر یک از پارامترها و با استفاده از نظرهای گروههای مختلف کارشناسی و پس از تحلیل حساسیت، نتایج مقایسات زوجی گروهی در جدول ۲ نشان داده شده است.



۱- خیلی خوب	۱- سردسیر	> ۱۲۰۰۰	۱- دشتی	۱- آزادراه
۲- خوب	۲- گرم و خشک (کویری)	۹۰۰۰-۱۲۰۰۰	۲- تپه ماهور	۲- بزرگراه
۳- متوسط	۳- گرم و مرطوب			۳- راه اصلی
٤- ضعیف	٤- معتدل و مرطوب	٦۰۰۰-۹۰۰۰	۳-ک وهستانی	٤- راه فرعی آسفالته عریض
٥- خیلی ضعیف	٥- معتدل	۳۰۰۰-٦۰۰۰	٤- کوهستانی سخت	٥- راه فرعی شنی عریض
		<۳۰۰۰		

شکل ۳ درخت سلسله مراتبی مربوط به اولویت‌بندی محورها جهت تخصیص اعتبار با توجه به طبقه‌بندی گزینه‌ها

جدول ۲ نتیجه مقایسات زوجی گروهی مربوط به پارامترهای جسم راه [۸]

جسم راه	درجه‌بندی راه	طبقه‌بندی راه	ترافیک	شرایط آب و هوایی	وضعیت روسازی
درجه‌بندی	۱	۰/٤٤	۰/۱٦	۰/۷۹	۰/۲۱
طبقه‌بندی راه	۲/۲۷	۱	۰/۱۸	۰/۷٥	۰/۲۲
ترافیک	٦/۲٥	٥/٥٥	۱	٤/۳۸	۰/۷۹
شرایط آب و هوایی	۱/۳۷	۱/۳۳	۰/۲۳	۱	۰/۲٦
وضعیت روسازی	٤/۷٦	٤/٥٤	۱/۲۷	۰/۷۹	۱
	نسبت سازگاری C =۰/۰٦				

www.SID.ir

Archive of SID

ضرایب ارجحیت هر یک از پارامترهای مدل نگهداری جسم راه به کمک روش بردار ویژهAHP محاسبه شده و در جدول ۳ آورده شده است.

بنابراین مدل مربوط به الویت بندی تعمیر و نگهداری بخش جسم راه به منظور تخصیص اعتبار به‌صورت زیر است:

$$C=٦/٢X+٨/٨y+٣٨/٤Z+٩/٣V+٣٧/٤Q \qquad (٥)$$

که پارامترهای مدل آن پیش تر توضیح داده شده است. با استفاده از آمار و اطلاعات موجود مقادیر پارامترهای مؤثر در مدل برای درجه‌بندی موجود راههای کشور در جدول ٤ نشان داده شده است.

با استفاده از اعداد مندرج در جداول فوق محاسبه مقادیر عددی C برای هر محور امکان‌پذیر است. به عنوان مثال اگر بزرگراهی در منطقه کوهستانی با آب و هوای سرد قرار داشته و از آن ترافیک سواری معادل ۵۰۰۰ وسیله نقلیه سواری در روز عبور کند عدد اولویت آن برای یک وضعیت روسازی متوسط برابر ۱۳/۱۲ است.

٤-٢- مدل مدیریت تعمیر و نگهداری ابنیه فنی

در بخش ابنیه فنی، سه سازهٔ پل، تونل و دیوار حائل بررسی شد. هر یک از این ابنیه فنی تقسیم بندی مجزایی دارد که توسط فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تجزیه و تحلیل می‌شود. در این قسمت نیز تحلیل سلسله مراتبی در دو بخش شامل به‌دست آوردن ضرایب ارجحیت معیارهای موجود در هرسازه و به‌دست آوردن وزن پارامترهای مؤثر در هر معیار انجام می‌شود.

به‌عنوان مثال در بخش پل، درخت سلسله مراتبی تشکیل شده برای تخصیص اعتبار با توجه به طبقه‌بندی گزینه‌ها در شکل ٤ نشان داده شده است.

جدول ۳ ضرایب ارجحیت پارامترها

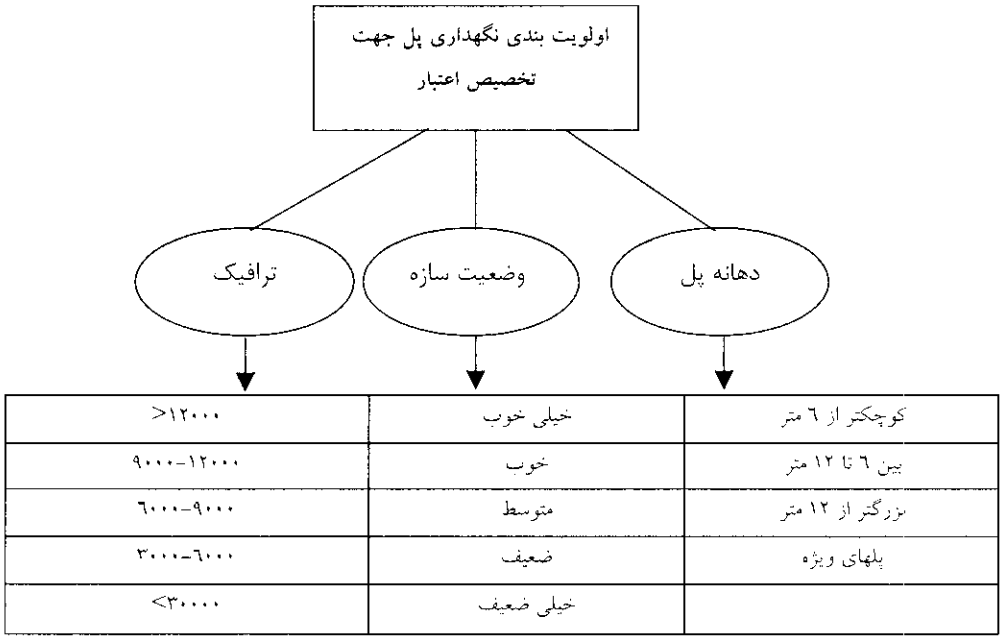
پارامترهای عمومی راه همسنگ	درجه بندی راه α_1	طبقه بندی راه α_2	ترافیک α_3	شرایط آب و هوایی α_4	وضعیت روسازی α_5
ضرایب ارجحیت	٦/٢	٨/٨	٣٨/٤	٩/٣	٣٧/٤

جدول٤ مقادیر تقریبی پارامترهای مختلف مدل جسم راه [٨]

X	آزادراه	بزرگراه	راه اصلی	راه فرعی آسفالته عریض	راه فرعی عریض
	٠/٤٥٤	٠/١٨٢	٠/١٦٤	٠/١١٨	٠/٠٨٢
Y	کوهستانی تخت	کوهستانی	تپه ماهوری	دشت	_
	٠/٤٢١	٠/٣١٦	٠/١٥٨	٠/١٠٥	_
Z	بیشتر از ۱۲۰۰۰	۹۰۰۰-۱۲۰۰۰	٦٠٠٠-٩٠٠٠	٣٠٠٠-٦٠٠٠	کمتر از ٣٠٠٠
	٠/٥١	٠/٢٦	٠/١٣	٠/٠٦	٠/٠٣
V	سردسیر	گرم و خشک (کویری)	گرم و مرطوب	معتدل و مرطوب	معتدل
	٠/٥٣	٠/٢٠	٠/١٤	٠/٠٨	٠/٠٥
Q	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب
	٠/٦٦٧	٠/٢٦٧	٠/٠٥٣	٠/٠١٣	٠/٠

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤ درخت سلسله مراتبی اولویت بندی نگهداری پل برای تخصیص اعتبار با توجه به طبقه‌بندی گزینه ها

به منظور تعیین عدد اولویت‌بندی هر یک از پارامترهای دهانه پل، وضعیت کل سازه و ترافیک، جدول مقایسات زوجی با تشکیل گروههای کارشناسی تکمیل شد و با تحلیل فرایند سلسله مراتبی، ضرایب ارجحیت هر پارامتر به‌دست آمد که نتایج حاصل به‌صورت زیر است [٨]:

$$C_B = 18/6H_1 + 68/7Q + 12/7Z \qquad (6)$$

که در آن:

C_B = عدد اولویت بندی نگهداری پل در واحد سطح،

H_1= ضریب دهانه پل،

Q= ضریب وضعیت سازه ،

Z= ضریب ترافیک.

و نهایتاً با توجه به معلوم بودن کل بودجهٔ تخصیص یافته برای نگهداری پلها با استفاده از رابطهٔ ٦ مقدار بودجه تخصیص یافته به هر پل به‌سادگی قابل محاسبه است.

با عملیاتی مشابه و با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، اعداد اولویت بندی نگهداری برای تونلها را می‌توان به‌دست آورد که نتایج آن بصورت زیر است:

$$C_T=19/5H_2+71/7Q+8/8Z \qquad (7)$$

که در آن:

C_T= عدد اولویت بندی نگهداری تونل در واحد سطح جانبی (محیط دهانه تونل ضرب در طول تونل)،

H_2= ضریب طول تونل ،

Q= ضریب وضعیت سازه،

Z= ضریب ترافیک.

در مورد دیوارهای حائل نیز پس از انجام مراحلی مشابه رابطهٔ زیر به‌دست می آید:

$$C_W=19/9H_3+73/7Q+6/8Z \qquad (8)$$

که در آن:

C_W = عدد اولویت بندی نگهداری دیواردر واحد سطح،

H_3= ضریب نوع دیوار،

Q= ضریب وضعیت سازه،

Z= ضریب ترافیک.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ مقادیر تقریبی متغیرهای مدلهای ابنیه فنی

	خیلی خوب	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف	
Q	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۱۳	۰/۲۶	۰/۵۱	
Z	کمتر از ۳۰۰۰	۳۰۰۰-۶۰۰۰	۶۰۰۰-۹۰۰۰	۹۰۰۰-۱۲۰۰۰	بیشتر از ۱۲۰۰۰	
	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۵۱	
H_1	.	پلهای ویژه	پلهای بزرگ	پلهای متوسط	پلهای کوچک	
	..	۰/۵۹	۰/۲۶	۰/۱	۰/۰۵	
H_2	...	تونلهای ویژه	تونلهای بزرگ	تونلهای متوسط	تونلهای کوچک	
	...	۰/۵۹	۰/۲۶	۰/۱	۰/۰۵	
H_3	خاک مسلح	صندوقه ای	با پشت بند	طره ای	وزنی	
	۰/۳	۰/۲۳	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱	

مقادیر ضرایب ارجحیت Z و Q و H_1 ، H_2 و H_3 با استفاده از اطلاعات موجود و جدول مقایسات زوجی محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است[۸].

اکنون با معلوم بودن اعداد اولویت بندی و با استفاده از رابطهٔ (۳) مقدار بودجه تخصیص یافته برای عملیات تعمیر و نگهداری دیوارهای حائل را می‌توان محاسبه کرد.

٤-۳- مدل تعمیر و نگهداری تجهیزات ایمنی

بیشتر عملیات ایمنی راهها ـ که به منظور تأمین ایمنی عبور و مرور در راهها انجام می‌شود ـ مربوط به علائم و تجهیزات ایمنی مورد نیاز در راه است. لازم است برای تأمین ایمنی همیشگی راهها، به نگهداری این وسایل اهمیت کافی مبذول شود. از جمله موارد مهم در این زمینه عبارتند از:

- خط کشی محور و منتهی الیه طرفین راه،
- نصب علائم انعکاسی و چشم‌گربه‌ای در محور راهها،
- نصب علائم ایمنی و اطلاعاتی،
- نصب گارد ریل(نردهٔ حفاظتی) و گارد بلوک و سایر حفاظهای طولی،
- تأمین روشنایی در نقاط مه‌گیر.

با توجه به محدودیت آمار و اطلاعات موجود در کشور و با بهره‌برداری از اطلاعات جدول ٦ مدل مدیریت تعمیر و نگهداری علائم و تجهیزات ایمنی به صورت ذیل به‌دست می‌آید:

$$C_c=۰/۹۷A+۰/۰۰۷B+۰/۰۰۳C+۰/۰۰۱D+٦/۳F+۰/۰٥٤G \quad (۹)$$

که در آن:

C_c = عدد اولویت برای تخصیص اعتبار برای علائم و تجهیزات ایمنی،

A = طول خط کشی بر حسب کیلومتر،

B= گارد ریل برحسب متر،

C= چشم گربه‌ای در هر محور برحسب تعداد،

D= تودلی گارد ریل بر حسب تعداد،

F= فنس کشی اتوبانها بر حسب کیلومتر،

G= تابلوهای اطلاعاتی بر حسب مترمربع

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦ هزینه های نگهداری تجهیزات ایمنی راهها

ردیف	نوع تجهیزات	واحد	میانگین درصد تخریب سالیانه	قیمت تهیه و نصب (ریال)	میانگین هزینه سالیانه برای هر واحد(ریال)	میانگین هزینه سالیانه بر حسب میلیون (ریال)
١	خط کشی (A)	Km	١٠٠	٩٦٦١٥٠	٩٦٦١٥٠	٠/٩٧
٢	گارد ریل (B)	M	١٠	٧٣٢٥٠	٧٣٢٥	٠/٠٠٧
٣	بازتاب ایمنی (C)	عدد	٢٠	١٦٠٠٠	٣٢٠٠	٠/٠٠٣
٤	تودلی گارد ریل (D)	عدد	٣٠	٣٥٠٠	١٠٥٠	٠/٠٠١
٥	آئینه ایمنی (E)	عدد	٥	٢٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠	٠/١
٦	فنس کشی اتوبانها (F)	Km	٥	١٢٠٠٠٠٠٠	٦٣٠٠٠٠٠	٦/٣
٧	تابلوی اطلاعاتی (G)	M^2	*١٥	**٣٦٠٠٠٠	٥٤٠٠٠	٠/٠٥٤

* بصورت تقریبی آورده شده است.

** بصورت میانگین هزینه دو تابلو با شبرنگ هفت ساله و ده ساله

و در نهایت برای تخصیص اعتبار نگهداری برای علائم ایمنی باز هم از رابطهٔ (٣) استفاده می‌شود. واضح است که برای تعیین اعتبار کل مربوط به نگهداری محور، باید مجموع اعتبارات تخصیص یافته به بخشهای جسم راه، ابنیه فنی و تجهیزات ایمنی را بدست آورد؛ یعنی:

$$B = B_P + B_I + B_E \qquad (١٠)$$

$$B_I = B_B + B_T + B_W$$

که در آن

B = کل بودجه تخصیص یافته به محور برای عملیات تعمیر و نگهداری راه،

B_P = بودجه تخصیص یافته برای نگهداری جسم راه ،

B_I = بودجه تخصیص یافته برای نگهداری ابنیه فنی،

B_E = بودجه تخصیص یافته برای نگهداری علائم و تجهیزات ایمنی،

B_B = بودجه تخصیص یافته برای نگهداری پلها،

B_T = بودجه تخصیص یافته برای نگهداری تونلها،

B_W = بودجه تخصیص یافته برای نگهداری دیوارهای حائل.

بدیهی است با مشخص بودن ضرایب مربوط به تعمیر و نگهداری محورهای مختلف، بودجه تخصیص یافته به هر منطقه را با استفاده از مجموع بودجه های تخصیص یافته به محورهای موجود در آن منطقه می‌توان تعیین کرد.

٥- ارزیابی مدل

ارزیابی مدل، به آمار و اطلاعات فراوان برای مراحل مختلف تنظیم و اعتبارسنجی نیاز دارد. با توجه به اینکه بخشهای مختلف مدل مدیریت نگهداری راه شامل بخش جسم راه، ابنیه فنی و تجهیزات ایمنی پارامترهای زیادی دارند، ارزیابی هر یک از این زیربخشها، به کلیه اطلاعات مرتبط در تمام یا بخشی از محورهای موجود در کشور نیاز دارد. لذا فرمهای مربوط به اطلاعات مورد نیاز مدل به تمامی استانهای کشور ارسال شد. با اکثر مدیران کل استانها علاوه بر ارسال فرمها مذاکرات تلفنی و ملاقات حضوری صورت گرفت. نهایتاً با تلاش فراوان، اطلاعات مربوط به چهار استان بوشهر، زنجان، قم و یزد به طور نسبتاً کامل دریافت و چنین تصمیم‌گیری شد که برای همین چهار استان مدل ارزیابی شود.

www.SID.ir

Archive of SID

اطلاعات مربوط به پارامترها در فایل به ورودی کامپیوتر ذخیره شد. با استفاده از یک برنامه کامپیوتری فایلهای ورودی بازخوانی و پارامتر تعیین اولویت C برای هر بخش محاسبه شد. گروهی از کارشناسان خبره، خروجی‌های مدل را برای چهار استان به طور دقیق بررسی کرده و نتایج را با ضریب اطمینان ۹۰ درصد قابل قبول دانستند. سپس بودجه کل مربوط به چهار استان از روش تخصیصی ارائه شده در این تحقیق توزیع شد. مجدداً نتایج به‌دست آمده مورد بررسی دقیق گروه کارشناسان و مدیران مجرب راه و ترابری قرار گرفت. پس از بررسی و تحلیل حساسیت بر روی مقادیر مربوط به هزینه انجام عملیات راهداری، نتایج تخصیص یافته توسط مدل مدیریت نگهداری راه، با ضریب اطمینان ۹۰ درصد مورد قبول جمع قرار گرفت. ارزیابی و اعتبارسنجی کامل مدل، به گذشت زمان و جمع‌آوری اطلاعات مربوطه و همچنین تهیه فهرست بهای خدمات راهداری نیاز دارد که از دامنهٔ این مقاله خارج است و تحقیق بیشتر در این زمینه توصیه می‌شود.

٦- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت روزافزون نحوهٔ تخصیص اعتبارات برای انجام عملیات راهداری، روشی برای تخصیص بهینه اعتبارها ارائه شد. پس از بررسی روشهای مختلف، نهایتاً برای دستیابی به هدف فوق، روش تحلیل سلسله مراتبی انتخاب شد. با استفاده از این روش، کمبود اطلاعات مورد نیاز برای تخصیص بهینه اعتبارات را با استفاده از جدولهای مقایسات زوجی می‌توان جبران کرد. برای محاسبه ضریب تأثیر هر پارامتر بر هزینه‌های نگهداری، از آمار موجود استفاده شد. در صورت کمبود یا عدم دسترسی به آمار، محاسبه تأثیر عوامل مختلف در هزینه‌های نگهداری، با بهره‌گیری از مقایسات زوجی گروهی و با استفاده از طبقه‌بندی گزینه‌ها در روش فرایند سلسله مراتبی انجام شد. در روش ارائه شده، کل بودجه تخصیص یافته به هر محور به ۳ بخش جسم راه، ابنیه فنی (شامل پل، دیوار حایل و تونل) و تجهیزات ایمنی تقسیم شده است. کل اعتبار تخصیصی به محور برای نگهداری، شامل مجموع بودجه های اختصاص یافته به هر یک از سه بخش مورد نظر است. کل اعتبار مربوط به نگهداری محورهای یک منطقه نیز، مساوی است با مجموع اعتبارهای به‌دست آمده برای هر محور به‌دست آمده از روابط متناظر است.

۷- تشکر و قدردانی

لازم است از معاونت راهداری و هماهنگی امور استانهای وزارت راه و ترابری و همچنین مرکز تحقیقات و آموزش راه و ترابری به سبب همکاری شایسته در جمع‌آوری آمار و اطلاعات و همچنین مدیران کل وزارت متبوع به خاطر تکمیل فرمهای مورد نیاز این تحقیق تشکر و قدردانی شود.

۸- منابع

[1] Heggie, I. G, "Management and Financing of Roads: An Agenda for Reform;" Technical Paper 275, World Bank, Washington, D.C., USA.; Feb. 2000.

[2] Heggie, I. G; "Management and Financing of Roads;" The World Bank, Washington, D.C., USA, June 1998.

[۳] گزارش سالیانه راهداری و نگهداری راهها، "تعریف راهداری، سازمان و تشکیلات ماشین‌آلات و اعتبارات"؛ معاونت راهداری و هماهنگی امور استانها، وزارت راه و ترابری، ۱۳۷۸.

[٤] بزازان، محمود ، "راهداری و روشهای نگهداری راهها"؛ مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری سال، ۱۳۷۰ .

www.SID.ir

Archive of SID

[5] Chan, W.T, "Priority Rating of Highway Maintenance Needs;" Transportation Eng. Journal; Vol. 119, No. 3; 1993; pp 419-432.

[٦] اصغرپور ، جواد، "تصمیم گیریهای چند معیاره"؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ پاییز ۱۳۷۷.

[۷] قدسی پور، سید حسن؛ "فرایند تحلیل سلسه مراتبی AHP "؛ مرکز نشر دانشگاهی صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۷۹.

[۸] الیاسی، محمد رضا؛ "ارائه مدلی برای مدیریت و تعمیر و نگهداری راه بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی"؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ زمستان ۱۳۷۹.

www.SID.ir