

# بررسی مدیریت روسازی راهها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

دکترحیدر دشتی<sup>۱</sup>، امیر صفی خانی<sup>۲</sup>، بتول رفیعی<sup>۳</sup>

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس [dr.hdashti@yahoo.com](mailto:dr.hdashti@yahoo.com)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- مدیریت و ساخت، دانشگاه آزاد شوشتر [amir\\_ahwaz2001@yahoo.com](mailto:amir_ahwaz2001@yahoo.com)

۳- کارشناس عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز [civil81\\_rafiei@yahoo.com](mailto:civil81_rafiei@yahoo.com)

## خلاصه

به منظور مدیریت بهینه روسازی راه های موجود لازم است علاوه بر شاخص های اقتصادی ، عوامل دیگر چون بهبود در شاخص های بهره برداری ، بهبود در وضعیت سازه ای روسازی و تأثیرات گزینه ها بر محیط زیست ، شرایط اجتماعی ، ایمنی و ... مد نظر قرار گرفته و در تصمیم گیری نقش داشته باشند . وارد نمودن موارد فوق در اولویت بندی گزینه ها ، نیازمند یک تصمیم گیری چند معیاره است که در این مقاله تصمیم گیری بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شده است . مهم ترین دستاورد این پژوهش ارائه مدلی جدید برای استفاده از خروجی نرم افزارهای HDM-۴ ، ELMOD-۵ در تصمیم گیری چند معیاره است که این کار به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) عملی می شود. با استفاده از این مدل تصمیم گیرندگان می توانند با تغییر در وزن معیارهای تصمیم گیری و همچنین با آگاهی از دیدگاه های تمامی صاحب نظران به روش AHP گروهی ، مناسب ترین و بهینه ترین راه حل ممکن را برای مدیریت بهتر راهها انتخاب کنند

**واژه های کلیدی :** مدیریت روسازی ، مدیریت نگهداری راه ، تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ، سیستم مدیریت روسازی سلسله مراتبی (HPMS) ، تصمیم گیری چند معیاره و تعمیر نگهداری راه

## مقدمه :

عملیات نگهداری راهها چنانچه در موعد لازم انجام شده و با انتخاب گزینه مناسب برای روش نگهداری صورت گیرد علاوه بر آنکه تخریب آنها را به تأخیر می اندازد ، به دلیل افزایش کیفیت سطح راه ، موجب کاهش هزینه های عملکردی وسایل نقلیه و باز بودن مداوم راه می شود . مهم ترین اهداف مدیریت راه را می توان به شرح زیر خلاصه کرد.

الف) استفاده از رویکردهای سازمان یافته برای تصمیم گیری در چارچوبی مناسب و مشخص

ب) ارزیابی وضعیت راهها و تعیین بودجه و منابع مورد نیاز

ج) انتخاب استانداردهای مناسب برای نگهداری راه و طراحی فعالیتهای مرتبط

د) تخصیص بهینه منابع و امکانات

ه) بازنگری مداوم سیاستها ، استانداردها و نحوه تأثیر فعالیتهای .

به طور ساده ، سیستم مدیریت روسازی در دو سطح «شبکه» و «پروژه» به اجرا در می آید . در مدیریت روسازی در سطح شبکه ، تقدیم و تأخر پروژه ها و فعالیت های نگهداری و زمان بندی آنها با توجه به محدودیت های موجود تعیین می شود ، در حالی که در سطح پروژه ، روشهای مختلف تصمیم و نگهداری برای یک پروژه خاص مورد ارزیابی و مقایسه قرار می گیرد .

۱ عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

۲ دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- مدیریت و ساخت، دانشگاه آزاد شوشتر

۳ کارشناس عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز

## ساختار مدل مدیریت روسازی سلسله مراتبی (HPMS) :

در این تحقیق ، مدلی برای مدیریت روسازی تهیه شده که در آن با بکار گیری تحلیل هزینه های چرخه عمر (LCCA) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ، روند اولویت بندی گزینه ها و تصمیم گیری در مدیریت روسازی بهبود می یابد . مراحل ساخت مدل HPMS به شرح ذیل می باشد :

### تهیه داده های ورودی :

اولین گام در اجرای مدل (HPMS) ، تعیین متغیرهای ورودی و شناخت قیدها و محدودیت های موجود است . اطلاع از تاریخچه ساخت و نگهداری یک روسازی برای پیشرفت یک پروژه از اهمیت زیادی برخوردار است . اطلاعاتی که در مورد تاریخچه روسازی باید جمع آوری شوند سازه روسازی و تاریخ اولین ساخت ، ضخامت و زمان اجرای روکش های بعدی ، تاریخچه نگهداری شامل وصله کاری و درزگیری ، اجرای آسفالت های حفاظتی و خصوصیات مصالح به کاررفته در هریک از مراحل اجرایی

### ارزیابی و قطعه بندی روسازی :

انتخاب گزینه های ترمیم و نگهداری لازم است بر اساس نتایج ارزیابی وضعیت موجود روسازی صورت گیرد . ارزیابی روسازی راهها به دو بخش «کیفی» و «سازه ای» تقسیم بندی شده است . برای ارزیابی کیفی روسازی ، وضعیت ناهمواری ها ، ترکها و در مجموع خرابی های ظاهری سطح راه مورد توجه قرار می گیرد ، در حالی که ارزیابی سازه ای ، توانایی روسازی در تحمیل بارهای وارده از وسایل نقلیه بررسی می شود . در مدل (HPMS) عوامل زیر تعیین کننده نحوه قطعه بندی پروژه هستند . سازه روسازی ، ترافیک ، تاریخچه ساخت ، رتبه ، یا طبقه بندی عملکردی روسازی ، ناهمواری ، تأسیسات زهکشی و وضعیت روسازی و شانه ها.

### انتخاب اولیه گزینه های ترمیم و نگهداری :

معمولاً گزینه های ترمیم نگهداری با توجه به دو عامل انتخاب می شوند . اول ، سطوح استاندارد نگهداری هر کشور که در مورد نوع راه مورد نظر اعمال می شود . دوم ، روشهای نگهداری که با توجه به نحوه تأثیر آنها بر روسازی و امکانات و توانایی های موجود قابل انجام هستند . به طور کلی ، سطوح رسیدگی به معنی حداقل سطوح خدمت دهی قابل قبول از دیدگاه مؤسسات راه است . از مهم ترین معیارهای مطرح برای سطوح رسیدگی که در نرم افزار HDM-4 نیز مورد استفاده قرار گرفته است ، می توان به شاخص IRI اشاره کرد . در این پژوهش ، سطوح رسیدگی پیشنهادی بر اساس همین شاخص و به شرح مندرجات جدول شماره (۱) در نظر گرفته می شوند.

جدول ۱- سطوح رسیدگی پیشنهادی ، براساس طبقه بندی راه و شاخص ناهمواری بین المللی

راهکار مناسب براساس محدوده شاخص IRI (m/km)			طبقه بندی راه
نگهداری روزمره + نگهداری پیشگیرانه	نگهداری روزمره + ترمیم	بازسازی	
$IRI < 4$	$4 \leq IRI \leq 8$	$IRI > 8$	شریانی یا درجه یک
$IRI < 5$	$5 \leq IRI \leq 9$	$IRI > 9$	اصلی یا درجه دو
$IRI < 6$	$6 \leq IRI \leq 10$	$IRI > 10$	فرعی یا درجه سه

### ارزیابی فنی و اقتصادی گزینه ها :

به منظور ارزیابی فنی و اقتصادی گزینه های مختلف در این تحقیق ، از نرم افزارهای HDM-4 ، ۴ - HDM ، ۵ - ELMOD استفاده شده است . چهار چوب تحلیلی مدل HDM-4 مبتنی بر مفهوم تحلیل چرخه عمر روسازی است . این مدل برای پیش بینی مواردی همچون روند اضمحلال راه ، اثرات وضعیت راه در بهره برداری ، اثرات استفاده کنندگان ، و اثرات اقتصادی ، اجتماعی و محیطی ، در خلال چرخه عمر یک روسازی که عموماً ۱۵ تا ۴۰ سال می باشد ، به کار می رود . در HDM-4 منافع اقتصادی ناشی از روش های مختلف نگهداری راه ، به وسیله مقایسه هزینه کل اجرای پروژه های مختلف نگهداری ، با یک گزینه مبنا که معمولاً نشان دهنده حداقل استانداردهای رایج نگهداری است ، تعیین می شوند . همچنین هزینه های مربوط به طیف وسیعی از گزینه ها برای سالهای متوالی دوره تحلیل تخمین زده می شود و کلیه هزینه های آتی برای سال مبنای مشخص شده ، برآورد می شوند . پس از برداشت اطلاعات مربوط به افت و خیز روسازی با استفاده از دستگاه FWD ، با انجام محاسبات معکوس مدول الاستیسیته هر یک از لایه های روسازی و همچنین عدد ضخامت مؤثر روسازی تعیین می شود .

معمول ترین روش های محاسبات معکوس ، تحلیل اطلاعات به وسیله نرم افزارهای ۵ - ELMOD ، Modulus ، Mich Back و روش آیین نامه طراحی روسازی آشتور ( سال ۱۹۹۳ ) است . در مدل جدید از دستگاه افت و خیز سطح ضربه ای و نرم افزار ۵ - ELMOD به منظور تعیین مدول

مؤثر کل روسازی به صورت یک لایه شامل لای های آسفالتی و لایه های غیر چسبیده ( اساس و زیر اساس ) ، معرفی می شود . سپس با در اختیار داشتن  $E_p$  عدد سازه ای مؤثر روسازی ( $SN_{eff}$ ) با استفاده از رابطه زیر که از آیین نامه طراحی روسازی آشتو ۱۹۹۳ استخراج شده است به دست می آید. که در آن:

$$SN_{eff} = 0.0045D\sqrt{E_p}$$

$D$  = ضخامت کل لایه روسازی ، بر حسب اینچ  $E_p$  = مدول مؤثر کل لایه های روسازی ، بر حسب Psi.

عدد ضخامت مورد نیاز روسازی ( $SN_d$ ) با استفاده از رابطه طرح روسازی آشتو (۱۹۹۳) و با سعی و خطا محاسبه می شود . این رابطه به شکل زیر است

$$\log W_{10} = Z_R \times S_O + 9.36 \log_{10} (SN_d + 1) - 0.2 + \frac{10}{0.4 + \frac{1094}{(SN_d + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

با کسر عدد ضخامت مؤثر از عدد ضخامت مورد نیاز روسازی ، کمبود عدد ضخامت مورد نیاز به شرح زیر تعیین می شود.

$$D_{sn} = SN_d - SN_{eff}$$

نهایتاً مقادیر کمبود عدد ضخامت ، به عنوان شاخصی جهت تعیین ضریب اهمیت معیار مقاومت سازه ای در تابع هدف مدل (HPMS) مورد استفاده قرار می گیرد.

### اولویت بندی گزینه ها به روش AHP :

استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در مدل HPMS شامل مراحل زیر است:

الف - تعریف هدف

ب - انتخاب گزینه ها

ج) انتخاب معیارهای تصمیم گیری

د) تعیین وزن معیارها

ه) ساخت تابع هدف

و) اولویت گزینه ها

در مدل جدید پس از بررسی معیارهای متعدد و تحقیقات پیشین و با توجه به تجربه کارشناسان راه ( با اخذ نظر خواهی مستقیم) مهمترین معیارهای ارزیابی فنی و اقتصادی گزینه ها به شرح زیر انتخاب شد :

**الف - پارامتر اقتصادی :** نتیجه تحلیل هزینه های چرخه عمر روسازی در نرم افزار HDN-۴، شاخص های اقتصادی متفاوتی است که مهم ترین آنها نسبت ( $NPV/Cost$ ) است . این نسبت که رابطه آن در زیر ارائه شده است ، برای تمام گزینه ها مشخص می شود و در مدل HPMS به عنوان شاخص معیار اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرد . در رابطه فوق  $NPV_i$  و  $NPV_j$  به ترتیب های ارزش خالص فعلی گزینه های ارزان تر و گران تر هستند و  $cost_j$  و  $cost_i$  نیز نشانگر هزینه آنها هستند

$$E_{ij} = \frac{(NPV_j - NPV_i)}{(\cos t_j - \cos t_i)}$$

**ب- راحتی سرنشین :** زمانی که خودرو بر سطحی ناهموار حرکت می کند ، بیشترین ناراحتی سرنشینان ناشی از تغییر شتاب عمودی نسبت به زمانی است که این امر تحت عنوان «لرزش» شناخته می شود . تحقیقات انجام شده توسط Herman , Lio نشان داده است که انحراف معیار استاندارد لرزش ، به طور مستقیم با عدد سواری (RN) تعریف شده توسط مؤسسه NCHRP در ارتباط است . در همین تحقیقات اثبات شد که از دیدگاه استفاده کنندگان ، IRI به طور مستقیم نمی تواند توصیف چندان خوبی از کیفیت سواری باشد در HDN-۴ عدد IRI به عنوان شاخصی برای ناهمواری سطح جاده استفاده می شود که بخش عمده ای از هزینه های استفاده کنندگان متناسب با آن محاسبه می شود . نرخ افزایش IRI مستقیماً با بار ترافیک ، یعنی تعداد بار محوری هم ارز طی چرخه عمر روسازی ، سن رویه راه ، عدد سازه ای و شدت خرابی ها متناسب است. در مدل (HPMS) ، معیار راحتی سرنشین با استفاده از عدد سواری که به صورت زیر تعریف شده است سنجیده می شود که در آن :

$$RN_{is} = \frac{\sum_{j=1}^N (5 - 2.63 \times \log \frac{IRI_{isj}}{0.343})}{N}, (j = 1, 2, 3, \dots, N)$$

$IRI_{isj}$  = شاخص ناهمواری بین المللی بر حسب متر کیلو متر برای گزینه S در قطعه I و در سال  $I_{am}$  دوره طرح روسازی

$RN_{is}$  = عدد سواری گزینه S در قطعه I ، برای دوره طرح روسازی است .

ج - مقاومت سازه ای : یکی از مهمترین عوامل تأثیر گذار بر عملکرد روسازی و طول عمر مفید آن ، مقاومت سازه ای جسم راه است . در مدل HPMS پارامتر مورد استفاده برای مقاومت سازه ای ، میانگین شاخص SNP طی دوره طرح روسازی است که با بکار گیری رابطه زیر برای هر یک از گزینه ها محاسبه می شود . که در آن :

$$SNP_{is} = \frac{\sum_{j=1}^N SNP_{isj}}{N}$$

SNP<sub>isj</sub> = عدد ضخامت اصلاح شده روسازی در فصول غیر بارانی سال (فصول خشک) برای گزینه S در قطعه I و در سال I<sup>ام</sup> دوره طرح روسازی ، و SNP<sub>is</sub> = میانگین عدد ضخامت اصلاح شده روسازی در فصول خشک ، برای گزینه S در قطعه I و طی دوره طرح است .  
نرم افزار HDM با استفاده از مدل ها اضمحلال ، مدل های تأثیر فعالیت های نگهداری و مدل های تأثیر استفاده کنندگان که با استفاده از ضرایب معرفی شده توسط تحلیل گر کالیبره می شوند ، مقدار پارامتر SNP<sub>is</sub> را برای یک یک گزینه ها در سالهای دوره طرح محاسبه می کند.

د - کیفیت زهکشی : در مدل HPMS ، تأثیرات هر یک از گزینه ها بر کیفیت زهکشی ، مستقیماً به کمک قضاوت مهندسی اولویت بندی و امتیاز دهی می شوند . در این مدل پارامتر (DF) به عنوان معیار امتیاز دهی تأثیر گزینه ها بر کیفیت زهکشی تعریف می شود. پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز و اجرای نرم افزار ۴ -HDM مقادیر پارامترهای شاخص معیار ها با استفاده از نتایج خروجی نرم افزار محاسبه می شوند. سپس با انجام جدول مقایسه های زوجی به روش AHP گروهی ، ضرایب اهمیت معیارها تعیین می شوند و ماتریس وزن معیارها به صورت نشان داده شده در شکل ۲ تکمیل می شود . وزن دهی معیارها با توجه به میزان اهمیت هر یک از آنها برای مسؤولان مربوطه و با در نظر گرفتن علت خرابیها روسازی موجود انجام می شود.

	اقتصادی	راحتی موثری	مقاومت سازه ای	کیفیت زهکشی
اقتصادی	a <sub>۱۱</sub>	a <sub>۱۲</sub>	a <sub>۱۳</sub>	a <sub>۱۴</sub>
راحتی سواری	a <sub>۲۱</sub>	a <sub>۲۲</sub>	a <sub>۲۳</sub>	a <sub>۲۴</sub>
مقاومت سازه ای	a <sub>۳۱</sub>	a <sub>۳۲</sub>	a <sub>۳۳</sub>	a <sub>۳۴</sub>
کیفیت زهکشی	a <sub>۴۱</sub>	a <sub>۴۲</sub>	a <sub>۴۳</sub>	a <sub>۴۴</sub>

w
a <sub>۱</sub>
a <sub>۲</sub>
a <sub>۳</sub>
a <sub>۴</sub>

شکل ۱ ماتریس وزن معیارها

تابع هدف تصمیم گیری در مدل HPMS به شکل زیر تعریف می شود :

$$\text{Maximize } (z) = a_1(E_j) + a_2(RN) + a_3(SNP) + a_4(DF)$$

در رابطه فوق a<sub>۱</sub>, a<sub>۲</sub>, a<sub>۳</sub>, a<sub>۴</sub> ضرایب اهمیت معیارها هستند که با نظر گروهی کارشناسان مربوطه و تشکیل ماتریس معیار تعیین می شوند. در مورد هر بخش از راه ، با قرار دادن مقادیر به دست آمده برای شاخص معیارها و ضریب وزنی معیارها در تابع هدف ، امتیاز نسبی هر گزینه مشخص شده و گزینه ها به ترتیب امتیاز اولویت بندی می شوند گزینه ای که بیشترین امتیاز را به دست می آورد ، از نظر فنی و اقتصادی مناسب ترین گزینه برای ترمیم و نگهداری روسازی مد نظر است

#### مثال :

در این تحقیق یک بزرگراه به عنوان مطالعه موردی انتخاب و تحلیل چرخه عمر روسازی طی یک دوره ۲۰ ساله انجام می شود . عملیات اجرایی ساخت بزرگراه در سال ۱۳۷۰ آغاز شده و بهره برداری از آن در سال ۱۳۷۳ آغاز شده است . این بزرگراه در هر جهت دارای سه خط عبور است . عرض خطوط عبوری ۳/۶۰ متر طول کل مسیر برابر ۱۶ کیلومتر است . بر اساس نتایج آزمایش های انجام شده ، میانگین ضخامت لایه های روسازی اجرا شده در بزرگراه به شرح زیر گزارش شده است .

- لایه های آسفالتی اجرا شده مشتمل بر سه لایه بیندر ، به ضخامت های ۷ و ۶ سانتی متر ، و یک لایه ۵ سانتی متری توپکا می باشد . در مجموع قشرهای آسفالت اولیه دارای ضخامتی برابر ۲۴ سانتیمتر هستند .
  - ضخامت قشرهای مصالح دانه ها اساس و زیر اساس مجموعاً حدود ۲۸ سانتی متر است ، اما تفکیک آنها از یکدیگر بسیار مشکل است .
- در زمان آغاز بهره تا انتهای سال ۱۳۸۳ ، هیچگونه عملیات ترمیم اساسی ( روکش و یا بارسازی ) بر روی آن صورت نگرفته است اما عملیات لکه گیری تاکنون سه بار و طی سالهای ۱۳۸۳، ۱۳۸۰، ۱۳۷۷، در تمام سطح سواره رو مسیر انجام شده است . ارزیابی روسازی بزرگراه از طریق انجام یک سری آزمایش های مخرب و غیر مخرب به شرح زیر انجام شد :

\* برداشت میدانی شاخص های کیفی راه ، شامل میزان ناهمواری بین المللی (IRI) عمق شیارشدگی (Rutting) و (texture) توسط دستگاه نیمرخ باب سطح راه . (Rsp) ، ارزیابی سازه ای روسازی با استفاده از دستگاه افت و خیز سنج ضربه ای (FWD) قطعه بندی بزرگراه به روش دینامیکی و بر اساس شیوه مطرح شده در آیین نامه آشتو ۱۹۹۳ به شرح زیر صورت گرفت :

الف - قطعه اول : از کیلو متر ۰ تا ۴  
ب- قطعه دوم از کیلو متر ۴ تا ۱۰  
ج- قطعه سوم : از کیلو متر ۱۰ تا ۱۴  
د- قطعه چهارم : از کیلو متر ۱۴ تا ۱۶

با توجه به تاریخچه تعمیر و نگهداری روسازی بزرگراه و با در نظر گرفتن نظرات کارشناسان ، شش گزینه زیر بعنوان گزینه های اولیه ترمیم و نگهداری شدند :

- ۱- نگهداری روز مره شامل عملیات لکه گیری آسفالت
  - ۲- نگهداری روزمره به علاوه روکش آسفالتی با دانه بندی پیوسته به ضخامت ۴ سانتیمتر ،
  - ۳- نگهداری روزمره به علاوه روکش آسفالتی با دانه بندی پیوسته به ضخامت ۵ سانتیمتر ،
  - ۴- نگهداری روزمره به علاوه دو روکش آسفالتی با دانه بندی پیوسته به ضخامت ۱۰ سانتیمتر ،
  - ۵- نگهداری روزمره به علاوه اجرای یک لایه ژئوتکستایل و روکش آسفالتی با دانه بندی پیوسته به ضخامت ۵ سانتیمتر
  - ۶- نگهداری روزمره ، بعلاوه تخریب ۵ سانتیمتر از فشار رویه موجود و جایگزینی آن با ۵ سانتیمتر ، رویه آسفالتی جدید .
- نرم افزار HDM-۴ شاخص های اقتصادی زیر را برای هر یک از گزینه ها محاسبه می کند :
- ارزش کنونی کل هزینه های اداره راه ، افزایش در هزینه های اداره راه ، کاهش در هزینه های کاربران راه ، ارزش خالص کنونی NPV ، نسبت NPV/Cost

مقدار شاخصهای اقتصادی فوق به همراه سایر شاخصهای فنی گزینه های مطرح شده برای ترمیم و نگهداری بزرگراه ، مطابق مندرجات جدول (۲) به دست آمدند .

جدول ۲ - مشخصات فنی و برآورد هزینه ای گزینه های مختلف ترمیمی و بهسازی ، در قطعه یک بزرگراه

شماره گزینه	نوع عملیات	ارزش کنونی کل هزینه های اداره راه (COST)	افزایش یا کاهش در هزینه های اداره راه (A)	کاهش در هزینه های استفاده کنندگان (B)	ارزش خالص کنونی (NPV=B-A)	نسبت NPV/ Cost	عدد سواری راه طی دوره طرح (RN)	میانگین عدد سازه ای روسازی (SNP)
۱	لکه گیری آسفالت	۱۵۷۸.۷۳۶	۰۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰	۱.۰۲	۵.۶۴
۲	روکش ۴ سانتیمتری	۱۸۹.۱۰۱۳	-۵۷۴.۵۵	۴۸۶۶۲.۴۲	۴۸۷۲۶۶.۹۷	۴۸۰.۹۲۴	۲.۴۳	۶.۴۱
۳	روکش ۵ سانتیمتری	۱۱۸۰	-۴۰۷.۵۹	۴۸۷۲۸۹.۴۹	۴۸۷۶۹۷.۰۸	۴۱۳.۲۵۱	۲.۵۱	۶.۵۴
۴	روکش ۱۰ سانتیمتری	۶۰۲.۱۹۶۷	۳۷۹.۸۷	۴۹۵۲۵۶.۰۴	۴۹۴۸۷۶.۱۸	۲۵۱.۲۵۱	۳.۰۶	۷.۳۳
۵	ژئوتکستایل بعلاوه روکش ۵ سانتیمتری	۲۲۳.۱۴۷۹	-۱۰۸.۵۱	۴۹۲۶۲۹.۰۷	۴۹۲۷۳۷.۵۸	۳۳۳.۱۰۶	۲.۷۰	۷.۳۰
۶	تخریب و جایگزینی روکش ۵ سانتیمتری	۹۲۱.۱۲۷۹	-۳۱۲.۸۲	۴۹۴۴۳۶.۵۸	۴۹۴۷۴۹.۴۰	۳۸۸.۰۶۳	۲.۷۶	۶.۵۴

با انجام AHP گروهی ، ماتریس معیارها برای قطعه اول بزرگراه بشرح جدول شماره (۳) تکمیل می شود .

جدول ۳- ماتریس مقایسه معیارهای در مورد قطعه اول بزرگراه :

W	کیفیت زهکشی	مقاومت سازه ای	راحتی سرنشین	اقتصاد
۰,۴۶۰	۳,۲	۵,۵	۱,۷	۱,۰
۰,۳۰۴	۲,۰	۵,۱	۱,۰	راحتی سرنشین
۰,۰۶۱	۰,۲۶	۱,۰		مقاومت سازه ای
۰,۱۷۴	۱,۰			کیفیت زهکشی

نهایتاً توابع هدف تصمیم گیری برای قطعات چهار گانه بزرگراه ، به شرح زیر به دست می آید :

Maximize(z)=۰,۴۶۰(Eji)+۰,۳۰۴(RN)+۰,۰۶۱(SNP)+۰,۱۷۴(DF)	قطعه اول
Maximize(z)=۰,۴۷۲(Eji)+۰,۳۰۰(RN)+۰,۰۵۴(SNP)+۰,۱۷۵(DF)	قطعه دوم
Maximize(z)=۰,۴۶۲(Eji)+۰,۳۰۴(RN)+۰,۰۶۰(SNP)+۰,۱۷۵(DF)	قطعه سوم
Maximize(z)=۰,۳۷۵(Eji)+۰,۲۴۳(RN)+۰,۲۴۹(SNP)+۰,۱۳۳(DF)	قطعه چهارم

با قرار دادن مقادیر به دست آمده برای شاخص معیارها و ضریب وزنی معیارها در نرم افزار Expert Choice ، امتیاز نهایی گزینه ها مطابق جدول شماره (۴) می شود.

جدول ۴- اولویت بندی گزینه های ترمیم و نگهداری بزرگراه :

قطعه ۴		قطعه ۳		قطعه ۲		قطعه ۱		شرح گزینه
شماره اولویت	امتیاز نهایی	شماره اولویت	امتیاز نهایی	شماره اولویت	امتیاز نهایی	شماره اولویت	امتیاز نهایی	
۶	۰,۰۴۹	۶	۰,۰۳۹	۶	۰,۰۳۷	۶	۰,۰۴۰	لکه گیری آسفالت
۲	۰,۱۸۹	۲	۰,۱۹۷	۲	۰,۲۰۴	۲	۰,۱۹۷	روکش ۴ سانتیمتر
۴	۰,۱۸۵	۴	۰,۱۹۲	۴	۰,۱۸۷	۴	۰,۱۸۵	روکش ۵ سانتیمتر
۵	۰,۱۸۰	۵	۰,۱۷۶	۵	۰,۱۷۵	۵	۰,۱۷۸	روکش ۱۰ سانتیمتر
۱	۰,۲۱۳	۱	۰,۲۰۲	۱	۰,۲۰۶	۱	۰,۲۰۵	ژئوتکستایل بعلاوه روکش ۵ سانتیمتر
۳	۰,۱۸۴	۳	۰,۱۹۳	۳	۰,۱۹۰	۳	۰,۱۹۶	تخریب و جایگزینی روکش ۵ سانتیمتر

نتیجه تحلیل سلسله مراتبی نشان دهنده آنست که گزینه پنجم ، یعنی اجرای یک لایه ژئوتکستایل بعلاوه روکش آسفالتی به ضخامت ۵ سانتیمتر ، در هر چهار قطعه بزرگراه به عنوان اولویت نخست شناخته شده است . بنابراین با در نظر گرفتن تمام جوانب فنی و اقتصادی ، این گزینه جهت اجرا در هر چهار قطعه مسیر انتخاب می شود.

## نتیجه گیری :

در این تحقیق مدلی ارائه شد که با استفاده از آن به منظور مدیریت بهینه و جامع روسازی راههای موجود ، علاوه بر شاخصهای اقتصادی ، سایر پارامترهای مهم مانند بهبود کیفیت بهره برداری ، بهبود وضعیت سازه ای و تأثیرات گزینه ها بر زهکشی راه ، منبای تصمیم گیری و اولویت بندی گزینه های ترمیم و نگهداری قرار می گیرند . نرم افزار HDM-4 که توسط بانک جهانی تهیه شده است ، سیستمی مفید و کارآمد برای تنظیم برنامه سرمایه گذاری در امور ساخت و نگهداری راههاست ، اما وجود عوامل و معیارهایی که قابل تبدیل به ارزش پولی نیستند ، بیش از پیش استفاده از مدل‌های مبتنی بر تصمیم گیری چند معیاره را در امر مدیریت راهها ضروری ساخته است . مهم ترین دستاورد این پژوهش ارائه مدلی جدید برای استفاده از خروجی نرم افزارهای HDM-4, ELMOD-5 در تصمیم گیری چند معیاره است که این کار به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) عملی می شود . هر چند مدل ارائه شده ویژه مدیریت روسازی در سطح پروژه است ، اما به دلیل در نظر گرفتن معیارها و گزینه های مناسب ، در سطح شبکه راهها نیز قابل استفاده است . با استفاده از این مدل تصمیم گیرندگان می توانند با تغییر در وزن معیارهای تصمیم گیری و همچنین با آگاهی از دیدگاه های تمامی صاحب نظران به روش AHP گروهی ، مناسب ترین و بهینه ترین راه حل ممکن را برای مدیریت بهتر راهها انتخاب کنند . مطالعه موردی انجام شده حاکی از آنست که معیار « بازدهی اقتصادی » مهم ترین پارامتر تأثیر گذار بر انتخاب روش ترمیم و نگهداری راههاست و سپس معیارهای « راحتی سرنشین » ، « کیفیت زهکشی » و « مقاومت سازه ای » به ترتیب دارای بیشترین اهمیت در تصمیم گیری ها هستند . بنابراین هیچیک از عوامل یاد شده به تنهایی نمی توانند معیار مناسبی برای اولویت بندی گزینه ها و انتخاب روش نگهداری باشند .

## منابع:

- ۱- قدسی پور ، حسن، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی" ، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۲- [www.projeh.blogfa.com](http://www.projeh.blogfa.com)