

فصل اول

مقدمه‌ای بر سیستم مدیریت روسازی

۱-۱- مفهوم سیستم مدیریت روسازی

روسازی جاده‌ها جزء سرمایه‌های ملی کشور محسوب می‌شوند و هر ساله بخش قابل توجهی از بودجه‌های عمرانی را به خود اختصاص می‌دهند که صرف ترمیم، بهسازی، حفظ و نگهداری آن‌ها می‌شود. سیستم مدیریت روسازی (PMS) ابزاری است هدفمند برای مدیران که به منظور افزایش کارایی در تصمیم‌گیری و یافتن استراتژی مؤثر و اقتصادی، جهت ارزیابی، ترمیم، تعمیر، حفظ و نگهداری روسازی‌ها در سطح قابل قبول بکار گرفته می‌شود. هدف PMS، هزینه تمام بودجه موجود بر روی تعداد محدودی از راه‌ها نیست بلکه هدف یک سیستم مدیریت روسازی متعادل، صرفه کردن بیشتر بودجه بر روی نگهداری راه‌ها و تخصیص بخشی از آن برای نوسازی خواهد بود. در واقع هدف از به کارگیری سیستم مدیریت روسازی، دستیابی به بهترین گزینه تعمیر و نگهداری و مناسب‌ترین زمان اجرا است.

عملیات نگهداری راه‌ها چنانچه در زمان مناسب انجام شود و با انتخاب گزینه مناسب برای روش نگهداری صورت گیرد علاوه بر آنکه فرآیند تخریب روسازی را به تأخیر می‌اندازد، به دلیل افزایش کیفیت سطح راه، موجب کاهش هزینه‌های عملکردی وسایل نقلیه و باز بودن مداوم راه می‌شود. مهم‌ترین اهداف مدیریت راه را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود [۱]

الف. استفاده از رویکردهای سازمان‌یافته برای تصمیم‌گیری 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 فعالیت‌ها.

نتایج تحقیقات صورت گرفته در کشورهای توسعه‌یافته نشان می‌دهند که افزایش سرمایه‌گذاری برای نگهداری زیرساخت‌های راه، می‌تواند منافع اقتصادی زیادی را به همراه داشته باشد. به‌طور ساده، با تخصیص هر ۱ دلار به امر حفظ و نگهداری راه‌ها، ۳ دلار از هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه کاسته می‌شود [۲]

هاس و هادسون در کتاب «سیستم مدیریت روسازی» سیستم مدیریت روسازی را این‌گونه تعریف کرده‌اند: «سیستم مدیریت روسازی مجموعه‌ای کامل و هماهنگ از فعالیت‌هایی همچون طراحی، برنامه‌ریزی، ساخت، نگهداری و ترمیم، ارزیابی، بازسازی و تحقیقات مربوط به روسازی است» [۳]

۱-۲- هدف از به کارگیری سیستم مدیریت روسازی

به کارگیری سیستم مدیریت روسازی نیاز به روشی سیستماتیک و سازمان‌یافته، متفکرانه و متناسب با انجام امور متداول دارد. مدیریت روسازی، در مفهوم کلی شامل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری و نوسازی روسازی با یک برنامه از پیش تنظیم‌شده می‌باشد. PMS فرآیندی است که از یک سری ابزارها و روش‌هایی که در تصمیم‌گیری جهت دستیابی به راهبرد بهینه برای نگهداری روسازی در سطح خدمت‌دهی مناسب (در یک دوره زمانی معینی) کمک می‌کند، استفاده می‌نماید. عملکرد سیستم مدیریت روسازی شامل بهبود کارایی در تصمیم‌گیری، توسعه دامنه کار، ارائه بازخورد از نتایج تصمیمات، ایجاد هماهنگی در فعالیت‌های سازمان و اطمینان از هماهنگی تصمیمات اتخاذشده در سطوح مختلف مدیریت سازمان می‌شود.

جزئیات PMS بستگی به سازمان یا موسسه‌ای دارد که در آن، کار اجرا می‌شود. لیکن یک چارچوب کاری قابل اجرای کلی نیز می‌تواند در یک سازمان اداری خاص، برای شروع سیستم مدیریت روسازی ایجاد شود.

PMS می‌تواند مزایای زیادی برای احداث راه، فرودگاه و دیگر تأسیسات سازمان‌ها در هر دو سطح شبکه و پروژه در برداشته باشد. از جمله این مزایا، انتخاب و اجرای گزینه‌های مقرون‌به‌صرفه و تعیین زمان مناسب اجرا می‌باشد. PMS می‌تواند به مجموعه مدیریت کمک کند تا بهترین گزینه ترمیم و نگهداری را در مناسب‌ترین زمان انتخاب نماید.

۳-۱- سطوح شبکه و پروژه در سامانه مدیریت روسازی

مدیریت روسازی فرآیندی است که دو سطح عملیاتی اساسی دارد: شبکه (کلان) و پروژه (خرد). شکل ۱-۱ بیانگر فعالیت‌های عمده‌ای که در هر سطح رخ می‌دهد، فهرست می‌کند.

۱-۳-۱- مدیریت در سطح شبکه^۱ (کلان)

به فرآیندی که در آن نیازهای کل شبکه مدنظر قرار داشته باشد؛ مدیریت در سطح شبکه اطلاق می‌شود. در این سطح، هدف، تخصیص بهینه اعتبارات پروژه‌های مختلف می‌باشد به نحوی که کل سیستم روسازی راه‌ها دارای حداکثر قابلیت خدمت‌دهی باشد. در این سطح از مدیریت به جزئیات پروژه‌ها توجه نمی‌شود. افق دید درازمدت است و هزینه‌ها در سطح کلان مطرح می‌شود و محدودیت منابع در کل شبکه مدنظر قرار می‌گیرد.

در مورد شکل ۱-۱ چندین نکته کلیدی وجود دارد:

- ۱- فراخوانی و پردازش اطلاعات ورودی، اساس مدیریت روسازی می‌باشد؛
- ۲- ایجاد معیارها در هنگام ناقص بودن انتخاب، ضروری می‌باشد؛
- ۳- مدل‌های پیش‌بینی عملکرد برای پیش‌بینی اینکه چه زمانی یک بخش موجود عیب پیدا خواهد کرد، لازم است؛
- ۴- گزینه‌ها (نوسازی، بازسازی یا نگهداری) در هر دو سطح وجود دارند؛
- ۵- گزینه‌ها می‌باید بر مبنای اثرات فنی یا اقتصادی تحلیل شوند به طوری که برنامه‌های اولویت‌دار در سطح شبکه یا بهترین گزینه در سطوح پروژه، بتوانند شناسایی و اجرا شوند. [۶]

۱-۳-۲- مدیریت در سطح پروژه^۲ (خرد)

در این سطح، هدف، انتخاب بهترین گزینه برای هر پروژه است. در این سطح از مدیریت؛ جزئیات روش‌های اجرایی، هزینه‌ها، منابع موردنیاز و محدودیت‌ها در نظر گرفته می‌شود. ارزیابی پروژه در این سطح با دقت و ثبت جزئیات صورت می‌گیرد. در این سطح از مدیریت، به نیازهای پروژه موردنظر توجه می‌شود و به محدودیت‌های ناشی از وجود سایر پروژه‌ها توجه نمی‌شود. به‌طور کلی در سیستم مدیریت راه‌ها ابتدا در سطح شبکه تصمیم‌گیری و تخصیص بودجه انجام می‌شود و سپس با توجه به بودجه تخصیص‌یافته به هر پروژه، گزینه بهینه انتخاب می‌شود. عملیات انجام‌شده در سطح شبکه به اطلاع مدیریت شبکه می‌رسد تا در برنامه‌ریزی‌های بعدی لحاظ شود. در یک زندگی بهینه این دو سطح از مدیریت لازم و ملزوم یکدیگر بوده و باید در ارتباط مستقیم با یکدیگر قرار داشته باشند. از نظر قوانین اقتصاد مهندسی تفاوت این دو سطح از مدیریت فقط در پرداختن به جزئیات است. قوانین و ملاحظات اقتصادی که برای تجزیه و تحلیل استفاده می‌شود، می‌تواند در هر دو سطح از مدیریت مشابه باشد برای ارزیابی هزینه‌های آینده در حال توسعه حاضر از نرخ تنزیل (که موجب کاهش هزینه‌های آینده در ارزیابی‌های فعلی می‌شود) استفاده می‌شود.

۱- Network Level

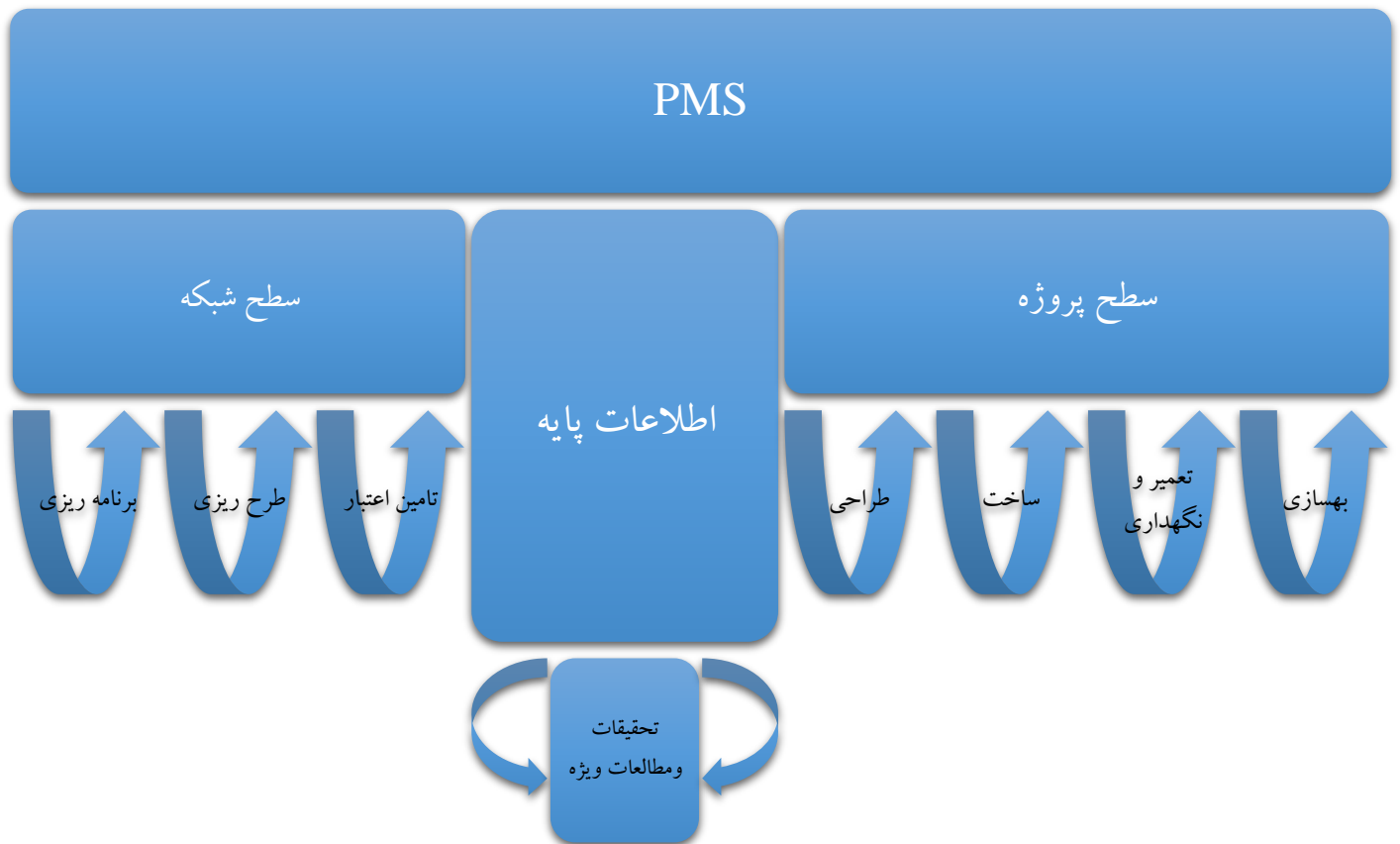
۲ - Project Level



شکل ۱-۱- سطوح بهره‌برداری اصلی مدیریت روسازی و اجرای آن [۷]

۴-۱- مشخصه‌های ضروری سیستم مدیریت روسازی

روسازی‌ها دارای ساختار پیچیده‌ای هستند که بسیاری از متغیرها نظیر ترکیبات بار، محیط، عملکرد، ساخت، نگهداری، مصالح و هزینه‌ها را شامل می‌شوند. به‌منظور راحتی ساخت و نگهداری بهتر، لازم است که فاکتورهای فنی و اقتصادی به‌خوبی شناخته شوند. روسازی‌ها، بخش‌های کم‌هزینه‌ای از ساختار زیربنایی حمل‌ونقل نیستند. در ایالت متحده آمریکا یک سرمایه‌گذاری ۳۰ بیلیون دلاری صرف احداث روسازی‌ها سیستم بزرگراه‌ها بین ایالتی شده و میلیاردها دلار دیگر نیز صرف نگهداری سالیانه و بهبود وضع آن‌ها می‌شود. به‌این ترتیب، حتی پیشرفت‌های حاشیه‌ای در فناوری‌های مدیریت روسازی و در فرآیند آن، می‌تواند صرفه‌جویی‌های بسیار بزرگی را به همراه داشته باشد. در شکل (۱-۲) اجزای اصلی سیستم مدیریت روسازی نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- ساختار اصلی سیستم مدیریت روسازی

۵-۱- فرآیند مدیریت روسازی

فرآیند سیستم مدیریت و نگهداری شامل ۵ مرحله اصلی ذیل می باشد که در

- ۱- تعریف شبکه‌ی روسازی‌ها
- ۲- اندازه گیری (ارزیابی) وضعیت روسازی
- ۳- پیش‌بینی وضعیت روسازی
- ۴- مدیریت در سطح شبکه
- ۵- مدیریت در سطح پروژه

۱-۵-۱- تعریف شبکه‌ی روسازی

اولین مرحله برای پیاده کردن سیستم مدیریت روسازی، شناسایی و تعریف شبکه یا شبکه‌های روسازی است انتخاب و مشخص نمودن یک شبکه در واقع به تصمیم گیری مدیران برای مدیریت راه‌ها بستگی دارد اطلاعات مربوط به یک شبکه در سیستم کامپیوتری در یک پایگاه داده مشخص ذخیره می شود. بعد از اینکه شبکه جاده‌ای مشخص شد برای مدیریت بهتر به اجزای کوچک تری تقسیم می شود. هر شبکه به اجزای کوچک تری به نام شاخه و هر شاخه به قسمت‌های کوچک تری به نام قطعه و به منظور بازرسی دقیق، خر قطعه به واحد نمونه بازرسی تقسیم می گردد. [۱۶]

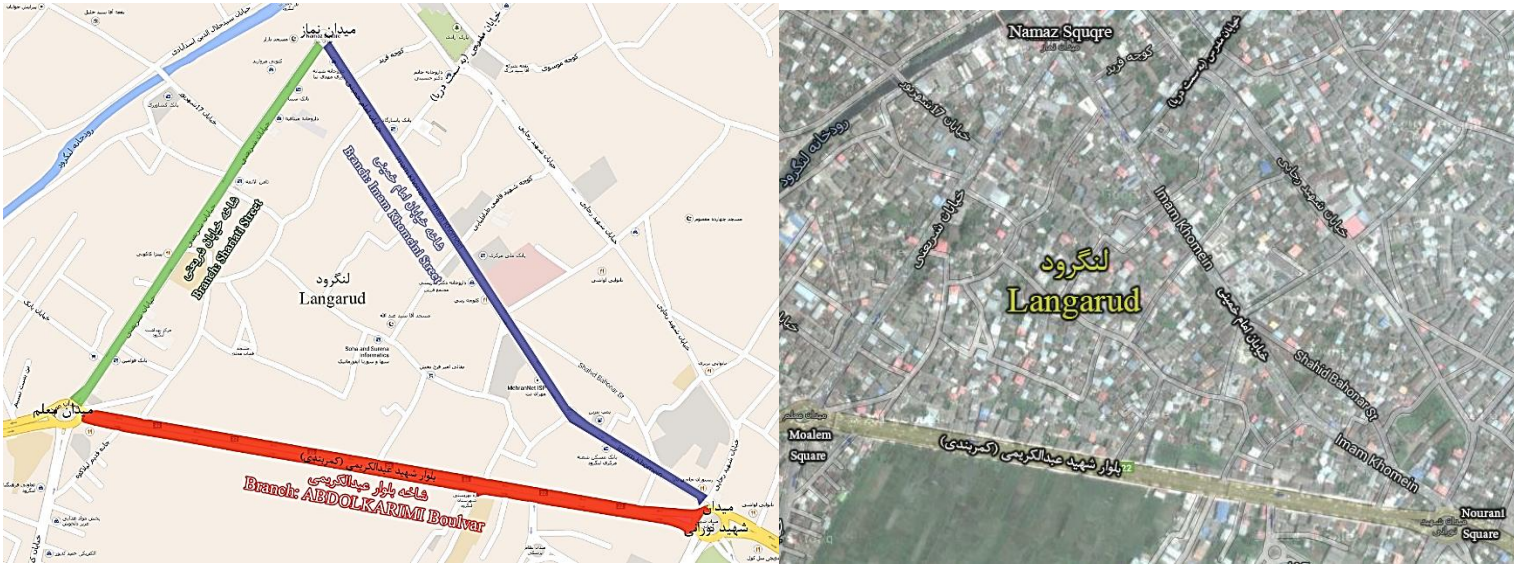
یک شاخه به قسمتی از یک شبکه اطلاق می‌شود که به سهولت قابل شناسایی باشد و دارای عملکرد مشخصی باشد، نظیر یک خیابان یا باند پرواز معین. قطعه، کوچک‌ترین واحد مدیریتی از لحاظ انتخاب و کاربرد عملیات ترمیم و نگهداری است که در واقع دستورالعمل‌های اجرای پروژه در سطح قطعه قابل انجام می‌باشند.

قطعه یک واحد عملیاتی است که از نظر مشخصات هندسی، ترافیکی، سازه راه، مصالح مصرفی، سابقه ساخت، بهره‌برداری و وضعیت عملکردی دارای شرایط یکسانی باشد.

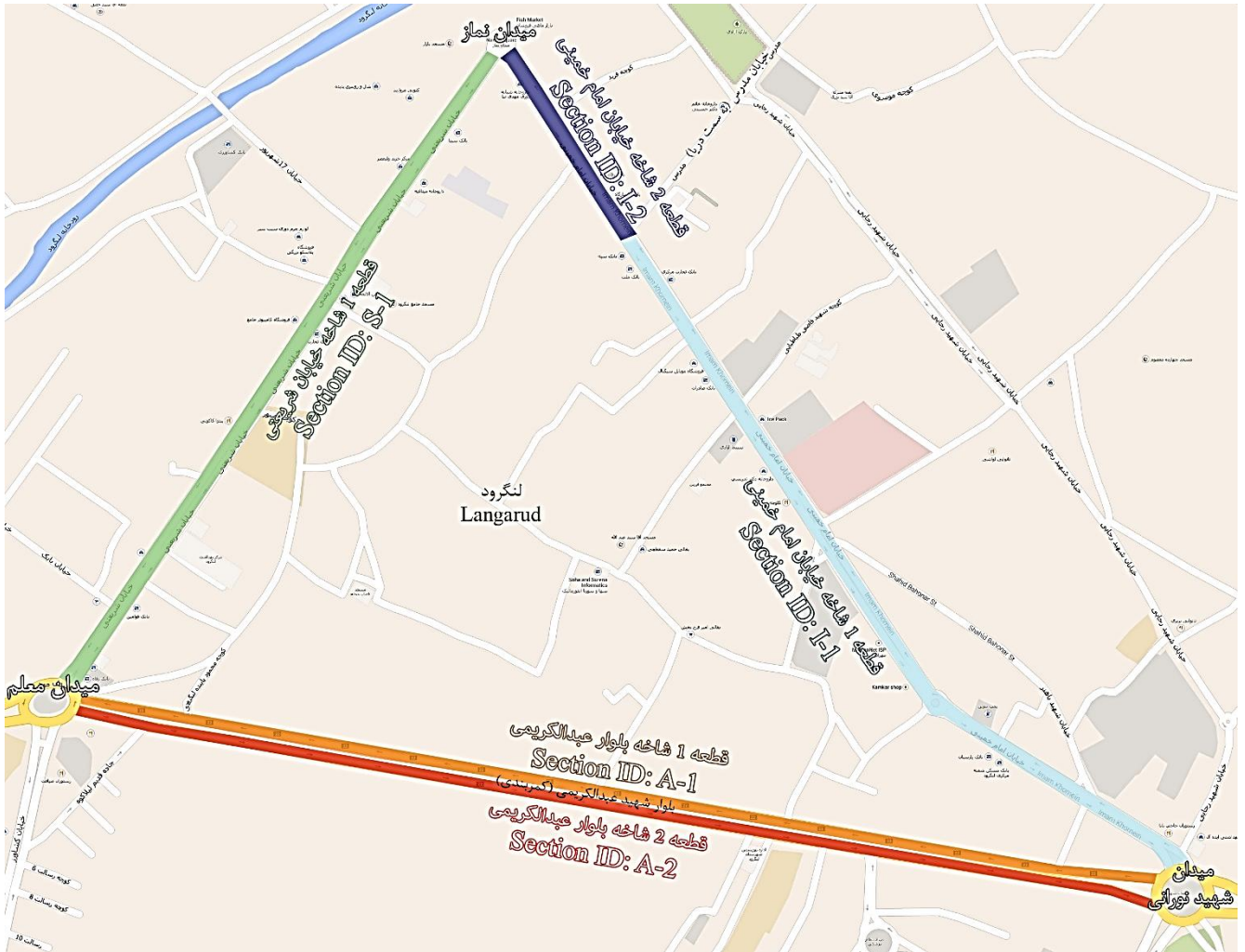
نمونه‌ای از شبکه راه شهرستان لنگرود در شکل (۱-۳) نشان داده شده است که در این شبکه، سه شاخه (سه خیابان اصلی شهرستان) به نام‌های خیابان امام خمینی، خیابان شریعتی و بلوار شهید عبدالکریمی (کمربندی) انتخاب شده‌اند. این شاخه‌ها از لحاظ ترافیکی و تاریخچه ساخت به چند قطعه تقسیم شده‌اند.

جدول ۱-۱- تقسیم‌بندی شاخه‌های انتخابی به قطعات در شبکه معابر شهرستان لنگرود

شاخه	قطعه	ایستگاه	تا ایستگاه
خیابان امام خمینی	I-1	میدان شهید نورانی	تقاطع خیابان مدرس
	I-2	تقاطع خیابان مدرس	میدان نماز
خیابان شریعتی	S-1	میدان نماز	میدان معلم
بلوار شهید عبدالکریمی (کمربندی)	A-1	میدان شهید نورانی باند رفت	میدان معلم باند رفت
	A-2	میدان شهید نورانی باند برگشت	میدان معلم باند برگشت



(الف) نمونه شبکه راه (ب) تقسیم بندی شاخه ها



(ج) تقسیم بندی شاخه به قطعات

شکل ۱-۳- نمونه شبکه معابر (استان گیلان شهرستان لنگرود)

۱-۵-۲- ارزیابی وضعیت روسازی

این مرحله به‌عنوان بخشی از سیستم مدیریت و نگهداری که در آن وضعیت عملکردی فعلی روسازی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، مطرح می‌باشد. اطلاعات مربوط به وضعیت روسازی به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شود که شامل موارد ذیل می‌باشد:

- ۱- وضعیت ناهمواری یا کیفیت رانندگی
- ۲- وضعیت سطحی یا خرابی‌های فیزیکی
- ۳- وضعیت مقاومت سازه‌ای
- ۴- وضعیت مقاومت لغزشی

۱-۲-۵-۱- شاخص‌های ارزیابی وضعیت ناهمواری روسازی

کیفیت رانندگی به‌عنوان یک شاخص برای نشان دادن چگونگی خدمت‌دهی روسازی به استفاده‌کنندگان، مورد استفاده قرار می‌گیرد و مطالعات انجام شده نشان داده است که ارزیابی ناهمواری روسازی به خوبی می‌تواند نقش این شاخص را ایفا نماید.

از جمله شاخص‌های ارزیابی مرتبط با وضعیت ناهمواری روسازی می‌توان به IRI^1 ، RQI^2 ، PI^3 و RN^4 اشاره نمود.

الف- تحلیل و اندازه‌گیری ناهمواری

ناهمواری، یک شاخص وضعیت است که بمنظور ارزیابی روسازی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. ناهمواری معیاری برای راحتی استفاده‌کننده از راه و نشانه‌ای برای ایمنی است، لیکن بخودی خود الزاماً شاخص مناسبی برای تعیین ضرورت کلی بحث ترمیم و نگهداری نیست. شاخص‌های ناهمواری ممکن است مناسب‌ترین زمان‌بندی را از لحاظ اقتصادی برای اجرای ترمیم اساسی حاصل نمایند.

اندازه‌گیری ناهمواری‌ها در سطح پروژه به منظور کنترل کیفیت در مرحله ساخت بکار می‌رود. اندازه‌گیری ناهمواری‌ها برای همه موارد تحلیل پروژه نه ضروری و نه اقتصادی است برای مثال چنانچه بخواهیم یک روسازی را بازسازی کنیم، اندازه‌گیری ناهمواری‌ها جز برای بایگانی کردن سوابق، ارزش دیگری ندارد.

طبق تعریف $ASTM(E867)^5$ ، ناهمواری تغییرات سطح روسازی نسبت به یک سطح افقی واقعی با ابعاد معین است به نحوی که این تغییرات بر خصوصیات از قبیل، دینامیک وسیله نقلیه، کیفیت سواری، بارهای دینامیکی و زهکشی اثرگذار می‌باشد. [۱۳]

۱ - International Roughness Index.

۲ - Ride Quality Index

۳ - Profile Index.

۴ - Ride Number.

۵ - Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems

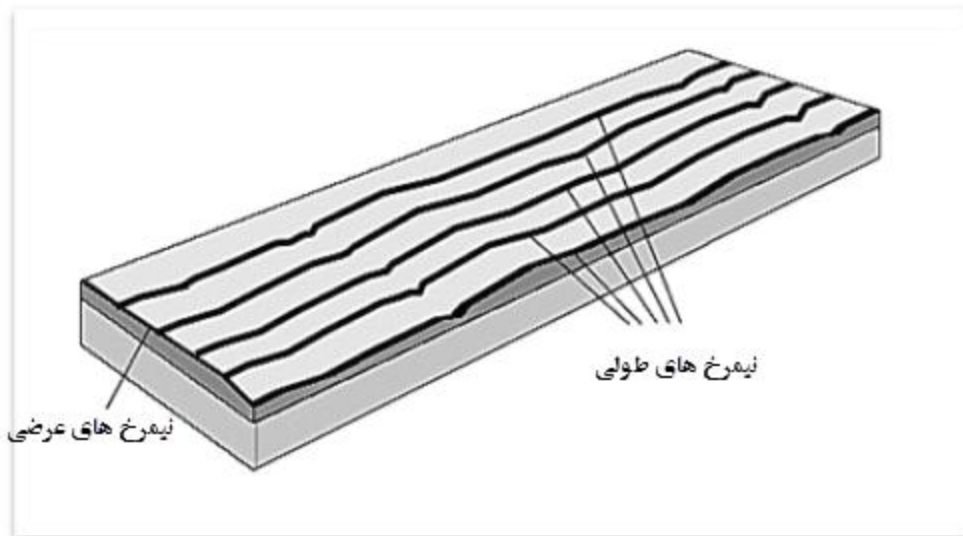
ب- روشهای سنتی اندازه گیری ناهمواری

نیمرخ سنج

یک نیمرخ سنج وسیله ای است که جهت تولید یک سری اعداد که ارتباط معنی داری با نیمرخ راه دارند مورد استفاده قرار می گیرد.

تعریف نیمرخ مسیر:

- ✓ نیمرخ یک قطعه دو بعدی از سطح راه است که در امتداد یک خط فرضی بوجود می آید.
- ✓ نیمرخ های طولی معرف شیب طراحی، ناهمواری و بافت راه می باشند.
- ✓ می توان نیمرخ های متعددی از راه را با استفاده از خطوط طولی مسیر گوناگون تولید کرد.
- ✓ برای هر خط واقع بر روی راه، یک «نیمرخ واقعی» موجود است.



شکل ۱-۴- شماتیک نیمرخ طولی مسیر

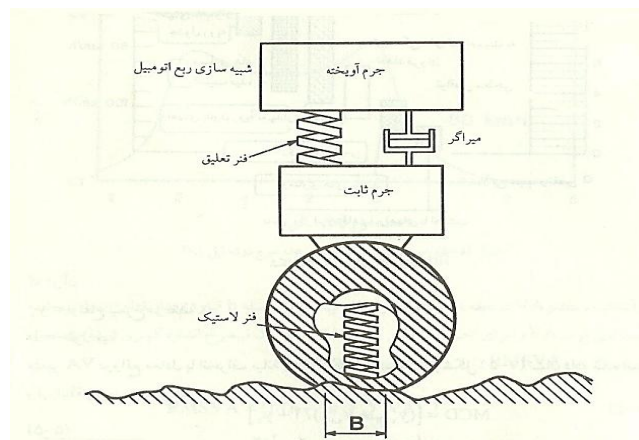
موارد استفاده یک نیمرخ

۱. به تصویر کشیدن وضعیت شبکه راه ها، برای مدیریت سیستم مدیریت روسازی (PMS)
۲. ارزیابی کیفیت قطعات تازه ساخته شده یا تعمیر شده
۳. تشخیص شرایط خاص سایت ها و تعیین راهکارهای مناسب برای آنها

ج- روش‌های جدید اندازه‌گیری ناهمواری

ج-۱- شاخص ناهمواری بین‌المللی (IRI)

شاخص ناهمواری بین‌المللی یک مدل ریاضی است که در مورد یک نیم‌رخ اندازه‌گیری شده به کار گرفته می‌شود. این مدل یک سیستم ربع اتومبیل^۱ QCS را که با سرعت ثابت معادل ۸۰ کیلومتر در ساعت حرکت می‌کند شبیه‌سازی می‌نماید. شاخص ناهمواری بین‌المللی از تقسیم جابجایی تجمعی قسمت سیستم ربع اتومبیل بر مسافت پیموده شده بدست می‌آید.



شکل ۱-۵- سیستم ربع اتومبیل

مزایای استفاده از شاخص IRI

- IRI کلی‌ترین و جامع‌ترین تعریف را از شرایط روسازی راه در خود جای داده است.
- IRI کیفیت ناهمواری که پاسخ وسیله نقلیه را تحت تأثیر قرار می‌دهد را دربر می‌گیرد و شاخصی مناسب برای اندازه‌گیری ناهمواری و منسوب نمودن آن به: هزینه‌های کلی وسیله نقلیه و کیفیت راحتی راه است.
- IRI ناهمواری نیم‌رخ را تشریح می‌کند که در تولید لرزش‌های موجود در وسیله نقلیه نقش دارد.

نکات مهمی در مورد شاخص IRI

- نتایج آمار IRI دارای واحد شیب است.
- ابعاد متعارف برای بیان معیار IRI عبارتند از: in/mi, m/km
- IRI یک قطعه کاملاً مسطح صفر و بر اساس افزایش میزان ناهمواری می‌تواند تا هر مقدار بزرگتر از صفر افزایش مقدار دهد.

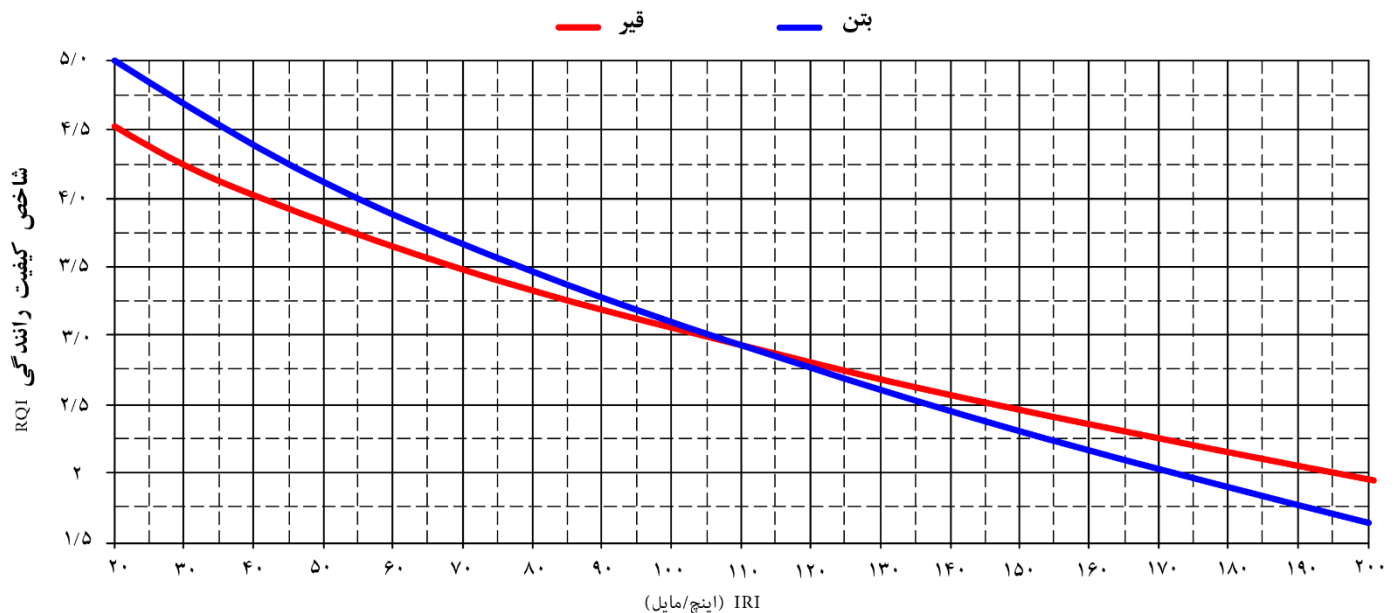
ج-۲- شاخص کیفیت رانندگی RQI

- شاخص کیفیت رانندگی روشی برای ارزیابی ناهمواری روسازی بر اساس شاخص بین‌المللی ناهمواری (IRI) می‌باشد.

- مقادیر عدد RQI بین عدد صفر تا پنج می‌باشد که هر چه این عدد بیشتر باشد در نتیجه سطح رویه راه هموارتر می‌باشد. (جدول ۲-۱)

جدول ۲-۱- درجه بندی وضعیت کیفی روسازی در روش RQI

وضعیت روسازی	نمره RQI
مطلوب	۳-۵
قابل قبول	۲/۵-۲/۹۹
غیر قابل قبول	۰-۲/۴۹



شکل ۱-۶- نمودار IRI در مقابل RQI

عدد سواری RN

- عدد سواری نتیجه تحقیقات NCHRP در سال ۱۹۸۰ می‌باشد.

- عدد سواری دارای مقیاس بین ۰ تا ۵ است.

- عدد سواری یک راه کاملاً مسطح ۵ و عدد راحتی یک راه کاملاً تخریب شده صفر است.

- عدد سواری با IRI همبسته است، لیکن به یکدیگر قابل تبدیل نیستند.

- عدد سواری به صورت تبدیل ریاضی شاخص نیمرخ طبق فرمول ذیل تعریف می‌شود

$$RN = 5e^{-160 \times PI} \quad (1-1)$$

PI: شاخص نیمرخ

۱-۲-۲-۵- شاخص‌های ارزیابی وضعیت سطحی روسازی

شاخص‌های ارزیابی وضعیت سطح روسازی برای اندازه‌گیری میزان اضمحلال سطح روسازی در نتیجه عبور ترافیک، عوامل محیطی و گذشت عمر روسازی است. این شاخص‌ها با توجه به وضعیت سطح روسازی و خرابی‌های موجود در سطح به ارزیابی وضعیت فعلی روسازی می‌پردازند. از جمله این شاخص‌ها می‌توان PCI^۱ و PSI^۲ اشاره نمود که در میان این شاخص‌ها، شاخص PCI (ارزیابی وضعیت روسازی) کاربردی‌ترین و مورد استفاده در نرم‌افزار مورد بحث در این کتاب می‌باشد.

الف- روشهای تحلیل و اندازه‌گیری خرابی سطحی

- روش‌های درجه‌بندی و ارزیابی روسازی اغلب بر پایه بازرسی چشمی سطح روسازی‌ها و تعیین خرابی‌های سطحی استوار هستند.
- شاخص‌های وضعیت سطح روسازی برای اندازه‌گیری میزان اضمحلال سطح راه در نتیجه ترافیک، عوامل محیطی و گذشت عمر روسازی می‌باشند.
- این شاخص‌ها با توجه به سطح روسازی و خرابی‌های موجود در سطح روسازی به ارزیابی روسازی می‌پردازند.
- محققین همواره به دنبال روشی هستند که بتواند وضعیت راه را بر حسب برنامه‌های از پیش تعیین شده بازرسی نماید و امور مربوط به نگهداری و مرمت را به نحو مطلوب و با توجه به مسائل اقتصادی و بودجه انجام دهد.

ب- شاخص خدمت دهی روسازی (PSI)

یکی از مطالعاتی که در آزمایش‌های بزرگ آشتو انجام شد، جستجوی روشهایی برای اندازه‌گیری ارزیابی خرابی‌های روسازیه‌ها بود. روشی که برای این منظور به کار گرفته شد ابتدا ارزیابی وضعیت روسازیه‌ها توسط استفاده کنندگان از راه و همچنین اندازه‌گیری میزان و شدت خرابیها با استفاده از روشها و وسایل مخصوص سپس مرتبط کردن نتایج حاصل از این روشهای ارزیابی با یکدیگر بود. در آزمایشهای آشتو، ارزیابی نظری وضعیت روسازیه‌ها توسط گروهی که برای این منظور تعلیم دیده بودند انجام گرفت. افراد این گروه هر یک به طور جداگانه با استفاده از خودروی با سرعت متعارف بر روی هر یک از قطعات مورد نظر حرکت کرده و سپس نظر خود را در مورد هر یک از روسازیه‌ها به صورت نمره‌های بین صفر و ۵ مشخص کردند. در این مقیاس عدد صفر معرف یک روسازی کاملاً خراب شده و غیر قابل استفاده و عدد ۵ معرف یک روسازی واقعاً عالی و بدون عیب و نقص در نظر گرفته شد [۹]. حداقل مقدار PSI قابل قبول برای راهها با طبقه‌بندی مختلف، بدین معنی است که وضعیت خدمت دهی راه از این مقدار کمتر نگردد که شامل موارد ذیل می‌باشد.

برای آزاد راهها حداقل مقدار عددی PCI، ۳ در نظر گرفته شده است و برای بزرگراهها و راههای اصلی این عدد به ۲/۵ می‌رسد. میزان حداقل این شاخص برای راه‌های فرعی درجه ۲ نیز عدد ۲ توصیه شده است. [۱۴]
نکته قابل توجه در مورد این شاخص، استفاده از آن در فرآیند طراحی به روش آشتو می‌باشد.

۱ - Pavement Condition Index.

۲ - Present Serviceability Index.

ج- شاخص وضعیت روسازی (PCI):

روش شاخص وضعیت روسازی (PCI) به منظور درجه بندی وضعیت خرابی روسازیا انجام میشود. این روش توسط گروه مهندسين ارتش ایالات متحده پیشنهاد شده است که به کار بردن آن برای روسازی فرودگاهها، جادهها و محوطهها پارکینگ مقبولیت وسیعی بدست آورده و به عنوان یک روش استاندارد توسط بسیاری از سازمانها در سرتاسر دنیا پذیرفته شده است [۵].

PCI، یک نشانه عددی است که مقدار آن از صفر برای یک روسازی غیرقابل استفاده تا ۱۰۰ برای یک روسازی کاملاً بی عیب و نقص تغییر میکند. محاسبه PCI بر اساس نتایج یک بررسی چشمی صورت میگیرد که در آن، نوع، شدت و تراکم خرابی مشخص می شود و درجه اضمحلال روسازی تابعی از این سه علت میباشد. به دلیل تعداد زیاد وضعیتهای ممکن، به دست آوردن نشانه ای که هر سه علت را بطور همزمان لحاظ نماید بسیار مشکل خواهد بود. برای غلبه بر این مشکل «ضریب کاهش» به عنوان نوعی ضریب وزنی که میزان تأثیر هر یک از ترکیبات نوع و سطح شدت خرابی و تراکم آن را بر وضعیت روسازی نشان میدهند پیشنهاد شده است. [۱۰]. انواع خرابی هایی که در روش PCI مورد ارزیابی قرار میگیرند شامل خرابی های متداول در روسازی هستند که این امر بیانگر جامعیت این روش است.

جدول ۱-۳- درجه بندی کیفی روسازی در روش PCI [۱۴]

وضعیت روسازی	نمره PCI
عالی	۸۶-۱۰۰
خیلی خوب	۷۱-۸۵
خوب	۶۵-۷۰
متوسط	۴۱-۵۵
ضعیف	۲۶-۴۰
خیلی ضعیف	۱۱-۲۵
غیر قابل استفاده	۰-۱۰

۱-۵-۲-۳- شاخص های ارزیابی مقاومت سازه ای روسازی

وظیفه سازه ای روسازی مربوط به تحمل تعداد تکرارهای بارگذاری است که قابل تحمل روسازی قبل از ایجاد سطح غیر قابل قبول سازه ای ناشی از خرابی های ترک خوردگی و تغییر شکل می تواند تحمل نماید، باشد.

از جمله شاخص های ارزیابی مرتبط با مقاومت سازه ای روسازی می توان SCI^۱ و SAI^۲ اشاره نمود.

۱-۵-۲-۴- شاخص های ارزیابی مقاومت لغزشی روسازی

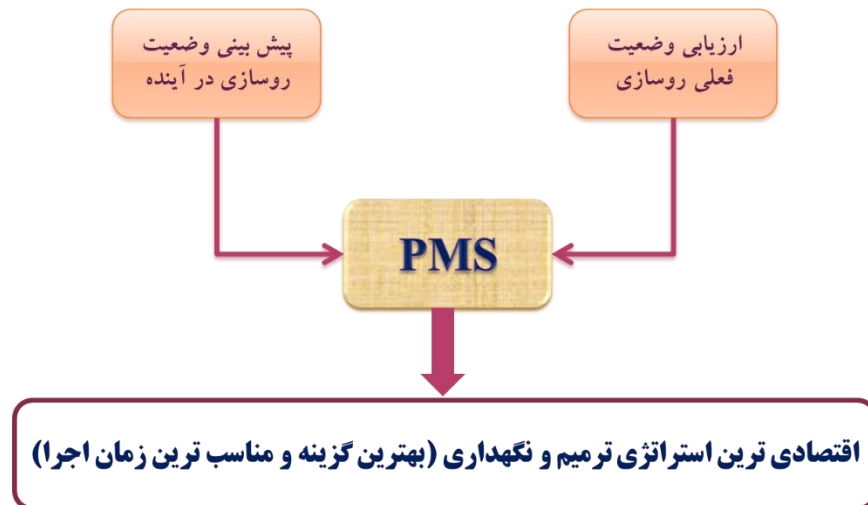
۱ - Surface Curvature Index.

۲ - Structural Adequacy Index

مهمترین عامل تأثیرگذار بر ایمنی روسازی، وضعیت مقاومت لغزشی روسازی می‌باشد که نشان‌دهنده اصطکاک بین روسازی و لاستیک وسیله نقلیه به هنگام ترمزگیری می‌باشد.

از جمله شاخص‌های ارزیابی مرتبط با وضعیت مقاومت لغزشی می‌توان IFI^1 و SRV^2 را نام برد.

در مجموع شاخص‌های مذکور به منظور ارزیابی وضعیت فعلی روسازی معابر مورد استفاده قرار می‌گیرند. از سوی دیگر به منظور اجرای یک سیستم صحیح مدیریت نگهداری راه می‌بایست امکان پیش‌بینی وضعیت آینده نیز وجود داشته باشد. تلفیق دو مورد مذکور منجر به هدف نهایی که همان ارائه بهترین گزینه تعمیر و نگهداری و بهترین زمان اجرا است می‌گردد (شکل ۱-۸)



شکل ۱-۷- هدف نهایی سیستم مدیریت روسازی

۱-۵-۳- پیش‌بینی وضعیت روسازی

از جمله قابلیت‌های یک سیستم مدیریت و نگهداری روسازی، امکان پیش‌بینی وضعیت آینده روسازی در حال خدمت بمنظور ارتقا و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در طول دوره بهره‌برداری می‌باشد. بدین منظور روش‌های مختلفی اعم از روش‌های تجربی، آماری، احتمالاتی و ... بمنظور پیش‌بینی وضعیت آینده روسازی وجود دارد.

مدل‌های پیش‌بینی وضعیت هم در سطح شبکه و هم در سطح پروژه برای تحلیل وضعیت و تعیین ضروریات ترمیم و نگهداری به کار می‌روند. در سطح شبکه از مدل‌های پیش‌بینی به منظور پیشگویی وضعیت، برنامه ریزی بودجه، زمانبندی بازرسی‌ها و برنامه ریزی کاری استفاده می‌شود.

مدل‌های پیش‌بینی در سطح پروژه برای انتخاب گزینه‌های خاص ترمیم برای مقابله با شرایط جوی و ترافیکی مورد انتظار بکار می‌روند. این مدل‌ها اطلاعات اصلی مورد نیاز را بمنظور انجام مقایسه بین گزینه‌های مختلف ترمیم و نگهداری از نظر اقتصادی در تحلیل چرخه عمر (LCC³) در اختیار قرار می‌دهد. [۱۶]

۱ - International Friction Index

۲ - Slip Resistance Value

۳ - life cycle cost

۱-۵-۴- مدیریت در سطح شبکه

۱-۵-۴-۱- مقدمه

موضوع مورد بررسی در این بخش مربوط به مدیریت در سطح شبکه است به صورتی که بوسیله مهندسین روسازی، مدیران بودجه و مسئولین عالی رتبه بیان می شود. این مسائل نوعاً در غالب سوالاتی از قبیل صورت وضعیت روسازی چیست؟ وضعیت فعلی روسازی چگونه است؟ چه مقدار پول لازم است برای آنکه بتوان روسازی را با حفظ حداقل استاندارد بهره برداری در سالهای آتی نگهداری کرد؟ در صورتیکه بودجه محدود باشد کدام روسازی را باید همه ساله نگهداری کرد و کدام سطح ترمیم و نگهداری را باید در مورد آن اعمال نمود؟ اظهار می شوند. به این سؤالات و سؤالات دیگر می توان با بکارگیری یک سیستم مدیریت روسازی (PMS) پاسخ داد. [۱۶]

۱-۵-۴-۲- صورت وضعیت روسازی و وضعیت روسازی در آخرین بازرسی

صورت وضعیت روسازی و وضعیت روسازی آخرین بازرسی می بایست هویت منطقه روسازی شده را بر حسب کاربری (مثلاً جاده یا پارکینگ)، نوع مثلاً بتن آسفالتی (AC^۱) یا بتن سیمانی (PCC^۲). طبق بندی عملکردی یا رتبه (مثلاً اصلی یا جمع کننده) سن، وضعیت در آخرین بازرسی، حوزه و سایر عوامل را در بگیرد.

۱-۵-۴-۳- پیش بینی وضعیت

از آنجائیکه نمی توان همه روسازیهها را در یک زمان واحد مورد بازرسی قرار داد، می بایستی امکان پیش بینی وضعیت هر قطعه روسازی برای زمان حال یا هر زمانی در آینده وجود داشته باشد. گزارش فراوانی PCI در سیستم PAVER™ قادر است توزیع فراوانی PCI قطعه را برای هر زمانی در آینده ارائه دهد.

۱-۵-۴-۴- پیش بینی بودجه

به منظور حفظ وضعیت روسازی در سطح حداقل استاندارد بهره برداری، لازم است برای این منظور یک بودجه ی سالیانه اختصاص داده شود. توانایی تحلیل سناریوهای گوناگون هنگام پیش بینی بودجه از اهمیت زیادی برخوردار است.

۱-۵-۵- مدیریت در سطح پروژه

۱-۵-۵-۱- مقدمه

هدف نهایی از مدیریت در سطح پروژه، انتخاب بهترین گزینه تعمیر و نگهداری به همراه جزئیات اجرایی برای هر پروژه خاص می باشد. مدیریت در این سطح، ارزیابی و شناسایی کامل وضعیت پروژه مدنظر را شامل شده که در نهایت منجر به انتخاب بهترین گزینه ترمیم و نگهداری به لحاظ علمی و اقتصادی می گردد.

۱ - Asphalt Concrete

۲ - Portland Cement Concrete

ملزومات ارزیابی و شناسایی به‌منظور مدیریت در سطح پروژه شامل موارد تاریخچه ساخت و نگهداری، تاریخچه ترافیکی، بازرسی نشانه‌ی وضعیت روسازی (PCI) در سطح پروژه، زهکشی، آزمایش‌های غیر مخرب برای تعیین افت‌وخیزها، آزمایش‌های مخرب برای تعیین افت‌وخیزها و ناهمواری و مقاومت در برابر لغزندگی که در ادامه هر یک به‌اختصار معرفی می‌گردند.

۱-۵-۵-۲- تاریخچه ساخت و نگهداری

اطلاع از تاریخچه ساخت و نگهداری یک روسازی برای پیشرفت یک پروژه از اهمیت زیادی برخوردار است. اطلاعاتی که در مورد تاریخچه ساخت و نگهداری باید جمع‌آوری شوند عبارت‌اند از:

- سازه‌ی روسازی و تاریخ اولین ساخت
 - ضخامت و زمان اجرای روکش‌های بعدی
 - تاریخچه نگهداری که شامل به‌کارگیری آسفالت حفاظتی، پر کردن ترک‌ها و درزها و وصله‌کاری می‌شود.
 - خصوصیات مصالحی که در هر فاز اجرایی بکار رفته‌اند
- داشتن اطلاعات در مورد پیشینه ساخت و نگهداری برای طراحی مناسب گزینه‌های ترمیمی و به‌دست‌آمده آوردن یک بازخورد قابل ارزیابی در مورد آنچه برای آن محل بخصوص مناسب است یا مناسب نیست، ضرورت دارد. در ادامه نمونه‌هایی از این بازخورد ارائه می‌شوند.
- ۱- یک روسازی اولین بار در سال ۱۹۴۰ ساخته می‌شود. پس از ۲۰ سال این روسازی یک روکش بتن آسفالتی دریافت می‌کند و یک سال بعد از آن روکش دوم و ۵ سال بعد روکش سوم را، واضح است که یک روکش چهارم دیگر مقرون‌به‌صرفه نیست.
 - ۲- یک اندود آب‌بندی با اسلاری که ۶ ماه قبل اجرا شده است در چندین محل برش می‌خورد. در اینجا می‌بایست یا سایر روش‌های اعمال اندود آب‌بندی با اسلاری را مورد بررسی قرارداد و یا از به‌کارگیری آن در این تسهیلات در تعمیرات آتی خودداری نمود.
 - ۳- در یک روسازی ترک‌ها و درزها هیچ‌گاه مورد نگهداری قرار نگرفته بودند. عمر این روسازی در مقایسه با سایر روسازی‌هایی که این نوع نگهداری را اعمال کرده بودند نسبتاً کوتاه بود. در نگهداری‌های آتی باید پر کردن درزها و ترک‌ها مورد توجه اساسی قرار بگیرد.

۱-۵-۵-۳- تاریخچه ترافیکی

سابقه‌ی ترافیکی هم شامل تاریخچه ترافیکی و هم ترافیک پیش‌بینی شده برای آینده می‌گردد. یک سابقه‌ی دقیق ترافیکی برای ارزیابی آسیب‌های بعدی و طراحی ترمیمی مؤثر که ترافیک آینده را نیز لحاظ نماید، امری اساسی است.

۱-۵-۵-۴- بازرسی نشانه‌ی وضعیت روسازی (PCI) در سطح پروژه

از آنجائی که از نتایج بازرسی در سطح پروژه در تحلیل تفصیلی قطعه استفاده می‌شود، PCI قطعه، همچنین نوع، شدت و میزان خرابی‌ها باید به‌طور دقیق تعیین شوند. در هر صورت از آنجائی که از میزان خرابی‌ها در تهیه نقشه‌ها و مشخصات فنی در سطوح قراردادی نیز استفاده می‌شود، انجام یک بررسی کامل ضرورت پیدا کند.

۱-۵-۵-۵- زهکشی

وضعیت انبیه‌ی زهکشی و قابلیت زهکشی کلی قطعه‌ی روسازی را باید در جریان این بررسی تفصیلی مورد مطالعه قرارداد مواردی که باید در محل کنترل شود:

- آیا مجرای تخلیه‌ی آب باران به صورتی که طراحی شده کار می‌کند؟

- آیا مجاری ورودی و آبگذرها باز می‌باشند و در تراز مناسب قرار گرفته‌اند؟
- آیا آب در سطح روسازی راکد می‌ماند؟
- آیا آبروهای جانبی در صورت مقتضی باز و عاری از آب‌های راکد می‌باشند؟ بازرس‌ها همواره می‌بایست نسبت به خرابی‌های ناشی از رطوبت که می‌توانند آسیب‌های رطوبتی را تشدید نمایند گوش‌به‌زنگ باشند.

۱-۵-۵-۶- آزمایش‌های غیر مخرب برای تعیین افت‌وخیزها

آزمایش‌های غیر مخرب (NDT^۱) برای تعیین افت‌وخیز روسازی اطلاعات باارزشی را برای تحلیل پروژه در اختیار قرار می‌دهند.

- ۱- در روسازی‌های آسفالتی
 - مدول الاستیک (ارتجاعی) هر یک از لایه‌های سازه‌ای که به‌نوبه‌ی خود در تحلیل خستگی ناشی از بارگذاری بکار می‌رود.
 - طراحی ضخامت روکش
 - تهیه نیمرخ افت‌وخیزها هم برای سطوح ترافیکی و هم برای سطوحی که تحت رفت‌وآمد قرار ندارند.
- از این نیمرخ برای تعیین سطوح گسیخته شده و یا سطوحی که دارای پتانسیل گسیختگی است استفاده می‌شود. بالاتر بودن میزان افت‌وخیزها در سطوحی که تحت رفت‌وآمد قرار دارند نسبت به سطوحی که تحت آمدوشد قرار ندارند، نشان‌دهنده عدم کفایت سازه‌ای باوجود پتانسیل گسیختگی می‌باشد، با این فرض که روسازی در هر دو مورد دارای تاریخچه‌ی ساخت یکسانی باشد.

۲- در روسازی‌های بتنی

- بررسی انتقال نیرو از وسط درزها

- شناسایی حفره‌ها

- مدول الاستیک بتن و مدول عکس‌العمل بستر که (همراه با انتقال نیرو) برای تعیین تنش‌های بحرانی و انجام تحلیل خستگی بکار می‌روند.

- طراحی ضخامت روکش

۱-۵-۵-۷- آزمایش‌های مخرب برای تعیین افت‌وخیزها

آزمایش‌های مخرب را می‌توان یا به‌منظور تکمیل نتایج حاصل از NDT و یا تهیه‌ی اطلاعات موردنیاز بصورت مستقل بدون انجام NDT انجام داد. باوجود سطح بالای فناوری امروزی برای تحلیل روسازی مطلوب، دقیق‌ترین نتایج تنها به کمک ترکیبی از آزمایش‌های مخرب و غیر مخرب به دست می‌آیند.

آزمایش‌های مخرب زیر را می‌توان برای تکمیل نتایج آزمایش‌های غیر مخرب بکار برد:

۱- مغزه‌گیری برای تعیین دقیق ضخامت لایه‌ها

۲- طبقه‌بندی متحد خاک بستر در تعدادی از محل‌های مشخص

۳- طبقه‌بندی مصالح اساس و زیراساس و وضعیت آن‌ها در تعدادی از محل‌های مشخص به‌صورت چشمی

۴- در مورد روسازی‌های آسفالتی: آزمایش استقامت مارشال بر روی تعدادی از نمونه‌های بتن آسفالتی و نیز آزمایش‌های نفوذ و کند روانی (و یا نقطه نرمی) بر روی قیر به‌دست‌آمده از آسفالت. به‌منظور تعیین صحت و سقم محاسبات معکوس بهتر است بر اساس نتایج NDT تعدادی آزمایش مدول برجهنگی (ارتجاعی) بر روی نمونه‌های آسفالتی نیز صورت پذیرد.

۵- در مورد روسازی‌های بتنی: آزمایش مقاومت کششی غیرمستقیم با مقاومت فشاری بر روی تعدادی نمونه‌ی مشخص.

چنانچه هیچ‌گونه آزمایش غیر مخربی انجام نشود آزمایش‌های مخرب زیر توصیه می‌شود:

۱- CBR^۱ صحرایی

۲- نفوذسنج مکانیکی مخروطی (DCP)

۳- مدول بستر صراحی