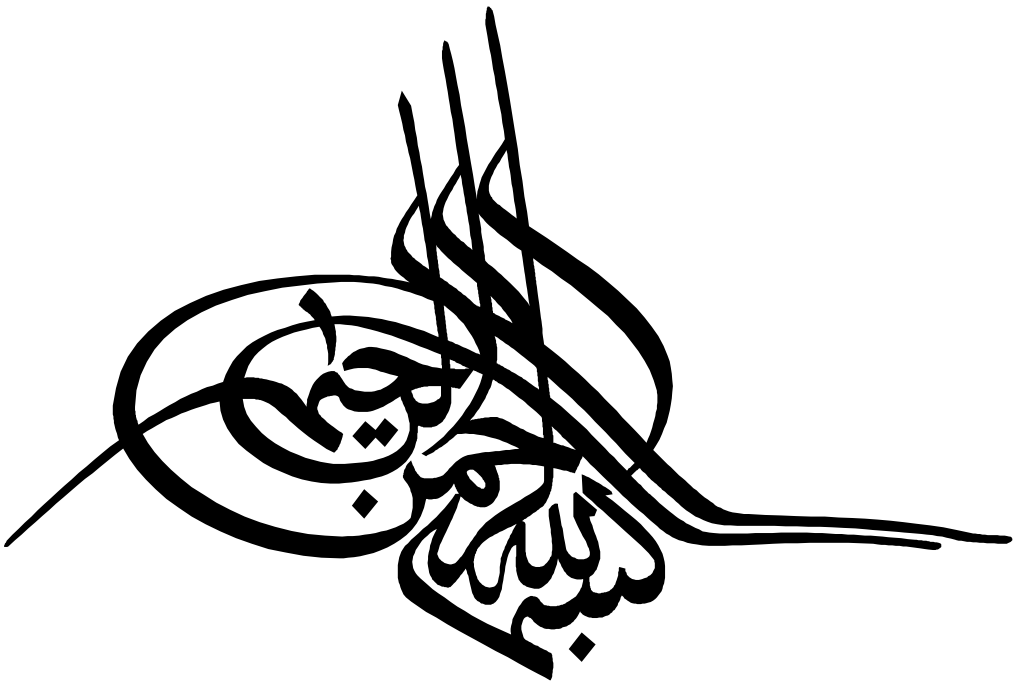

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
پژوهشکده حمل‌ونقل

آشنایی با مفاهیم سیستم مدیریت روسازی

این مجموعه ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان:

Introduction to The Concepts of Pavement Management System

توجه: هدف از تهيه اين‌گونه مجموعه‌ها، طرح موضـوعات تخصصـي در قالـب انتقـال فناوري از طريق نشر منابع تخصصي معتبر مي‌باشد. لذا به كليه بهـره‌بـرداران توصـيه مي‌گردد جهت كاربرد اعداد و استانداردهاي مورد اشاره به اصل منابع مراجعه نماينـد. بديهي است ناشر هيچ گونه مسؤوليتي در خصوص پيامدهاي سوء ناشي از عدم توجـه به توصيه فوق را متقبل نخواهد شد.

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

هاس، رالف Haas,Ralph C.G.
آشنایی با مفاهیم سیستم مدیریت روسازی = Introduction to the concepts of pavement management system/ تهیه و تالیف رالف هاس، رونالد هادسن؛ ترجمه و ویرایش فنی محمد عامری، بابک گلچین.-- تهران: وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل‌ونقل،۱۳۸۳.
۸۹ص.: جدول ونمودار.
شابک: ۲-۲۰-۶۲۹۹-۹۶٤ ISBN: 964-6299-20-2
عنوان اصلی: Pavement management system
فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.
کتابنامه: ص. ۸۹.
۱. روسازی-- طرح و ساختمان-- مدیریت. ۲. روسازی-- نگهداری و تعمیر-- مدیریت. الف. هادسن، رونالد، ۱۹۳۳- م، Hudson , W.Ronald. ب. عامری، محمود، ۱۳۳۲- ، مترجم. ج. گلچین، بابک، مترجم. د. ایران. وزارت راه و ترابری. پژوهشکده حمل‌ونقل.ه. عنوان.
TE ۲۵۱ /۵آ۲ه ۶۲۵/۸
۱۳۸۳
کتابخانه ملی ایران ۷۶۶ - ۸٤م

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
دفتر مطالعات فناوری و ایمنی- گروه ترجمه و تهیه گزارش‌های تخصصی

عنوان گزارش	: **آشنایی با مفاهیم سیستم مدیریت روسازی**
تهیه و تألیف	: **R. Haas and W. Ronald Hudson**
	Robert E. Krieger Publishing Company
ترجمه و ویرایش فنی	: **دکتر محمود عامری- مهندس بابک گلچین**
ویرایش ادبی	: **عصمت شیخ‌الاسلامی**
ناشر	: **معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری**
لیتوگرافی چاپ و صحافی	: **مرکز چاپ و انتشارات مؤسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی**
نوبت چاپ	: **اول**
تاریخ انتشار	: **بهار ۸٤**
کد انتشار	: **83/RRRM/147**
شابک	: **۹٦٤-٦۲۹۹-۲۰-۲**
شمارگان	: **۱۰۰۰نسخه**
قیمت	: **۸۰۰۰ ریال**
نشانی	: **میدان آرژانتین- ابتدای بزرگراه آفریقا- اراضی عباس‌آباد- ساختمان شهید دادمان-وزارت راه و ترابری- طبقه سیزدهم شمالی- واحد اطلاع‌رسانی و نشر پژوهش‌ها تلفکس : ۸۲۲۴۴۱۶۴**
	web:www.rahiran.ir

* کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است*

وزارت راه و ترابری به عنوان متولی اصلی صنعت حمل‌ونقل کشور، نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینهٔ طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزاء سیستم حمل‌ونقل می‌باشد. از اینرو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز بطور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. معاونت آموزش،تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری درصدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخشهای مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی ـ کاربردی در زمینهٔ مسائل فنی حمل‌ونقل و همچنین استفاده از آخرین دستاوردها و انجام مبادلات علمی با مجامع و سازمانهای علمی و تخصصی ذیربط، به رفع این نیازها بپردازد. در همین راستا این معاونت برآن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارش‌های تخصصی، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخشهای مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد. گزارش حاضر تلاشی در راستای نیل به این هدف می‌باشد. امید است که با تلاشهای صورت گرفته در دفترمطالعات فناوری و ایمنی همکاری افرادی که در تهیهٔ این گزارش ما را یاری رساندند، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود.

محمد جعفر اکرام جعفری

معاون آموزش،تحقیقات و فناوری

آشنایی با مفاهیم سیستم مدیریت روسازی

عنوان **صفحه**

۱- مقدمه **۱**

۲- ماهیت و کاربرد روش سیستماتیک **۲**

۲-۱- ماهیت روش سیستماتیک ۲

۲-۲- ساختار روش سیستماتیک ۲

۲-۳- مفاهیم بعضی واژه‌ها ۴

۲-۴- نکاتی در مورد کاربرد روش سیستماتیک ۴

۲-۵- ابزارهای تحلیل ۴

۳- اجزای اصلی سیستم مدیریت روسازی **۷**

۳-۱- تعریف سیستم و ساختار آن ۷

۳-۲- زیرسیستم‌های کلی ۷

۴- برنامه‌ریزی در مورد سرمایه‌گذاری‌های مربوط به بخش روسازی **۹**

۴-۱- مقدمه ۹

۴-۲- روش انتخاب پروژه‌ها ۹

۴-۳- نکاتی در مورد مسایل اقتصادی، سود و هزینه حاصل از سرمایه‌گذاری در بخش روسازی ۱۱

۴-۴- روش‌های موجود در زمینه برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری برای بزرگراهها ۱۲

۴-۴-۱- روش ماکزیمم نمودن منافع ۱۲

۴-۴-۲- روش مینیمم نمودن هزینه ۱۲

۵- طراحی روسازی **۱۳**

۵-۱- مقدمه ۱۳

عنوان **صفحه**

۵-۲- مروری بر روش‌های مختلف طراحی گذشته ۱۳

۵-۳- چارچوب طراحی روسازی ۱۵
۵-۳-۱- اطلاعات و داده‌های مورد نیاز ۱۵
۵-۳-۲- ارایه استراتژی‌های مختلف طراحی ۱۷
۵-۳-۳- تحلیل، ارزیابی اقتصادی و بهینه‌سازی ۱۸
۶- ساخت ۱۹
۶-۱- مقدمه ۱۹
۶-۲- مدیریت ساخت روسازی ۱۹
۶-۲-۱- سطوح مدیریت ساخت ۲۰
۶-۲-۲- سطوح مدیریت مرکزی ۲۰
۶-۲-۳- سطوح مدیریت صحرایی ۲۱
۶-۳- ساخت روسازی و مسایل محیط زیست ۲۱
۷- ترمیم و نگهداری ۲۳
۷-۱- مقدمه ۲۳
۷-۲- ترمیم در سیستم مدیریت روسازی ۲۳
۷-۳- سیستم مدیریت نگهداری ۲۴
۷-۴- سطوح مدیریت نگهداری ۲۵
۷-۵- سیاست‌های تعمیر و نگهداری ۲۶
۷-۵-۱- سرمایه موجود ۲۷
۷-۵-۲- سابقه تاریخی ۲۷
۷-۵-۳- نکات سیاسی و سازمانی ۲۷
۷-۶- تحلیل دوره‌های ترمیم ۲۹
۷-۷- نقش تحولات سیاسی ۲۹
۷-۸- هزینه‌ها و اقتصاد ۲۹
۸- ارزیابی روسازی ۳۰
۸-۱- اهداف ارزیابی روسازی ۳۰

عنوان **صفحه**

۸-۲- ارزیابی روسازی به عنوان بخشی از مدیریت روسازی ۳۰
۸-۳- استفاده از اطلاعات حاصل از ارزیابی ۳۴

۸-۴- رابطه ارزیابی کاربران با ارزیابی‌های مهندسی ۳۴
۹- سیستم‌های بازخورد اطلاعات ۳۵
۹-۱- مقدمه ۳۵
۹-۲- استفاده‌کنندگان از سیستم داده‌ها ۳۶
۹-۳- مؤلفه‌های لازم برای سیستم داده‌های روسازی ۳۶
۹-۴- گامهای اساسی در توسعه و پیاده‌سازی سیستم داده‌های روسازی ۳۹
۹-۵- فایل‌های ورودی و داده‌های ورودی ۳۹
۹-۵-۱- فایل داده‌ها ۴۱
۹-۶- مدیریت داده‌ها ۴۲
۹-۷- داده‌های خروجی ۴۲
۱۰- مدیریت تحقیقات روسازی ۴۴
۱۰-۱- شناسایی نیازهای تحقیقاتی ۴۴
۱۰-۲- پارامترهای سیستم ۴۴
۱۰-۳- تعیین اولویت‌ها ۴۶
۱۰-۴- پیاده‌سازی و به‌کارگیری نتایج تحقیقات ۴۶
۱۱- پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی ۴۷
۱۱-۱- مقدمه ۴۷
۱۱-۲- مهم‌ترین و اصلی‌ترین گام در پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی ۴۷
۱۱-۲-۱- تصمیم در مورد پیاده‌سازی ۴۸
۱۱-۲-۲- تشکیل گروه کاری ۴۸
۱۱-۲-۳- طبقه‌بندی و ارایه فهرستی از فعالیت‌های سیستم روسازی موجود ۴۹
۱۱-۲-۴- شناسایی نقاط ضعف ۴۹
۱۱-۲-۵- ارایه پیشنهادهای دقیق و زمان‌بندی انجام آنها ۴۹
۱۱-۲-۶- روش‌های انتخاب برنامه کاری ۴۹
۱۱-۲-۷- پیاده‌سازی، کنترل دوره‌ای و بهبود دوره‌ای سیستم ۵۰

عنوان **صفحه**

۱۲- مسایل پیش رو در آینده ۵۱
۱۲-۱- مقدمه ۵۱

۱۲-۲- مسایل مربوط به انرژی ۵۱
۱۲-۳- مصالح ۵۱
۱۲-۴- تغییرات مربوط به بارگذاری ۵۲
۱۳- ارزیابی ایمنی روسازی ۵۴
۱۳-۱- موارد مورد بررسی در ایمنی ۵۴
۱۳-۲- ارزیابی مقاومت لغزشی ۵۴
۱۳-۲-۱- مفاهیم و مقادیر اندازه‌گیری ۵۴
۱۳-۲-۲- ارتباط اندازه‌گیری‌های مختلف مقاومت لغزشی ۵۵
۱۳-۲-۳- تغییرات مقاومت لغزشی با زمان ترافیک و آب‌وهوا ۵۵
۱۳-۳- شیارافتادگی ۵۶
۱۳-۴- رنگ، انعکاس نور و از بین رفتن خطوط خط‌کشی ۵۶
١٤- مشخصات داده‌های ورودی برای طراحی ۵۷
۱۴-۱- مقدمه ۵۷
۱۴-۲- بارهای ترافیکی ۵۷
۱۴-۳- مشخصات داده‌های ورودی محیطی ۵۷
۱۴-۴- مشخصات داده‌های ورودی مربوط به مصالح ۵۸
۱۴-۴-۱- معیارهای اساسی در تعیین مشخصات مصالح ۵۹
۱۴-۴-۲- روش‌های تعیین مشخصات مصالح ۶۰
۱۴-۴-۲-۱- آزمایش CBR ۶۱
۱۴-۴-۲-۲- آزمایش صفحه ۶۱
۱۴-۴-۲-۳- سیستم داینافلکت ۶۲
۱۴-۴-۲-۴- آزمایش ارتعاش غیرمخرب ۶۲
۱۴-۴-۲-۵- تیر بنکلمن ۶۲
۱۴-۴-۲-۶- تست‌های آزمایشگاهی (مشخصات الاستیک مصالح) ۶۲
۱۴-۵- اثرات تغییرات ۶۴

عنوان **صفحه**

۱۴-۵-۱ کاربرد روش احتمالی ۶۵
۱۴-۵-۲- قابلیت اطمینان مورد نیاز ۶۵

۱۵- اهداف و محدودیت‌های طراحی **٦٧**
۱۵-۱- مقدمه ۶۷
۱۵-۲- اهداف روسازی ۶۷
۱۵-۳- اهداف طراحی ۶۸
۱۵-۴- محدودیت‌های طراحی ۶۹
۱۶- ارایه استراتژی‌های مختلف در طراحی روسازی **۷۰**
۱۶-۱- مقدمه ۷۰
۱۶-۲- گزینه‌های ساخت ۷۲
۱۶-۳- گزینه‌های نگهداری ۷۲
۱۶-۴- گزینه‌های روکش و سیل‌کت ۷۳
۱۶-۵- گزینه‌های ارزیابی ۷۳
۱۶-۶- استفاده از کامپیوتر برای ارایه استراتژی‌های مختلف ۷۳
۱۷- تحلیل استراتژی‌های مختلف طراحی (پیش‌بینی خرابی) **۷۴**
۱۷-۱- مقدمه ۷۴
۱۷-۲- پیش‌بینی خستگی ۷۵
۱۷-۳- تغییرشکل دایمی ۷۷
۱۷-۴- ترک ناشی از خزش در درجه حرارت کم ۷۷
۱۸- انتخاب استراتژی طراحی **۷۸**
۱۸-۱- نقش تصمیم‌گیر ۷۸
۱۸-۲- سطوح و انواع تصمیم‌گیری‌ها در طراحی ۷۸
۱۸-۳- انتخاب استراتژی بهینه ۷۸
۱۹- منابع ۸۰

۱- مقدمه

عملکرد یک روسازی فقط تابعی از روش طراحی نیست، بلکه موفقیت هر طرحی بستگی به مراحل ساخت، نگهداری و ترمیم‌های بعدی آن دارد. مطالعات نشان می‌دهند که روسازی‌ها معمولاً برای مدت ۲۰ سال طراحی می‌شوند، در حالی که در عمل دوره بهره‌برداری از روسازی‌ها به مدت ۱۰ الی ۱۲ سال محدود می‌شود و بعد از این دوره بدون ترمیم جدی قابلیت سرویس‌دهی ندارند. چنین روسازی‌هایی بعداز دوره بهره‌برداری یک یا چند بار روکش می‌شوند تا به مدت ۲۰ الی ۲۵ سال قابل‌استفاده باشند. با توجه به این مطلب، ادارات راه غالباً به این نتیجه رسیده‌اند که بایستی بین مراحل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری و ترمیم، هماهنگی ایجاد شود. به عبارت دیگر، این ادارات نیاز شدیدی به مدیریت روسازی پیدا کرده‌اند.

پس از پیشرفت‌هایی که در سال ۱۹۶۷ و ۱۹۶۸ در مورد مفاهیم اساسی سیستم‌های روسازی ایجاد شد، معلوم گردید که این مفاهیم نه تنها باید در بخش طراحی استفاده شود، بلکه در کل مراحل احداث روسازی (از مراحل طراحی، ساخت و نگهداری) باید مورد استفاده قرار گیرند. این مسأله برای اولین بار در سال ۱۹۷۰، در کنفرانس طراحی سازه‌ای روسازی‌های آسفالتی که در ایالت Texas توسط FHWA و دانشگاهها برگزار شد، مطرح گردید. در قطعنامه این کنفرانس عزم بر آن شد که مفهوم فناوری سیستم‌های روسازی با مفهوم سیستم‌های مدیریت روسازی جایگزین شود به طوری که سیستم جدید مدیریت روسازی به نحو مؤثری از فناوری روسازی استفاده کند.

در سال‌های اخیر در کشور ما نیز مفاهیم سیستم مدیریت روسازی در محافل علمی و اداری مطرح شده است. مهم‌ترین کار صورت گرفته در این زمینه ترجمه کتاب مدیریت روسازی راهها و فرودگاهها و محوطه‌های پارکینگ توسط دکتر عامری و دکتر افتخارزاده می‌باشد[۱]. کتاب مذکور حاوی پیشرفته‌ترین مطالب در زمینه مدیریت روسازی می‌باشد. با این حال، بررسی کتابهایی که در این زمینه منتشر شده‌اند و به صورت بنیادی به مفاهیم مدیریت روسازی توجه کرده‌اند از اهمیت خاصی برخوردار است. نمونه‌ای از این کتابها، کتابی است که توسط هاس و همکاران تحت عنوان سیستم مدیریت روسازی منتشر شده است. در این کتاب سعی شده است مفاهیم بنیادی سیستم مدیریت روسازی به گونه‌ای توضیح داده شود که زمینه‌های لازم برای پیشرفت این علم در آینده فراهم شود [۲]. با توجه به اینکه در کشور ما گام‌های اولیه در این زمینه برداشته شده است، از این رو ترجمه و تلخیص کتاب مذکور می‌تواند مفید باشد.

این کتاب شامل نوزده فصل است. فصل اول تحت عنوان مقدمه (همین فصل) پس از ارایه توضیحی در مورد سیستم مدیریت روسازی، به معرفی فصل‌های مختلف کتاب می‌پردازد. در فصل دوم ماهیت و کاربرد روش سیستماتیک توضیح داده می‌شود. .فصل سوم مؤلفه‌های سیستم مدیریت روسازی را معرفی می‌نماید. فصل‌های چهارم تا دهم به معرفی اجزای سیستم مدیریت روسازی (برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری و ترمیم، ارزیابی، سیستم بازخورد اطلاعات و تحقیقات) می‌پردازند. در فصل یازده، پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی توضیح داده می‌شود. در فصل دوازده مسایل پیش رو در آینده بحث می‌شود. در ادامه به عنوان بحث‌های تکمیلی در فصل سیزده، بحث ارزیابی ایمنی و در فصل‌های چهارده تا هیجده اجزای فاز طراحی مطرح و توضیح داده می‌شوند و در فصل نوزده منابع مورد استفاده ارایه می‌گردد.

۲- ماهیت و کاربرد روش سیستماتیک

۲-۱- ماهیت روش سیستماتیک

روش سیستماتیک از یک قالب علمی تشکیل شده است که می‌تواند برای برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای کامل یک سیستم جدید به کار گرفته شود و یا اینکه می‌تواند بر روی سیستم موجود، یک قالب علمی ایجاد کرده و از عملکرد آن الگو گیرد. این روش یک فرایند کامل حل مسأله می‌باشد که چارچوب مشخصات آن در دهه‌های گذشته با استفاده از مشاهدات تعداد زیادی از پروژه‌هایی که به صورت سیستماتیک اجرا شده‌اند، به دست آمده است [۳].

این روش به دو گونه مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱- مشخص نمودن چارچوب و یا ساختار مسأله

۲- استفاده از ابزارهای تحلیلی برای مدل‌سازی واقعی مسأله و حل آن

بندهای فوق لازم و ملزوم یکدیگر بوده و استفاده از یک بند بدون بند دیگر کافی نیست. پاسخ‌های مفید برای یک سیستم زمانی به دست می‌آید که چارچوب مسأله مطابق سیستم موجود تنظیم شود. بنابراین اگر سیستم درست تعریف نشود، پاسخ‌های نامناسب به دست خواهد آمد.

۲-۲- ساختار روش سیستماتیک

چارچوب مسأله بایستی به گونه‌ای باشد که کلیه عوامل مؤثر و کلیدی، اقتصادی اجتماعی و سیاسی را با هم ترکیب نماید. علاوه بر آن باید از یک شبیه‌سازی منطقی برای پیشرفت فعالیت‌ها برخوردار باشد. نمودار(۲-۱) مراحل اصلی و اجزای چنین سیستمی را نشان می‌دهد. این شکل می‌تواند برای کلیه رشته‌های مهندسی به کار گرفته شود.

شناسایی یک مشکل با استفاده از کمبودها و یا نیازهای موجود در محیط پیرامون به دست می‌آید. بعد از شناسایی مشکل نوبت به تعریف مسأله می‌رسد. در این مرحله بایستی مسأله و مشکل مربوطه به صورت کامل تعریف شوند. این مرحله زمینه را برای ارایه راه‌حل‌های مختلف آماده می‌سازد. سپس این راه‌حل‌ها مورد تحلیل قرار می‌گیرند تا خروجی‌ها و نتایج احتمالی مسأله پیش‌بینی گردند، سپس بهترین راه‌حل انتخاب می‌شود تا به مرحله اجرا درآید. در مرحلهٔ اجرا عملکردها به صورت مرحله‌ای بر حسب زمان (پریودیک) برای کنترل سیستم و یا ارایه راه‌حل‌های بهتر اندازه‌گیری می‌شوند تا در بخش بازخورد ثبت گردند.

از مراحل فوق در حل یک مسأله کلی و یا اجزای آن می‌توان استفاده کرد. همچنین مراحل فوق در سه سطح مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارتند از:

- **رویکرد سیستماتیک**

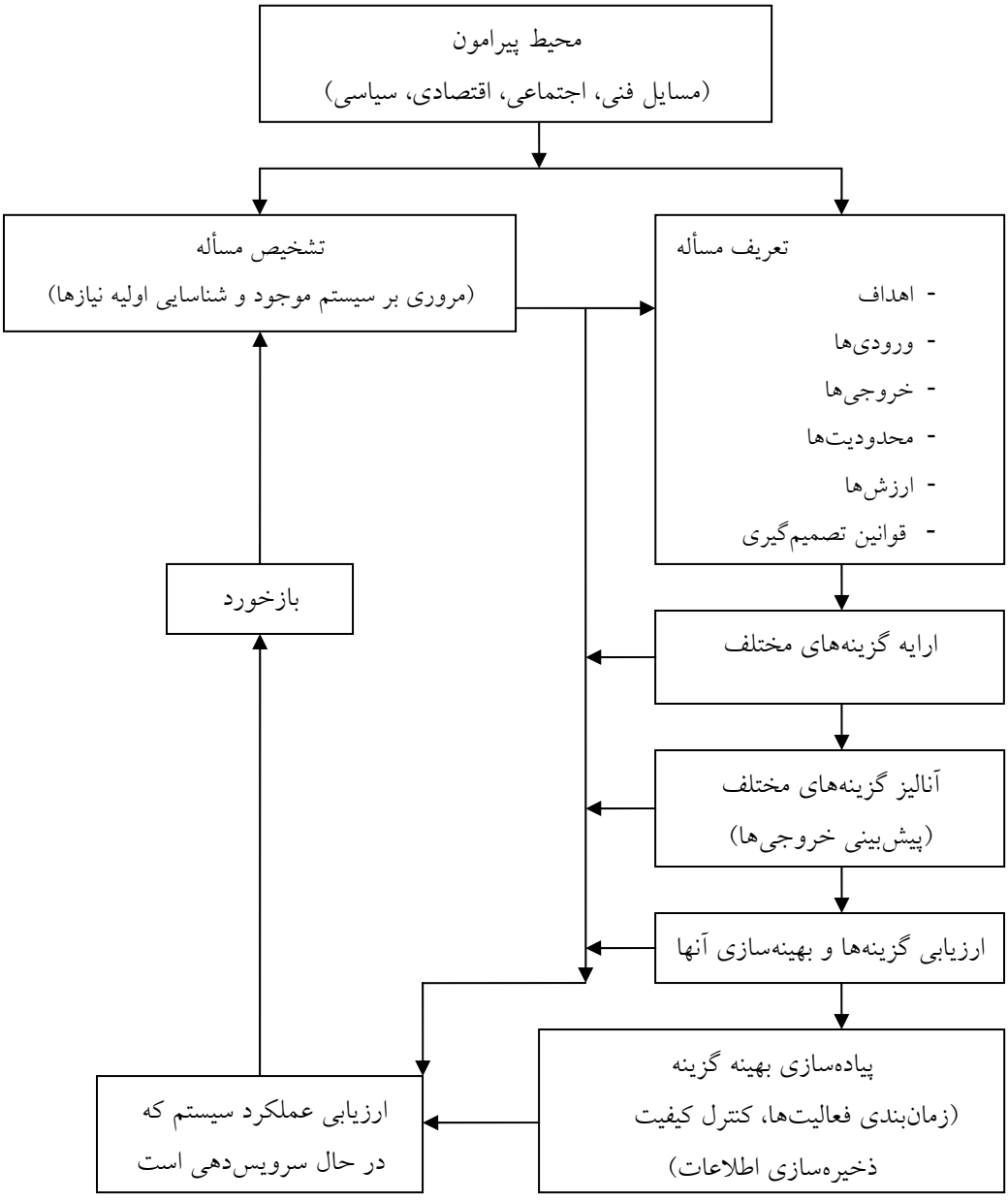
در این سطح به مسأله به صورت کلی نگریسته می‌شود، به طوری که فقط مشکلات شناسایی شده و تعریف مسأله به صورت مقدماتی صورت گرفته و یک راه‌حل کلی یا سرانگشتی بر اساس تجربه ارایه می‌گردد.

- **آنالیز سیستماتیک**

شامل بسط و گسترش روش اول می‌باشد، به طوری که گزینه‌ها به صورت عمیق‌تر مورد توجه قرار می‌گیرند. در این بخش استفاده از یک روش تحلیل و یا روش بهینه‌سازی برای انتخاب گزینه‌ها بسیار مهم است.

- **مهندسی سیستم‌ها**

این روش اوج تحول روش سیستماتیک است که در آن به مراحل طراحی، اجرا و ارزیابی عملکرد مطابق نمودار (۲-۱) عمیقاً توجه می‌شود.



نمودار (۲-۱) اجزای اصلی و فازهای اساسی روش سیستماتیک

۲-۳- مفاهیم بعضی واژه‌ها

داده‌های ورودی، ضرایب و یا عواملی هستند که سیستم به آنها نیاز دارد. این داده‌ها بـه همـراه محـدودیت‌هـای تعریف شده، معمولاً توسط حل‌کنندهٔ مسأله جمع‌آوری می‌شود، در حالی که اهداف به وسیلهٔ حل‌کننده مسأله تعریـف و توسعه داده می‌شود. خروجی‌ها نیز بایستی به عنوان قسمتی از تعریف مسـأله مشـخص شـوند (خروجـی‌هـا از تحلیـل گزینه‌ها حاصل می‌شوند). در ادامه، همچنین بایستی به این سؤالات پاسخ داده شود که چه مقدار و یا ارزشی را می‌توان جایگزین داده‌های خروجی نمود (به عبارت دیگر ارزش هر داده چه مقدار می‌باشد) و از چه روش‌هایی می‌تـوان بـرای اولویت‌بندی استفاده نمود و از چه روش‌های تصمیم‌گیری می‌توان در یافتن بهترین راه‌حل استفاده کرد؟

شناسایی و تشخیص اجزای سیستمی که مورد مطالعه است، از مهمترین قسمت‌های حل مسأله می‌باشد. در غیـر این صورت در انتخاب داده‌های ورودی، اهداف، محدودیت‌ها و... سردرگمی ایجاد خواهد شد. به عنوان مثـال مفهـوم عبارت مدیریت روسازی، کاملا واضح نیست زیرا معلوم نیست آیا منظور سازهٔ روسازی است یا اینکه روش طراحی آن است و یا سیاست‌های نگهداری و ساخت مد نظر است و یا اینکه ترکیبی از موارد فوق مورد نظر می‌باشد.

۲-۴- نکاتی در مورد کاربرد روش سیستماتیک

- در بعضی موارد مشکلات موجود درست تشخیص داده می‌شود ولی مسأله به صورت کامـل و کـافی تعریـف نمی‌گردد. در نتیجه در حل یک مسأله اشتباه پیش می‌آید. بنابراین می‌توان گفت که دقت اولیه در تعریف مسأله از اهمیت زیادی برخوردار است.
- اجزای یک سیستم بایستی به صورت واضح و آشکار شناسایی شوند. به عنوان مثـال هنگـامی کـه از اصـطلاح سیستم پارکینگ استفاده می‌شود، ممکن است معانی مختلفی تداعی شود. در این حالـت شـاید منظـور اجـزای فیزیکی محوطه پارکینگ شامل درها، روسازی و سنگ‌چینی‌ها و ... باشد و یا شاید منظور ارایه روشـی بـرای بهره‌برداری از امکانات موجود در پارکینگ باشد. همچنین ممکن است منظور ترکیبی از دو عامـل فـوق باشـد. بنابراین بدون تعریف واضح، بین اهداف، محدودیت‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌ها، ناسازگاری ایجاد خواهد شد.
- دیدگاه افراد مختلف نسبت به یک مسأله متفاوت است. به عنوان مثال در مـورد اسـتفاده از مصـالح روسـازی، دیدگاه اداره راه با دیدگاه پیمانکار متفاوت است. بنابراین اهداف، محدودیت‌ها، ورودی و خروجی‌ها نسبت به دیدگاههای مختلف قابل تعریف است.
- کاربرد موفق یک سیستم ذاتاً به قابلیت و توانایی افرادی که در آن سیستم قرار دارنـد بسـتگی دارد. ایـن روش برای کارهای مهندسی ضعیف مفید نیست.

۲-۵- ابزارهای تحلیل

هدف از تعریف یک مسأله، یافتن یک پاسخ مفید و عملیاتی برای آن مسأله است. اسـتفاده از روش‌هـای تحلیـل برای حل مسأله‌ای که به صورت صحیح تعریف نشده است، مسلماً منجر به پاسخ‌های صحیح و دقیق نخواهـد گردیـد. بنابراین استفاده از روش‌های تحلیل برای حل مسأله به عنوان جزیی از روش سیستم‌ها، زمانی حداکثر فایـده را خواهـد

داشت که مسأله به نحو صحیح فرموله شود. در غیر این صورت، حل چنین مسأله‌ای مشابه حل یک مسأله کلاسی به عنوان تمرین خواهد بود.

روش‌ها و ابزارهای مختلفی برای حل مسایل سیستماتیک وجود دارد. این روش‌ها را معمولاً در روش تحقیق در عملیات، می‌توان یافت. با این روش‌ها می‌توان به یک تصمیم مطابق با تابع هدف رسید. نوع تابع هدف که تابعی از نوع خروجی‌های سیستم می‌باشد، می‌تواند با توجه به نوع مسأله به صورت زیر باشد:

- **حالت اطمینان (حالت قطعی)**

زمانی که خروجی‌های قطعی و تعریف شده‌ای برای هر یک از گزینه‌ها تعریف شده باشد.

- **حالت ریسک**

زمانی که حداقل یکی از خروجی‌های سیستم برای گزینه‌های مسأله حالت احتمالی داشته باشد.

- **حالت عدم قطعیت**

زمانی که خروجی سیستم برای گزینه‌های مسأله معلوم نباشد (احتمالات مربوطه نمی‌تواند مشخص شود).

بسیاری از فعالیت‌های مهندسی می‌تواند از نوع اول بوده و تحت شرایط اطمینان تصمیم‌گیری شوند، زیرا اکثر اطلاعات مربوطه در دسترس می‌باشند. ولی با این حال تلاش‌هایی در زمینهٔ استفاده از حالت دوم در حل مسایل صورت نگرفته است.

یکی از کاربردی‌ترین و مفیدترین روش‌ها برای مدل کردن سیستم استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی است. این روش را می‌توان در گسترهٔ وسیعی مورد استفاده قرار داد (از مسایل ساخت گرفته تا تصفیه نفت خام).

این روش بیشتر در تخصیص منابع استفاده می‌شود. به عنوان مثال در مسأله زیر از این روش می‌توان استفاده کرد:

«مطلوب است تعیین مقدار تولید یک کارخانه از مصالح مختلف زمانی که ظرفیت تولید، تعداد و ظرفیت حمل کامیون‌ها، مصالح در دسترس و هزینه‌های آنها، فواصل و سود حاصل از تولید هر یک از مصالح معلوم باشد.»

برای حل مسایل برنامه‌ریزی خطی روش‌های مختلفی وجود دارد که عبارتند از:

۱- روش پارامتریک

۲- روش عدد صحیح

۳- روش برنامه‌ریزی منقطع یا گسسته

در ضمن مسایل غیرخطی را می‌توان با تبدیل به مسایل خطی حل نمود.

مسایل غیرخطی ممکن است به صورت محاسبات دیفرانسیلی، برنامه‌ریزی هندسی، معادلات لاگرانژ (Lagrange Multipliers) و یا روش‌های جستجو حل شوند. روش آخر به این ترتیب است که از یک پاسخ اولیه برای مسأله شروع کرده و پاسخ‌ها را لحظه به لحظه بهبود می‌دهد، وقتی جواب در حد قابل‌قبولی نوسان می‌کند، راه‌حل مسأله به دست می‌آید. این روش‌ها اغلب قابل‌استفاده هستند.

تعدادی از مسایل که نیاز به تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای دارند را می‌توان به روش برنامه‌ریزی دینامیکی حل نمود. مدل‌های احتمالی و مدل صف می‌تواند کاربرد وسیعی برای حل مسایل سیستماتیک داشته باشد. به عنوان مثال،

می‌توان از روش مونت‌کارلو (Monte Carlo) استفاده کرد (در این حالت باید تابع توزیع احتمال معلوم باشد). تئوری صف از حالات احتمالی و شانسی یا تصادفی استفاده می‌کند. این مدل کاربرد وسیعی در زمینه مهندسی دارد. به عنوان مثال، در بهره‌برداری از ترمینال‌های هوایی، عملکرد تسهیلات ترافیکی، عملکرد ریلی و عملکرد کانالها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

بسیاری از مشکلات موجود در سیستم معمولاً شامل تخصیص منابع، برنامه زمان‌بندی فعالیت پرسنل، ابزارآلات، پول و مصالح می‌باشد. روش‌های کاربردی مختلفی برای حل مسایل وجود دارد. این روش‌ها عبارتند از:

۱- Sequencing

۲- Routing

۳- Scheduling

در روش نوع اول از پیشنهاد یا سفارش دادن کارهای مختلف به صورت پی‌درپی برای کمینه کردن زمان فعالیت‌ها استفاده می‌شود.

روش نوع دوم از شناسایی مسیر در یک شبکه استفاده می‌کند، به طوری که زمان، مسافت و یا هزینه را به حداقل می رساند. روش‌های گرافیکی و ماتریسی نیز برای حل چنین مسایلی استفاده می‌شوند.

روش نوع سوم از تخصیص زمان یا منابع برای فعالیت‌هایی که توالی آنها فیکس یا ثابت است استفاده می‌شود. اما هزینه آنها تابعی از زمان می‌باشد. در این روش هدف حداقل رساندن زمان یا هزینه است. در این زمینه از دو روش می‌توان استفاده کرد:

۱- روش مسیر بحرانی (CPM)

۲- روش ارزیابی برنامه و مرور روش‌ها (PERT)

در CPM از زمان‌های مشخص برای هر فعالیت استفاده می‌شود، در حالی که در PERT از یک بازهٔ زمانی برای هر فعالیت استفاده می‌شود.

PERT اکثراً برای اهداف توسعه و تحقیقات به کار گرفته می‌شود، در حالی که CPM برای کاربردهای معمول در زمینه ساخت مورد استفاده می‌گیرد. این روش‌ها معمولاً بر اساس برنامه‌ریزی خطی یا دینامیکی فرموله می‌شوند.

۳- اجزای اصلی سیستم مدیریت روسازی

۳-۱- تعریف سیستم و ساختار آن

سیستم مدیریت روسازی شامل مجموعهٔ کامل و هماهنگی از فعالیت‌ها در زمینهٔ برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری، ارزیابی، بهسازی، بازسازی و تحقیقات روسازی می‌باشد. نمودار (۳-۱) ارتباط منطقی فعالیت‌های فوق را که توسط ادارات راه انجام می‌شود نشان می‌دهد.

هر یک از زیرسیستم‌های فوق می‌تواند از اجزا و مدل‌های مختلفی تشکیل گردند. این سیستم از لحاظ مدیریتی دارای سطوح مختلفی است. به عنوان مثال، برنامه‌ریزی تخصیص منابع در سطح شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد، در حالی که ساخت و طراحی روسازی در سطح پروژه می‌تواند انجام گیرد.

۳-۲- زیرسیستم‌های کلی

زیرسیستم‌های مختلف موجود در سیستم مدیریت روسازی به صورت مستقیم با هم ارتباط داشته و هر کدام نقش اساسی در انجام فعالیت این سیستم دارند. هر یک از این زیرسیستم‌ها مجموعه‌ای از مسایل و مشکلات کوچک و بزرگ را به هم ارتباط داده و با استفاده از راهکارهایی مشکلات موجود را حل می‌نمایند. این زیرسیستم‌ها عبارتند از:

۱- برنامه‌ریزی
۲- طراحی
۳- ساخت
۴- نگهداری
۵- ارزیابی
۶- تحقیقات

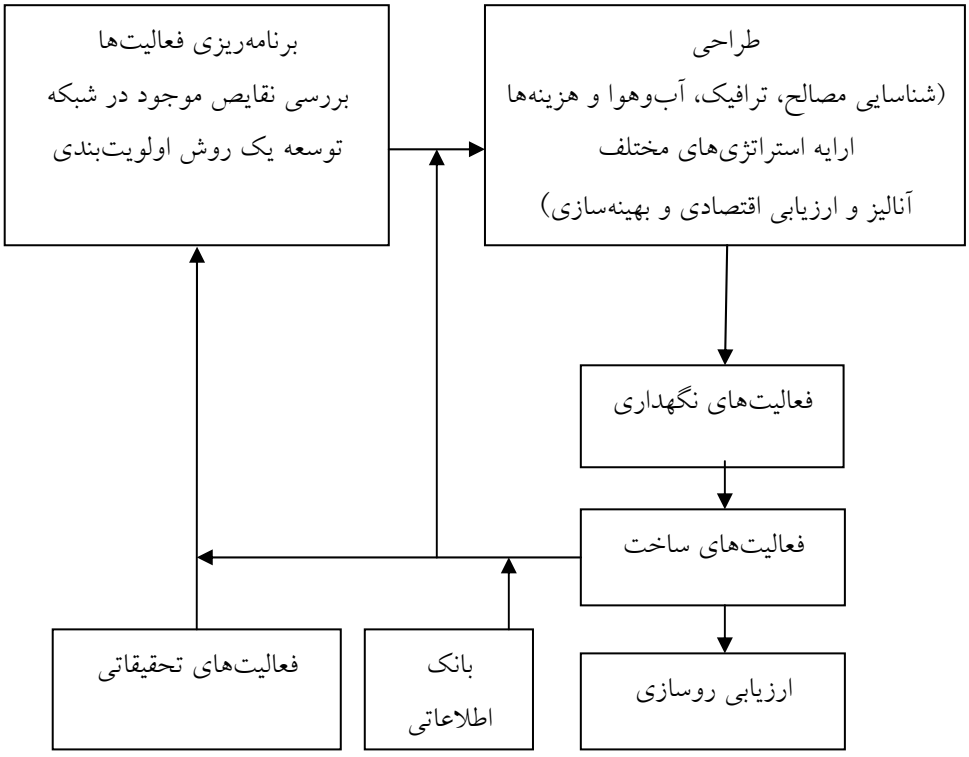
در زیرسیستم برنامه‌ریزی، نواقص و مشکلات موجود در سطح شبکه ارزیابی و شناسایی شده و اولویت‌های مربوط به حذف و یا مینیمم کردن این موانع و مشکلات معرفی می‌شوند. همچنین برنامه‌های زمان‌بندی و بودجه‌های مربوطه در سطح شبکه تعریف می‌گردند. زیرسیستم طراحی شامل جمع‌آوری یا تعیین مجموعهٔ مختلفی از اطلاعات ورودی، تعریف استراتژی‌های مختلف طراحی، تحلیل این راه‌حل‌ها، ارزیابی اقتصادی آنها و در نهایت بهینه‌سازی به منظور انتخاب بهترین استراتژی می‌باشد. نمودار(۳-۱) ارتباط بین این زیرسیستم را با زیرسیستم‌های دیگر مشخص می‌نماید.

- مرحله ساخت، مرحله‌ای است که توصیه‌های طراحی را به عمل تبدیل می‌کند. این مرحله شامل تعیین مشخصات کار، تهیه اسناد پیمان، برنامه زمان‌بندی ساخت، فعالیت‌های کنترل کیفیت و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای انتقال به بانک داده‌ها می‌باشد.
- مرحله نگهداری شامل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی بین فعالیت‌های تعمیر، پر کردن ترک‌ها، وصله‌کاری‌ها و غیره به همراه جمع‌آوری داده‌ها به منظور ذخیره‌سازی در بانک اطلاعات می‌باشد.

ارزیابی روسازی قسمتی از مدیریت روسازی است که اخیراً مورد توجه زیادی قرار گرفته است. این مرحله شامل کنترل و ارزیابی مقاطع مختلف روسازی (ارزیابی‌های مربوط به مقاومت سازه‌ای، ارزیابی ناهمواری، ارزیابی خرابی، ارزیابی مقاومت لغزشی) در دوره‌های زمانی مختلف به همراه جمع‌آوری داده‌های لازم و انتقال آنها به بانک اطلاعات می‌باشد. داده‌های جمع‌آوری شده می‌تواند برای اهداف زیر استفاده شود:

۱- کنترل عملکرد روسازی
۲- برنامه‌ریزی فعالیت‌های ترمیم و تعیین نیازهای آینده
۳- بهبود تکنولوژی طراحی ساخت و نگهداری

بانک اطلاعاتی که در نمودار (۳-۱) به صورت جداگانه نشان داده شده است، اطلاعات را به صورت هماهنگ از سایر زیرسیستم‌ها جمع‌آوری می‌نماید و سپس با تحلیل آنها، میزان موفقیت هر یک از زیرسیستم‌ها را مشخص می‌کند. بانک اطلاعاتی می‌تواند به صورت مجموعه‌ای از پرونده‌های دستی و یا پرونده‌های کامپیوتری باشد.



نمودار (۳-۱) فعالیت‌های اصلی موجود در سیستم مدیریت روسازی

۴- برنامه‌ریزی در مورد سرمایه‌گذاری‌های مربوط به بخش روسازی

۴-۱- مقدمه

مرحله برنامه‌ریزی مدیریت روسازی با تعدادی از پروژه‌های روسازی که در یک ناحیه و یا در یک شبکه روسازی قرار دارند، در ارتباط است. از طرف دیگر این فاز در سطح بالاتر با برنامه‌ریزی کلیه فعالیت‌های شبکه راه ارتباط دارد. نمودار صفحه بعد به صورت شماتیک سطوح مختلف برنامه‌ریزی را نشان می‌دهد.

سلسله مراتب برنامه‌ریزی از سطح سیاسی با تخصیص بودجه بخش‌هایی مثل حمل‌ونقل، آموزش‌وپرورش و ... آغاز می‌شود. در مرحله بعدی تخصیص در داخل وزارتخانه به زیربخش‌های مختلف صورت می‌گیرد. در زیربخش راه، بودجه تخصیص‌یافته نسبت به بخش روسازی می‌تواند مشخص گردد. سپس بودجه روسازی مابین تعدادی از پروژه‌های روسازی در یک محدودهٔ زمانی معین تقسیم می‌شود. در این مرحله باید به این سؤالات پاسخ داده شود.

۱- در یک بازهٔ زمانی و در یک محدودهٔ مشخص جغرافیایی چه نقاطی بایستی ترمیم و یا مورد بازسازی قرار گیرند؟

۲- تقدم و تأخر این نقاط چگونه مشخص می‌شوند؟

۳- این نقاط با توجه به محدودیت بودجه و برنامه زمانی چگونه برنامه‌ریزی می‌شوند؟

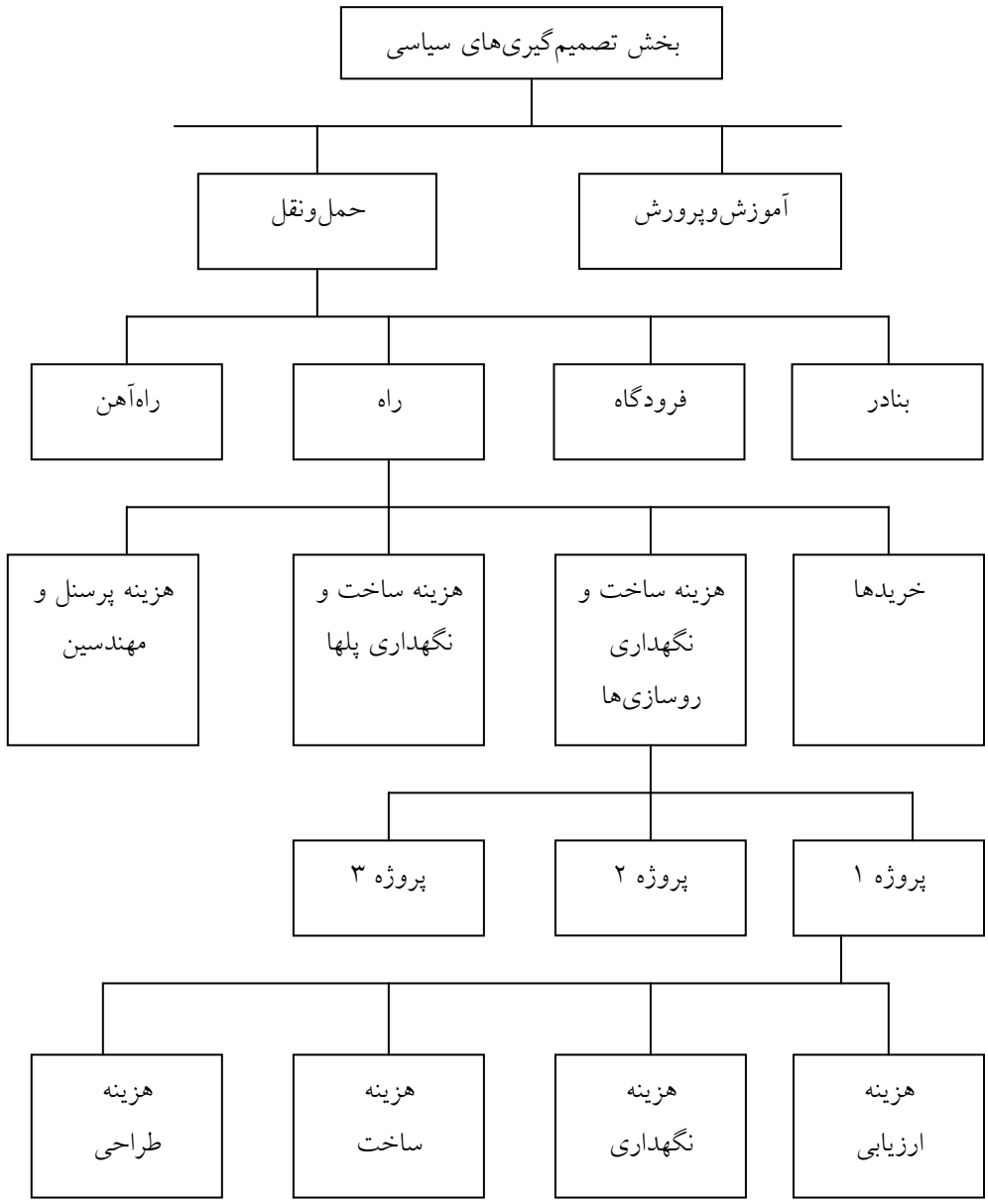
اطلاعات اساسی مورد نیاز برای پاسخ به چنین سؤالاتی با استفاده از مطالعات حمل‌ونقلی و ارزیابی روسازی‌های موجود به دست می‌آید تا از این طریق تعدادی از پروژه‌های روسازی برای دریافت فعالیت ترمیم و یا ساخت مجدد نامزد شوند.

با توجه به اینکه اکثر ادارات راه دارای بودجه محدودی می‌باشند، ممکن است بسیاری از پروژه‌ها با اینکه منافع حاصل از ترمیم از هزینه‌های مربوطه بیشتر است، به تعویق بیافتند. بنابراین لازمهٔ رفع این مشکل، توسعه یک برنامه تقدم و تأخر بر اساس مسایل اقتصادی مربوط به هزینه‌ها و منافع است.

۴-۲- روش انتخاب پروژه‌ها

بسیاری از ادارات راه، راههای موجود در شبکه‌های خود را به قطعات و زیرقطعات مختلف تقسیم می‌کنند و با تغییر حجم ترافیک، نوع رویه، مشخصات هندسی و... قطعات مختلف می‌توانند تعریف شوند. به عنوان مثال در یک ناحیه شهری، فاصله بین دو تقاطع را در صورتی که دارای حجم ترافیک یکسانی باشد، می‌توان به عنوان یک قطعه معرفی کرد. هر کدام از این قطعات را می‌توان یک پروژه نامید.

انتخاب پروژه‌های مختلف برای انجام فعالیت ترمیم به یکی از دو روش زیر و یا ترکیبی از آنها صورت می‌گیرد. روش نوع اول بر اساس انتخاب ادراکی تعدادی از پروژه‌ها استوار است. در این روش تعدادی از پروژه‌ها بر اساس مشاهدات عینی انتخاب می‌گردند. سپس پروژه‌های انتخاب شده وزن‌دهی می‌شوند. این اوزان با توجه به اندازه‌گیری‌های خرابی و حجم ترافیک و یا سایر پارامترها تعیین می‌شوند. بنابراین یک شاخص عددی به هر پروژه نسبت داده می‌شود.



نمودار (۴-۱) سلسله مراتب برنامه‌ریزی

سپس پروژه‌ها بر اساس این شاخص مرتب می‌شوند. در این مرحله محدودیت بودجه مشخص می‌کند که چه تعداد از پروژه‌ها بایستی تحت ترمیم قرار گیرند. پروژه‌هایی که دارای شاخص یا امتیاز پایینی هستند، حذف می‌گردند و برای سال دیگر کاندید می‌شوند. این روش اکثراً در مناطق شهری استفاده شده و در تعدادی از ادارات ایالتی راههای آمریکا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در روش دوم انتخاب پروژه‌ها با استفاده از ارزیابی‌های روسازی صورت می‌گیرد (این روش در واقع توسعه روش ادراکی بوده و در ادارات بزرگ ایالتی آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد). در این روش علاوه بر آنکه خرابی رویه

اندازه‌گیری می‌شود، ظرفیت سازه‌ای، مقاومت لغزشی و ناهمواری (کیفیت سواری) نیز اندازه‌گیری می‌شود. در این روش معمولاً پروژه‌ها بر اساس مسأله ناهمواری انتخاب می‌شوند ولی از سایر اندازه‌گیری‌ها در تعیین تقدم و تأخر پروژه‌ها استفاده می‌نمایند.

۴-۳- نکاتی در مورد مسایل اقتصادی، سود و هزینه حاصل از سرمایه‌گذاری در بخش روسازی

تحلیل اقتصادی برای سطح شبکه و برای سطح پروژه در انتخاب گزینه‌های مختلف، اطلاعات مفیدی را در زمینه تصمیم‌گیری فراهم می‌کند. این اطلاعات بایستی برای همه گزینه‌ها در نظر گرفته شود (منافع و هزینه) و مقایسه گزینه‌ها بایستی در یک دورهٔ زمانی صورت گیرد.

محاسبه منافع برای پروژه‌های ترمیم روسازی کار مشکلی است. تعدادی از این منافع قابل تبدیل شدن به پول هستند، در حالی که تبدیل بعضی از این منافع به پول کار بسیار سختی است. این گونه منافع که جنبه کمّی ندارند را می‌توان از تصمیم‌گیری‌ها حذف نمود، هر چند که تعدادی از آنها نیز از اهمیت خاصی برخوردارند. منافع و هزینه‌های حاصل از بهبود وضعیت روسازی را می‌توان در قالب مفاهیم زیر طبقه‌بندی کرد:

۱- کاربران راه شامل:

- تغییر در زمان سفر
- تغییر در هزینه‌های عملکرد وسایل نقلیه
- تغییر در هزینه‌های تصادف
- تغییر در هزینه‌های راحتی کاربران

دو مورد اول به صورت آزمایشی محاسبه شده‌اند ولی مینیمم کردن دو مورد دیگر برای روسازی کار بسیار مشکلی است. بنابراین بهتر است دو مورد اول را در محاسبات منظور کرد.

۲- ادارهٔ راه شامل:

- تغییر در هزینه‌های نگهداری

- تغییر در هزینه‌های ترمیم آینده
- تغییر در شاخص‌های تصادفات یا سیاست‌ها
- تغییر در طرز تلقی مردم و رضایت عمومی

۳- جامعه در حالت کلی

- هزینه کالاهای مصرفی

- شانس پیدا کردن کار
- آلودگی صوتی و زیست‌محیطی در طول مدت ساخت
- بهبود مسایل زیبایی‌شناسی

هزینه‌های ادارهٔ راه و منافع حاصل از صرفه‌جویی در هزینه‌های سفر و هزینه‌های وسایل نقلیه، برای شناسایی ساده هستند ولی بعضی از موارد، قابلیت کمّی شدن را ندارند. در این حالت بایستی حداقل میزان بودجه برای نواحی مختلف در نظر گرفته شود تا این موارد تحت پوشش قرار گیرند.

۴-۴- روش‌های موجود در زمینه برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری برای بزرگراهها

۴-۴-۱- روش ماکزیمم نمودن منافع

این روش بر اساس محاسبه زمان بهینه انجام هر پروژه، با توجه به معیارهای ماکزیمم‌سازی منافع می‌باشد. در این روش فهرستی از زمان سرمایه‌گذاری بهینه برای همهٔ پروژه‌ها مشخص می‌گردد. سپس این فهرست به همراه هزینه‌های آنها با بودجه‌های در دسترس مقایسه می‌شود. در این حالت مدل برنامه‌ریزی خطی می‌تواند با هدف تعیین مجدد زمان پروژه‌ها با توجه به محدودیت بودجه، مقدار کاهش منافع را نسبت به منفعت حاصل از زمان بهینه سرمایه‌گذاری، حداقل نماید. این روش برای اولین بار در برنامه‌ریزی فعالیت‌های بهسازی بزرگراهی در وزارت ارتباطات و حمل‌ونقل اونتاریو مورد استفاده قرار گرفت [۴].

۴-۴-۲- روش مینیمم نمودن هزینه

این روش اساساً مشابه روش ماکزیمم‌سازی است با این تفاوت که به مسأله سود حاصل از بهسازی توجه نمی‌شود. به عبارت دیگر مجموعهٔ بهینه از فعالیت‌های بهسازی آنهایی هستند که حداقل هزینه را برای ادارات راه فراهم می‌کنند (در این روش ضرورتاً مجموعه بهینه‌ای از فعالیت‌های بهسازی برای عموم مردم به صورت کلی فراهم نمی‌گردد).

۵- طراحی روسازی

۵-۱- مقدمه

روش‌های زیادی برای طراحی روسازی وجود دارد. این روش‌ها ممکن است ساده بوده و یا دارای مفهومی پیچیده باشند، ولی با این حال اکثر این روش‌ها دارای چارچوب مشخصی هستند. در این فصل سعی شده است تا چارچوب طراحی و اجزای آن معرفی گردد.

۵-۲- مروری بر روش‌های مختلف طراحی گذشته

اکثر روش‌های طراحی گذشته بر اساس انتخاب ضخامت و آنالیز سازه‌ای استوار است. نمودار(۵-۱) نمونه‌ای از نمودار طراحی که در روشهای طراحی گذشته مورد استفاده قرار می‌گرفته است را نشان می‌دهد. هاس و هاچینسون روش‌های طراحی مذکور را برای روسازی صلب و انعطاف‌پذیر طبقه‌بندی نمودند [۵]. این طبقه‌بندی حالت ساده‌ای دارد و مرزهای طبقه‌بندی طوری نیست که کاملاً مشخص و جدا از هم باشند. روش‌های طراحی مختلف روسازی طبق نظر این دو نفر عبارتند از:

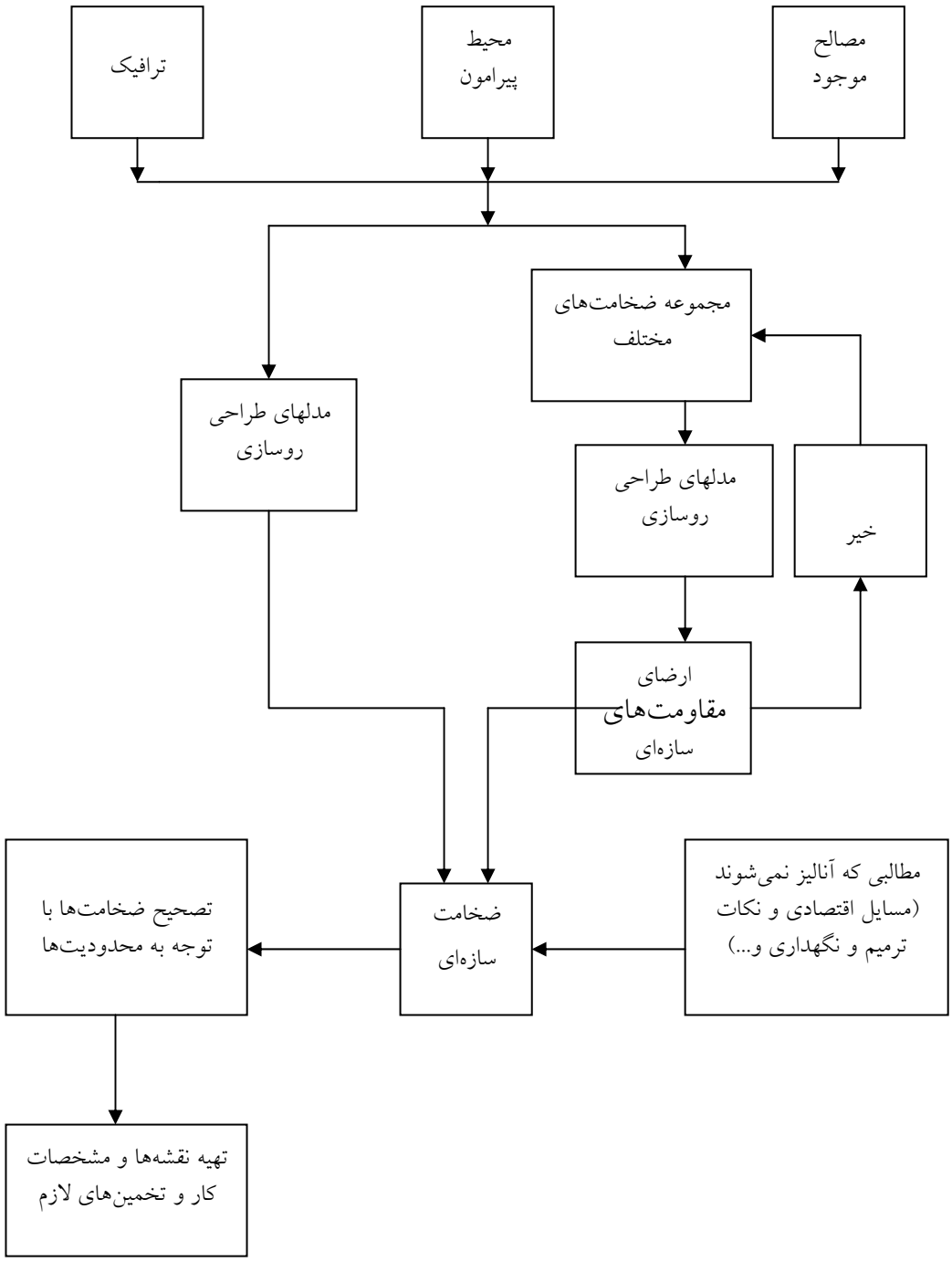
۱- روش‌های طراحی که تا جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار می‌گرفتند و هم اکنون نیز ممکن است به کار روند- در این روش‌ها برای آب‌وهوای مشخص و بارهای وارده مقاطع استاندارد تعریف می‌شود و از این مقاطع استفاده می‌گردد. این روش‌ها بیشتر برای روسازی‌های صلب مناسب و نتیجه‌بخش هستند.

۲- روش‌های طراحی که از مفاهیمی مانند آزمایش مقاومت ساده، آزمایش سه‌محوری و آزمایش مقاومت در محل استفاده می‌کردند- این روش‌ها در سال‌های ۱۹۳۰ و اوایل ۱۹۴۰ مطرح شدند و با توجه به این که در روش‌های طراحی قبلی به جنس مصالح توجه نمی‌شد، ارجحیت خاصی پیدا کردند. بنابراین در این روش‌ها منحنی‌های خاصی ارایه شدند که ضخامت روسازی را با توجه به جنس مصالح ارایه می‌کردند. جذابیت این روش‌ها در سادگی آنها بود زیرا این روش‌ها از لحاظ کاربرد ساده بوده و قابلیت اطمینان بالایی داشتند.

۳- روش‌های طراحی بر اساس آنالیز پاسخ سازه‌ای روسازی، که در اواخر سال ۱۹۳۰ و اوایل ۱۹۴۰ مطرح شدند- این روش‌ها با تکمیل و گسترش کامپیوتر مورد توجه فراوانی قرار گرفتند و با توجه به ماهیت کار مهندسان، مورد علاقهٔ مهندسان قرار گرفتند.

۴- روش‌هایی که بر اساس مشاهدات رفتار و عملکرد روسازی استوار بودند- این روش در اواخر سال‌های ۱۹۵۰ و اوایل ۱۹۶۰ با توجه به آزمایشات آشتو (AASHTO) و مطالعات کانادایی‌ها مورد توجه قرار گرفتند (در این روش‌ها تلویحاً از مفهوم عمر سرویس‌دهی استفاده شده است).

۵- روش‌هایی که طراحی سازه‌ای روسازی را با روش عملکردی ترکیب می‌کنند. این روش‌ها در آینده مورد توجه زیادی قرار خواهند گرفت.



نمودار (۵-۱) نمونه‌ای از فلوچارت روش‌های مختلف طراحی گذشته

۵-۳- چارچوب طراحی روسازی

در فاز طراحی PMS به صورت کلی فعالیت‌های زیر صورت می‌گیرد:

۱- جمع‌آوری اطلاعاتی در مورد داده‌های ورودی، اهداف و محدودیت‌ها

۲- تهیه استراتژی‌های طراحی مختلف

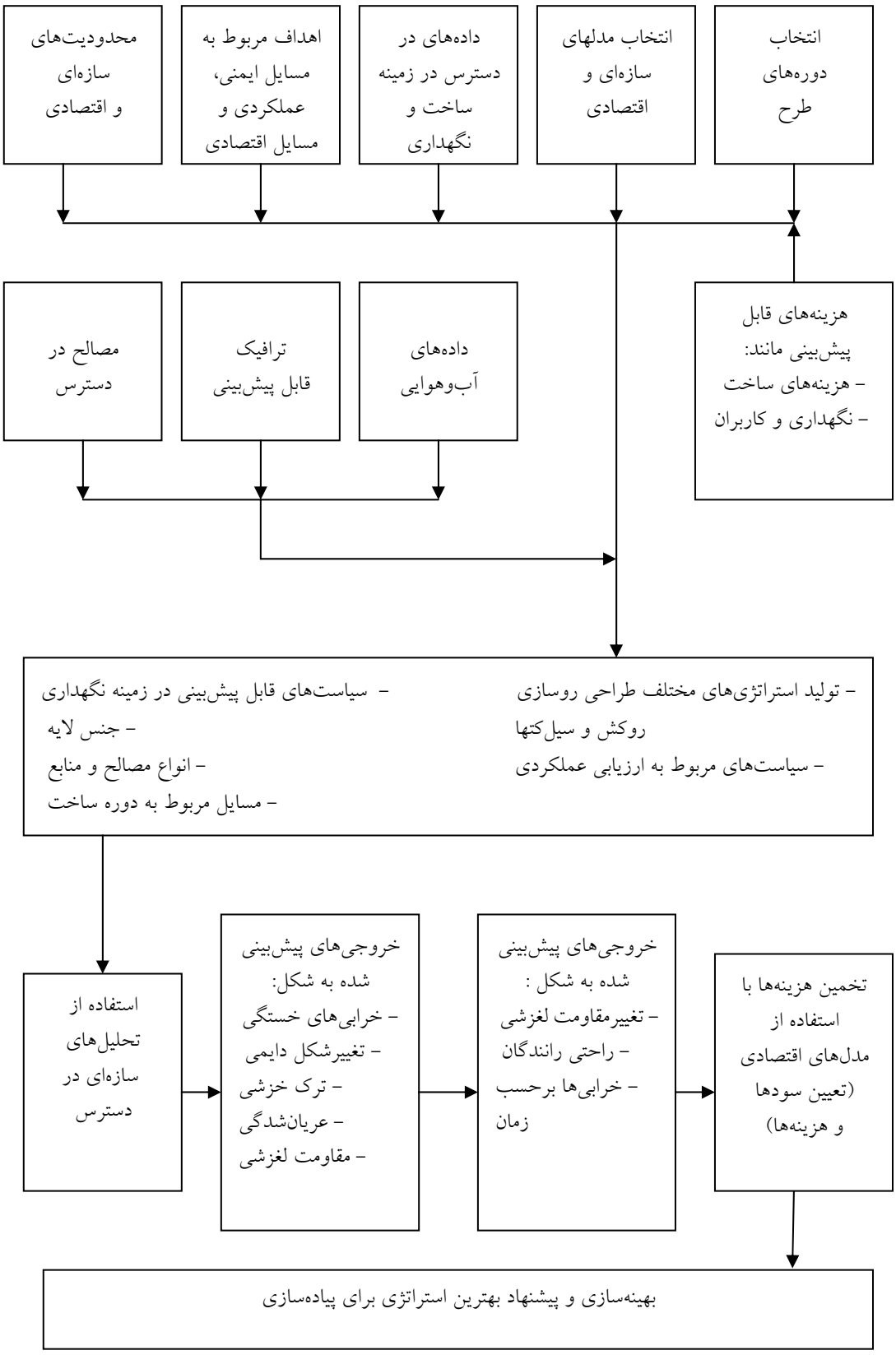
۳- تحلیل سازه‌ای، ارزیابی اقتصادی و بهینه‌سازی استراتژی‌ها

اجزای فاز طراحی را می‌توان در نمودار(۵-۲) مشاهده کرد.

۵-۳-۱- اطلاعات و داده‌های مورد نیاز

سطر اول نمودار (۵-۲) نشان‌دهندهٔ اطلاعات و مدل‌های آنالیز مورد نیاز در بخش طراحی هستند.

- اطلاعات لازم می‌توانند به شکل داده‌های ترافیکی، آب‌وهوایی و مصالح باشند. این داده‌ها در طراحی آزمایشات (در روش‌های طراحی که شامل مشخصات مصالح هستند) و یا در ارایه استراتژی‌های مختلف طراحی و تحلیل آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- انتخاب دورهٔ طرح یا افق طرح و یا دورهٔ آنالیز اطلاعات دیگری است که در فاز طراحی PMS لازم است (با در نظر گرفتن چنین عاملی گزینه‌های مختلف طراحی می‌توانند مورد مقایسه قرار گیرند).
- مدل‌های سازه‌ای جزء دیگری هستند که می‌توانند از لحاظ مفهومی، شکل و کاربرد ساده‌ای داشته باشند (روش‌های طراحی بر اساس محدود کردن مقاومت‌ها) و یا می‌توانند دارای مفاهیم پیچیده‌ای باشند (به عنوان مثال استفاده از تئوری لایه‌ای ویسکوالاستیک خطی در طراحی روسازی).



نمودار(۵-۲) بهینه‌سازی و پیشنهاد بهترین استراتژی برای پیاده‌سازی

مدل‌های اقتصادی مختلفی می‌توانند در روش‌های طراحی به کار گرفته شوند. در یک روش مدل اقتصادی ممکن است شامل هزینه‌های ساخت و در یک روش دیگر ممکن است شامل هزینه‌های ساخت و هزینه‌های مربوط به دوره نگهداری باشد.

- نکته مهم این است که داده‌های ورودی به کار رفته در طراحی با داده‌های واقعی (در زمینه ساخت و نگهداری) متفاوت خواهند بود. این مسأله در تعداد کمی از روش‌های طراحی مورد توجه قرار می‌گیرد. در تعدادی از روش‌های طراحی، اثر این عامل در نظر گرفته می‌شود تا نتایج حاصله حالت محافظه‌کارانه‌ای داشته باشد. برای حل این مسأله، بهترین روش استفاده از مفهوم قابلیت اطمینان است.
- اهداف طراحی می‌توانند به شکل گزینه‌هایی مانند حداقل سطح سرویس‌دهی،حداقل سطح مقاومت لغزشی، حداکثر حد تغییرشکل و ... باشند. این اهداف بایستی در ارتباط با مسایل عملکردی، اقتصادی، ایمنی و ... باشند.
- در فاز طراحی بایستی محدودیت‌ها تعریف گردند. این محدودیت‌ها می‌توانند مینیمم مقدار هزینه‌ها یا زمان روکش و یا ضخامت آن باشد.
- هزینه‌های قابل پیش‌بینی مهمترین اطلاعات را در زمینه طراحی فراهم می‌کنند. این هزینه‌ها عبارتند از:

۱- هزینه مصالح

۲- هزینه ساخت

۳- هزینه نگهداری در زمان حال و آینده

۵-۳-۲- ارایه استراتژی‌های مختلف طراحی

مشخص کردن ضخامت، نوع لایه و فعالیت‌های ترمیمی آینده نظیر روکش یا سیل‌کت و منابع تهیه آنها می‌تواند به عنوان یک استراتژی طراحی تعریف گردد. یک استراتژی طراحی می‌تواند شامل سیاست‌های ساخت، نگهداری و ارزیابی‌های عملکرد نیز باشد.

تعیین و پیش‌بینی عملکرد یک گزینه طراحی با ضخامت و جنس معین، بدون مشخص کردن سیاست‌های ساخت و نگهداری خطاهای واضح و آشکاری را ایجاد خواهد کرد. بنابراین مشخص کردن سیاست‌های ساخت و نگهداری جزء لاینفک یک استراتژی طراحی خواهد بود. مشخص کردن گزینه‌های ترمیم با توجه به دو دیدگاه صورت می‌گیرد:

۱- دیدگاه سازه‌ای: با توجه به تعریف خرابی‌ها، کمبود سرویس‌دهی روسازی و کاهش ایمنی

۲- دیدگاه سیاست‌گذاری: با توجه به مسأله هدایت ترافیک، زمان (روز و فصل) ترمیم (عامل هدایت ترافیک به صورت هزینه کاربر می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها دخالت کند).

شاید مشخص نمودن سیاست‌های ارزیابی عملکرد در یک استراتژی طراحی، امری غیرعادی و غیرمعمول به نظر برسد. در حالی که داشتن سیاست‌هایی برای کنترل عملکرد روسازی و ظرفیت سازه‌ای آن قادر است استراتژی به کار گرفته شده را به روز نماید. به عنوان مثال مشخص کردن یک روسازی با ضخامت و جنس معین برای مدت ۱۰ سال

مسلماً دارای خطاهایی خواهد بود ولی داشتن ابزارهای لازم برای کنترل عملکرد روسازی، اطلاعات موجـود را بـه روز خواهد کرد.

۵-۳-۳- تحلیل، ارزیابی اقتصادی و بهینه‌سازی

گام سوم در مرحلهٔ طراحی، تحلیل، ارزیابی اقتصادی و بهینه‌سازی گزینه‌های طراحـی اسـت. اکثـر روش‌هـای طراحی به همه موارد ذکر شده فوق توجه نمی‌کنند ولی روش‌های طراحی آینده به آرامی به سمت این متدلوژی حرکت خواهند کرد.

اولین گام و مهمترین گام در تحلیل گزینه‌ها، استفاده از مدل‌های سازه‌ای است. اگر این مدل جـامعی باشـد، از آن می‌توان در پیش‌بینی خروجی‌های روسازی مانند خرابی‌ها استفاده کرد. مهم‌ترین مدهای خرابی که توسط این مدل‌ها نشان داده می‌شوند عبارتند از:

۱- ترک خستگی
۲- تغییرشکل دایمی
۳- ترک‌های ناشی از خزش
۴- ازهم‌پاشیدگی (Disintegration)
۵- مقاومت لغزشی

خرابی نوع یک و دو در ارتباط با بارگذاری است و مورد سوم با توجه به عوامل محیطی ایجاد می‌گردد. عامـل نوع چهارم خرابی، ترکیبی از عوامل محیطی و ترافیکی است. مورد پنجم بر اثر عوامل ترافیکی ایجاد می‌شود. با اسـتفاده از تکنولوژی رایج، نوع و شدت خرابی‌ها را نمی‌توان به صورت تابعی از زمان نشان داد بلکـه تـلاش‌هـای امـروزی در جهت پیش‌بینی خروجی‌ها تحت عنوان سرویس‌دهی در مقابل زمان می‌باشند.

پیش‌بینی مسأله تغییر زیبایی روسازی و مقاومت لغزشی بر حسب زمان با فناوری رایج بسیار سخت اسـت، بـه طوری که برای اندازه‌گیری زیبایی روسازی تا به حال هیچ روشی وجود نداشته است. علت این امر را می‌توان در عـدم توجه ادارات راه به این مسأله دانست.

بعد از این مرحله، گزینه‌های روسازی بایستی مورد ارزیابی اقتصادی قرار گیرنـد. در ایـن مرحلـه هزینـه‌هـا و سودها متناسب با خروجی‌های پیش‌بینی شده (در قالب هزینه‌های کاربر) علاوه بر هزینه‌های ایجاد شـده بـرای آژانـس مربوطه، معرفی و شناسایی می‌گردند. سپس این مفاهیم با هم ترکیب شده تا مدل اقتصـادی بـرای تخمـین هزینـه‌هـا و سودهای حاصل از هر استراتژی مشخص شود.

هنگامی که همهٔ استراتژی‌های طراحی، تحلیل و ارزیابی شـدند، از روش بهینـه‌سـازی بـرای انتخـاب بهتـرین استراتژی استفاده می‌گردد (عمدتاً هدف مینیمم کردن هزینه‌ها می‌باشد).

۶- ساخت

۶-۱- مقدمه

برای اینکه سیستم مدیریت روسازی کاملی ایجاد شود، بایستی پس از مرحلهٔ طراحی، مراحل ساخت، نگهداری ترمیم و سیستم بازخورد پیاده‌سازی شود. نمونه تبدیل استراتژی طراحی به مرحلهٔ ساخت یکی از نکات حساس در سیستم مدیریت روسازی است.

ساخت مرحله‌ای است که توصیه‌های طراحی را به عمل تبدیل می‌کند. یک پروژهٔ ساخت موفق تابعی از اهداف طراحی، محدودیت‌های بودجه و زمان می‌باشد. مناقصه، انتخاب پیمانکار، زمان‌بندی ساخت، تعیین محل‌های تامین مصالح، انجام پروسهٔ ساخت و کنترل کیفیت و ... مراحلی است که به صورت جاری و عادی در این مرحله صورت می‌گیرد.

گاهی اوقات در مرحله ساخت شرایطی به وقوع می‌پیوندد که در آن شرایط محل با داده‌های ورودی و یا فرضیات به کار رفته در مرحله طراحی فرق می‌کند. در این گونه موارد تغییرات لازم بایستی بر روی استراتژی طراحی داده شود (این تغییرات نبایستی بدون نظر طراحان و یا گروههای طراحی صورت گیرد).

هدف این بخش توصیف جزییات مرحلهٔ ساخت، روش‌های کنترل کیفیت ساخت و مدیریت ساخت نیست. این گونه موارد را می‌توان در کتابچه‌های Operation Procedures و Construction Manual و راهنماهایی که توسط ادارات مختلف راه منتشر می‌شود، پیدا کرد. توجه کلی در این بخش معطوف به مسایل زیر است:

۱- روابط درون‌سازمانی حاکم بین مرحله ساخت با سایر فازهای مدیریت روسازی

۲- اسناد و داده‌های تولید شده در مرحله ساخت برای استفاده در پروژه‌های ساخت دیگر و یا سایرکاربری‌های مربوطه

اگر مراحل فوق به درستی صورت گیرد، تغییرات واضح و آشکاری در جهت بهبود روش‌های ساخت، ابزارآلات، مصالح، محیط زیست و ... رخ می‌دهد. در این فصل خلاصه‌ای از سطوح مختلف مدیریت ساخت و روابط آن با مدیریت روسازی ارایه می‌شود. همچنین در مورد ارتباط داده‌های جمع‌آوری شده در مرحله ساخت با سیستم مدیریت روسازی صحبت می‌شود.

۶-۲- مدیریت ساخت روسازی

یکی از اساسی‌ترین کارهای مدیریت ساخت، مستندسازی فعالیت‌ها وعواملی است که عملاً در مرحلهٔ ساخت روسازی به کار گرفته می‌شود. این اطلاعات در فازهای دیگر مدیریت روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارتند از:

۱- هندسه و ابعاد و ضخامت‌های روسازی ساخته شده

۲- ظرفیت باربری اولیه

۳- کیفیت سواری‌دهی اولیه

۴- مصالح واقعی و کیفیت مربوط به آنها

۶-۲-۱- سطوح مدیریت ساخت

۱- سطوح میدانی (Field Level)

۲- سطوح مرکزی (Centralized Level)

طبقه‌بندی فوق می‌تواند در سایر فازهای مدیریت روسازی (نگهداری، ارزیابی و طراحی و ...) وجود داشته باشد. مقدار فعالیت، درجه مسؤولیت و پاسخگویی که با هر سطح از مدیریت مرتبط می‌باشد، تابعی از اندازه و پیچیدگی شبکه روسازی مربوطه است. در سازمان‌های بزرگ سطوح مرکزی ممکن است از چندین سطح جداگانه تشکیل شده باشند، در حالی که در محدوده‌های کوچکتر (به عنوان مثال در مناطق شهری کوچک)، هر دو سطح ممکن است تحت یک سطح از مدیریت که پاسخگوی کل برنامه‌ریزی شبکه راههاست صورت گیرد.

سطوح مدیریت میدانی و مرکزی دارای نکات مشترکی هستند که عبارتند از:

۱- برنامه‌ریزی و زمان‌بندی ساخت
۲- کیفیت ساخت
۳- هزینه‌های مربوطه
۴- ایمنی کاربران و سازگاری شرایط ساخت با محیط
۵- ایمنی در کارگاه
۶- استفاده مؤثر از نیروی کار و منابع
۷- مؤثر بودن عملکرد

اکثر این عوامل می‌توانند در سایر مراحل روسازی نیز مطرح باشند. سه عامل اول در تمام سطوح مدیریت ساخت مورد توجه قرار می‌گیرند. از این عوامل در مستندسازی‌ها استفاده می‌شود.

۶-۲-۲- سطوح مدیریت مرکزی

تعداد سطوح مرکزی تابعی از اندازه و پیچیدگی سیستمی است که مدیریت در آن صورت می‌گیرد، معمولاً یک یا دو سطح در سازمان‌های مختلف قابل مشاهده است. دو سطح مذکور ممکن است تحت عناوین زیر معرفی گردند:

۱- دفتر ناحیه‌ای
۲- دفتر مرکزی

زمانی که از یک سطح مدیریت استفاه می‌شود، وظایف مدیریت خلاصه‌تر و مقیاس کار کوچکتر می‌شود. وظیفه مدیریت ناحیه‌ای شامل کلیه فعالیت‌هایی است که در یک منطقه جغرافیایی بزرگ از یک شبکه روسازی صورت می‌گیرد. مدیریت ناحیه‌ای بر حسب نوع سازمانی و ساختار آن ممکن است موظف به انجام موارد خاصی از مسایل ساخت مانند پلها، عملیات خاکی، احداث روسازی و ... باشد. مدیر ناحیه‌ای موظف به کنترل کلیه فعالیت‌ها، هزینه‌ها و نیز موظف به کنترل کیفیت و یکنواختی طرح‌های روسازی است. همچنین مدیر مربوطه بایستی به نحوی از رسیدن به اهداف طراحی و استانداردهای مربوطه مطمئن شود.

در دفتر مرکزی، مدیریت ساخت بر روی کل شبکه روسازی صورت می‌گیرد وظایف اولیه این دفتر کنترل پیشرفت پروژه‌ها با توجه به جنبه‌های مالی (مقایسه با پروژه‌های دیگر) برای کل برنامه‌های شبکه است. همچنین مدیریت دفتر مرکزی وظیفه مستقیم و صریح در قبال دستیابی شبکه به مجموعهٔ بهینه‌ای از عملکردها را دارد.

۶-۲-۳- سطوح مدیریت میدانی

مدیر میدانی یا مدیر پروژه کسی است که ارتباط مستقیم با مسایل ساخت دارد. مدیر پروژه بایستی عهده‌دار وظایف زیر باشد:

۱- تکمیل موفقیت‌آمیز پروژه‌ها طبق برنامهٔ زمان‌بندی
۲- کنترل هزینه‌ها و کیفیت
۳- مستندسازی هزینه‌ها، کیفیت‌ها و سایر عوامل مؤثر در ساخت

برای رسیدن به این اهداف، مدیر پروژه بایستی کمیت و کیفیت کارها را اندازه‌گیری و ارزیابی نماید و هر یک از موارد فوق را به طور مرتب مورد قضاوت قرار دهد. فعالیت‌های فوق معمولاً تابعی از PMS هستند. به عنوان مثال، مستندسازی کیفیت و کمیت ساخت برای پذیرش و یا رد پروژه‌ها در قبال پرداخت هزینه‌های مربوطه، اطلاعات لازم را برای سیستم مدیریت روسازی فراهم می‌کند. در واقع تهیه‌کنندگان اصلی اطلاعات مربوط به فاز ساخت از مدیریت روسازی، مدیران پروژه‌ها هستند، زیرا آنها به صورت واقعی پروژه‌ها را تجربه، اندازه‌گیری، مشاهده و مستندسازی کرده و به صورت نقشه چون ساخت (as built) گزارش می‌دهند. این مدیران به طور مستقیم با مفاهیم مدیریت روسازی در ارتباط نیستند زیرا هدف آنها فقط انجام موفقیت‌آمیز پروژه‌ها می‌باشد. بنابراین لازم است این افراد توسط سطوح بالاتر مدیریتی به منظور جمع‌آوری اطلاعات آموزش داده شوند تا در مورد نحوهٔ جمع‌آوری داده‌ها و کاربرد آنها توجیه شوند.

۶-۳- ساخت روسازی و مسایل محیط زیست

از زمان ساخت اولین جاده‌ها توسط رومی‌ها و یا حتی قبل از آن، می‌توان اثرات فوری و سریع این پدیده را بر روی محیط زیست مشاهده کرد. جابجایی افراد و کالا با پای پیاده، کالسکه و یا ماشین همواره موجب تغییراتی در محیط زیست شده است. در اکثر مواقع وقوع این تغییرات به نفع مردم بوده است، ولی در بعضی مواقع اثرات زیست‌محیطی ایجاد شده حالت ناخوشایندی دارد. به عنوان مثال، در برزیل به دلیل مشکلات موجود در زمینه بودجه، توجه اندکی به مسایل محیط زیست می‌شود زیرا در این گونه کشورها هدف گسترش راهها است. در حالی که در آمریکای شمالی، مسایل زیست‌محیطی یکی از عوامل مؤثر و در بعضی موارد اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار بر مسأله ساخت راهها به شمار می‌روند.

طبعاً ساخت و بهره‌برداری از یک راه اثراتی بر روی محیط زیست خواهد داشت، ولی با این حال اکثر اثرات مشاهده شده مربوط به مرحله ساخت می‌باشد. از این رو، مدیران ساخت بایستی علم کافی از اثرات زیست‌محیطی احداث راه داشته و سعی کنند که این اثرات را به حداقل مقدار خود برسانند.

مسایلی که به عنوان اثرات زیست‌محیطی در دوران ساخت مطرح می‌شود و بایستی بر روی آنها دقت شود عبارتند از:

۱- گردوغبارزایی بایستی تا مقدار قابل‌قبولی کنترل شود (اکثر پیمانکاران برای دستیابی به استانداردهای مربوطه از ابزارهای جمع‌آوری گردوغبار در فعالیت‌های مخلوط کردن مصالح استفاده می‌کنند. به علاوه خیس کردن و روغن‌کاری ممکن است در کنترل گردوغبار لازم باشد).

۲- استخراج مصالح از معادن بایستی بهینه گردد زیرا منابع موجود بایستی محافظت شوند. حفاظت از منابع احتمالاً باعث خلق مجدد و یا تجدید منابع می‌شود. استفاده بی‌رویه از منابع و تمام کردن این منابع شانس بهره‌برداری از منابع مزبور در کاربری‌های مفید احتمالی آینده را از بین می‌برد (اکثر ادارات راه دستورالعمل‌هایی برای کنترل منابع خود دارند).

۳- مدیران ساخت بایستی ارتباط گسترده‌ای با ادارات و یا گروههایی که در زمینه حفاظت محیط زیست تلاش می‌کنند، داشته باشند.

۷- ترمیم و نگهداری

۷-۱- مقدمه

نوع، فرکانس، شدت و درجه نگهداری بر روی عملکرد روسازی تأثیر می‌گذارد. همچنین نگهداری صحیح روسازی، زمان ترمیم‌های اساسی را تغییر می‌دهد. بنابراین مدیران روسازی به اهمیت نقش نگهداری در روسازی‌ها پی برده‌اند.

یک سیستم مدیریت روسازی کامل بایستی شامل فعالیت‌های ترمیم و نگهداری باشد ولی متأسفانه سیستم‌های سنتی ادارات راه به گونه‌ای است که برخی معتقدند که فعالیت‌های نگهداری، ساخت و طراحی بایستی به صورت جداگانه صورت گیرند، یعنی طراح باید طراحی کند، بخش ساخت فقط در کار ساخت باشد و بخش نگهداری فقط کارهای نگهداری را انجام دهد ولی هیچ دلیل واضح و آشکاری وجود ندارد که بخش‌های طراحی، نگهداری، ساخت و نیز ارزیابی به صورت هماهنگ و مؤثر فعالیت نکنند. رابطهٔ بخش نگهداری با سایر بخش‌ها در این فصل توضیح داده می‌شود.

تعریف نگهداری راه ممکن است در ادارات مختلف راه متفاوت باشد. نگهداری عبارت است از مجموعهٔ فعالیت‌هایی که در جهت حفظ سرویس‌دهی سازهٔ مورد نظر صورت می‌گیرد. برای روسازی این فعالیت‌ها عبارتند از پر کردن چاله‌ها و... (فعالیت‌هایی نظیر جاروکشی، جمع‌آوری مواد زاید و رنگ‌آمیزی، از آنجا که به صورت مستقیم بر روی عملکرد روسازی تأثیر کمی دارند، مستقیماً در سیستم مدیریت روسازی مورد توجه قرار نمی‌گیرند). مشخص کردن فعالیت‌های ترمیم و نگهداری ممکن است بر اساس بودجه و محدودهٔ اجرایی هر فعالیت تعریف گردد. به عنوان مثال ممکن است در اداره‌ای انجام یک روکش به ضخامت ۱/۵ اینچ (۳/۳سانتی‌متر) و طول ۳۰۰ فوت (۹۱/۴۴ متر) جزء فعالیت نگهداری محسوب شود، در حالی که انجام همین روکش برای کل پروژه ممکن است به عنوان فعالیت ترمیم تعریف گردد. بنابراین تقسیم‌بندی فعالیت‌های ترمیم با فعالیت‌های نگهداری حالت مبهمی دارد.

در این فصل سعی شده است توضیحاتی در مورد ترمیم و نگهداری و کاربرد آنها داده شود (جزییات فعالیت‌های نگهداری را می‌توان در راهنماهای مختلف مشاهده کرد). بنابراین، هدف این فصل توضیح در مورد جزییات فعالیت‌های نگهداری نیست، بلکه توصیف اهمیت انجام فعالیت‌های نگهداری و ترمیم (فرکانس و کیفیت کار) می‌باشد.

۷-۲- ترمیم در سیستم مدیریت روسازی

کمبود مفاهیم و اطلاعات در زمینه توصیف عملکرد روسازی موجب شده که به صورت سنتی، طراحی روسازی به صورت فرایندی تک‌مرحله‌ای در نظر گرفته شود. بنابراین لازم است که عملکرد و سرویس‌دهی یک روسازی به صورت تابعی از زمان و ترافیک بیان شود. در این گونه منحنی‌ها روسازی هنگام ساخت در یک سطح سرویس مشخصی قرار می گیرد و با گذشت زمان، در پایان عمر خود به حداقل مقدار سرویس‌دهی می‌رسد. این مفهوم در سال‌های ۱۹۶۷ الی ۱۹۶۸ برای نشان دادن عملکرد روسازی به عنوان یکی از توابع خروجی سیستم روسازی مورد استفاده قرار گرفت. ورودی‌های چنین سیستمی، متغیرهای مربوط به مرحلهٔ ساخت و مرحلهٔ نگهداری هستند. این منحنی‌ها اهمیت نگهداری را به عنوان یکی از بخش‌های اصلی سیستم مدیریت روسازی نشان دادند [۶].

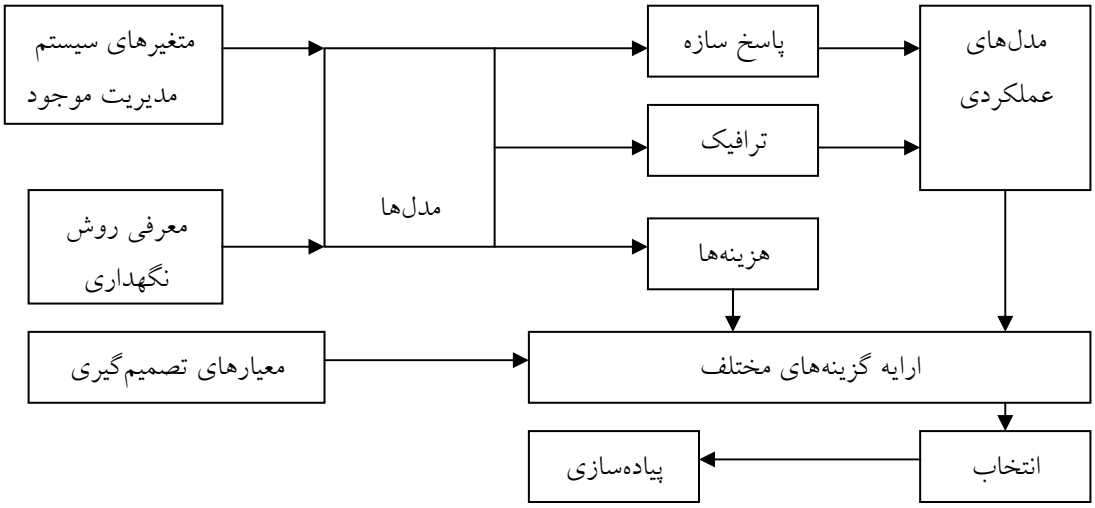
در سال ۱۹۷۰ گروهی از محققین مفهوم طراحی روسازی را یک گام توسعه دادند [۷]. آنها نشان دادند که نه تنها نگهداری یکی از قسمت‌های مهم و به عنوان داده‌های ورودی برای سیستم طراحی است، بلکه یک روسازی بدون توجه به مسأله نگهداری و ترمیم، نمی‌تواند به عمر خود ادامه دهد. همچنین نشان دادند که یک روسازی شامل دو یا چند دوره عملکرد است که در آنها:

۱- روسازی در سطح سرویس‌دهی اولیه طراحی و ساخته می‌شود،

۲- روسازی تا یک سطح غیرقابل‌قبول (در طول عمر خود) تخریب می‌شود و سپس ترمیم شود تا به سطح سرویس قابل‌قبول برسد،

۳- روسازی ترمیم‌شده دوباره قادر به ارایه سرویس‌دهی در برابر بارهای ترافیکی است.

به عنوان یک اصل می‌توان گفت که روسازی هرگز نمی‌تواند بیشتر از ۲۰ سال عمر داشته باشد مگر اینکه فعالیت‌های ترمیمی بر روی آن انجام شود. نمودار (۷-۱) فرایند ترمیم را در مدیریت روسازی نشان می‌دهد.



نمودار (۷-۱) جایگاه تعمیر و نگهداری در مدیریت روسازی

۷-۳- سیستم مدیریت نگهداری

سیستم مدیریت نگهداری روش و یا عملکردی ایجاد می‌کند که مدیران از آن در هدایت و کنترل منابع خود در جهت دستیابی به سود بهینه استفاده می‌کنند. بیرد و باتلر نشان دادند که این مفهوم شامل اجزای زیر است [۸]:

۱- لیست کردن مواردی که بایستی بر روی آنها عملیات نگهداری صورت گیرد و نیز عوامل عملکردی، فیزیکی و زیست‌محیطی و ... که می‌تواند حجم کارهای نگهداری را مشخص کند.

۲- تهیه استانداردهای عملکردی که در آن روش‌های نگهداری به همراه مواد و منابع لازم (مصالح ابزارآلات، کارگران) در آن معرفی می‌شوند. در این استانداردها سرعت متوسط انجام چنین فعالیت‌هایی نیز ذکر می‌شود.

۳- پیش‌بینی حجم کارهای تولید شده به صورت واحدهای انجام فعالیت نگهداری
۴- تخصیص منابع موجود با توجه به بودجه و سیاست‌گذاری‌های مربوطه در زمینه کیفیت و نیز با توجه به نیازمندی‌های شبکه
۵- تهیه گزارش‌هایی از بازخورد سیستم برای کنترل و یا به‌روز کردن سیستم
۶- برنامه‌ریزی و زمان‌بندی فعالیت‌ها با توجه به کاربرد مؤثر منابع

اهداف فاز نگهداری ممکن است به شکل زیر باشد:

۱- برنامه‌ریزی، هدایت و کنترل فعالیت‌های نگهداری به طوری که سطح سرویس مناسبی با توجه به کلاس روسازی فراهم شود.
۲- ارزیابی روشها و مصالح مورد استفاده در زمینه نگهداری به طوری که فعالیت‌های اقتصادی‌تر و مؤثرتر شناسایی شوند.
۳- جمع‌آوری و گزارش داده‌های مربوط به هزینه‌ها به طوری که هزینه واحد یک مورد مشخص برای یک مقطع معین به دست آید.

بنابراین می‌توان گفت که مدیریت نگهداری مستلزم برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی دقیق، جمع‌آوری اطلاعات، گزارش‌دهی مؤثر، ارزیابی فعالیت‌ها و شناسایی مشکلات می‌باشد.

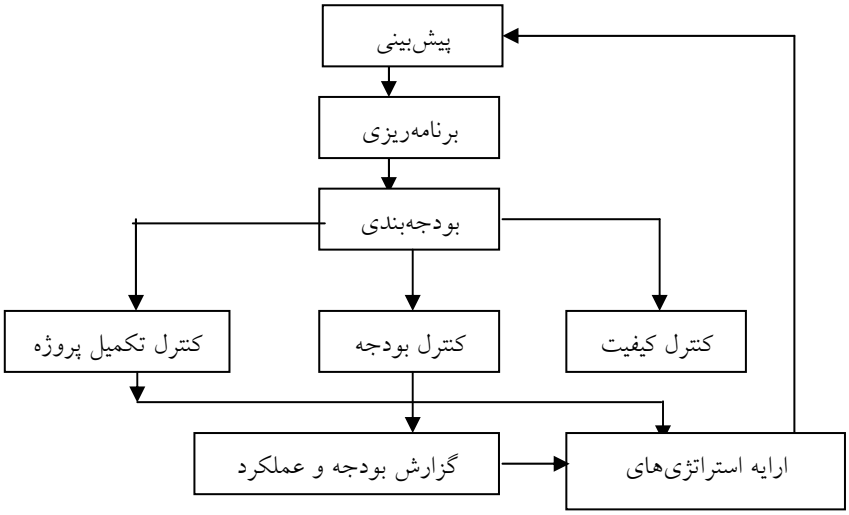
سیستم مدیریت نگهداری شامل مدیریت نگهداری کل شبکه راهها است که روسازی نیز جزیی از آن محسوب می‌شود. از طرفی سیستم مدیریت روسازی شامل مدیریت کل فرایند روسازی است که نگهداری نیز جزیی از آن محسوب می‌شود، ولی این دو مطلب با هم تناقضی ندارند، بلکه مکمل یکدیگر هستند، به طوری که در بعضی از سازمان‌ها نگهداری و ترمیم روسازی با توجه به مفاهیم مدیریت روسازی صورت می‌گیرد زیرا سیستم مدیریت روسازی قادر است ابزارهای ضروری در زمینه تحلیل و پیش‌بینی اثرات نگهداری مختلف و سیاست‌های ترمیم را فراهم کند. گسترهٔ وظایف مدیریت نگهداری را می‌توان در نمودار(۷-۲) مشاهده کرد. گستره هر یک از فعالیت‌ها تابعی از ادارهٔ راه مربوطه است. بنابراین ادارات بزرگتر احتمالاً سیستم گسترده‌تر و بزرگتری خواهند داشت.

۷-۴- سطوح مدیریت نگهداری

اکثر ادارات راه در آمریکای شمالی دارای ساختار سازماندهی شدهٔ نسبتاً جامعی برای نگهداری از شبکه راههای خود (شامل مجموعه‌ای از ابزارآلات، نیروی کار، مصالح و ...) هستند. نحوهٔ فعالیت این گروهها با گروههای ساخت متفاوت است زیرا فعالیت‌های نگهداری به صورت اشتراکی با پیمانکاران انجام می‌شود.

سطوح مختلف مدیریت نگهداری در چنین موسساتی معمولاً به صورت مرکزی، ناحیه‌ای و صحرایی است. در نمودار زیر روابط حاکم بین این سه گروه را می‌توان مشاهده کرد. در ادارات بزرگتر سازمان‌دهی برای برنامه، بودجه‌ها و گزارش‌ها و روش‌های اجرایی و ... ممکن است مطابق نمودار زیر انجام شود ولی در ادارات کوچکتر کلیه فعالیت‌های ذکر شده توسط یک مهندس راه انجام می‌شود. بالاترین سطح مدیریت نگهداری، مسؤولیت کلی نسبت به تعیین

برنامه‌های نگهداری با توجه به مسألهٔ تقدم و تأخر و محدودیت‌های بودجه را دارد. استانداردهای عملکردی که در زمینه برنامه‌ریزی استفاده می‌شود، در این سطح از مدیریت کنترل شده و ارایه می‌گردد.



نمودار (۷-۲) گستره وظایف مدیریت نگهداری

در سطح مدیریت ناحیه‌ای، برنامه‌های نگهداری برای پروژه‌های کوچکتر به صورت تقدم و تأخر مشخص می‌شود. این تقدم و تأخر تابعی از استانداردهای سیستم بوده و از اطلاعات حاصل از ارزیابی شرایط روسازی تعیین می‌شود. سطح مدیریت صحرایی بایستی پاسخگوی انجام واقعی کارها مطابق با استانداردها باشد. فهرست واقعی تخصیص بودجه و تعیین تقدم و تأخر واقعی امور در این سطح انجام می‌شود و بدین طریق بانک اطلاعاتی تکمیل و به روز می‌شود. این بخش هر چند که با یک بودجه و استاندارد مشخص کار می‌کند، ولی پاسخگوی رفع مشکلات و موانع خود می‌باشد.

۷-۵- سیاست‌های تعمیر و نگهداری

این سیاست‌ها از یک زمان به زمان دیگر، از یک مکان به مکان دیگر و از یک سازمان به سازمان دیگر فرق می‌کنند. عواملی که این سیاست‌ها را تحت پوشش قرار می‌دهند عبارتند از:

۱- سرمایه موجود
۲- تاریخچه قوانین تصویب شده
۳- نقطه‌نظرات سیاسی و یا سازمانی

یک و یا همهٔ موارد فوق می‌توانند در اتخاذ سیاست تعمیر و نگهداری مؤثر واقع شوند.

۷-۵-۱- سرمایه موجود

نگهداری روسازی فرایند مستمری است که دامنه وسیعی دارد. با توجه به گسترهٔ جغرافیایی و زمانی مسأله نگهداری، هزینه‌های واحد نگهداری حالت متغیری دارد. زمانی که بودجه نگهداری محدود باشد، هزینه تخصیص‌یافته برای واحد نگهداری کاهش می‌یابد.

گاه سیاست‌های موجود به نحوی است که تخصیص بودجه را منحصر به نیازهای اساسی می‌کنند. بنابراین بودجه باقیمانده برای سایر نیازهای نگهداری کافی نخواهد بود. در این شرایط سرعت خرابی روسازی در سال‌های دیگر به علت عدم انجام نگهداری عادی بیشتر می‌شود. بنابراین بودجه بیشتری برای رفع خرابی مورد نیاز خواهد بود (در حالی که چرخه اضمحلال به صورت ممتد در حال حرکت است).

۷-۵-۲- سابقه تاریخی

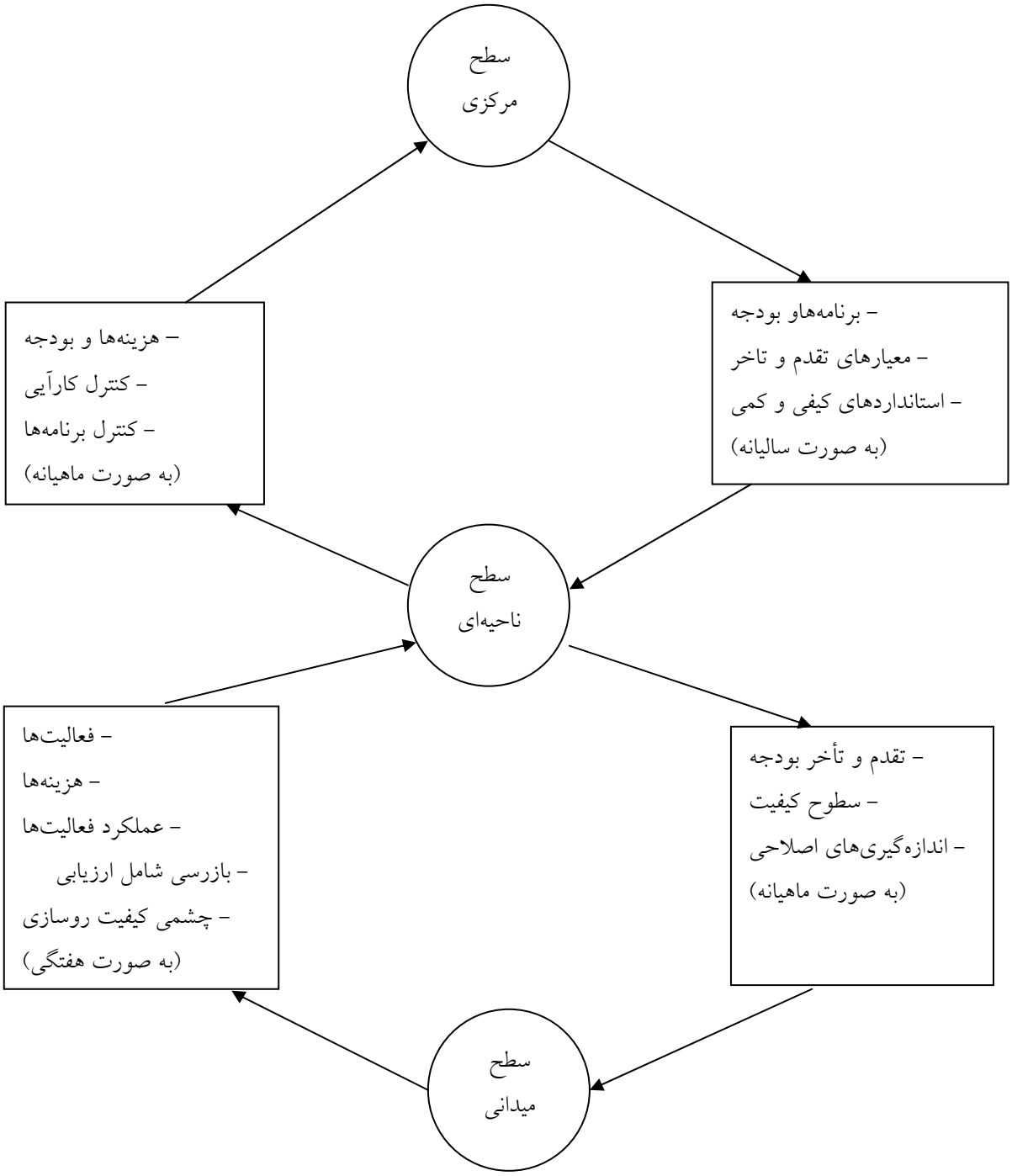
طی ۳۰ سال گذشته، مبحث نگهداری به عنوان یک فعالیت علمی و تحقیقاتی مورد توجه واقع نشده است. بسیاری از سیاست‌های نگهداری، بدون دلیل کافی مورد استفاده و پذیرش واقع شده‌اند. برخی از فعالیت‌ها مثل پر کردن ترک‌ها برای نواحی مرطوب و بارانی به صورت استاندارد استفاده می‌شوند. گاهی اوقات مواردی مشاهده می‌شود که در یک برهه زمانی به علت محدودیت‌های بودجه‌ای، دستورالعمل‌هایی ارایه شده است (مثلاً هیچ روکشی نبایستی بیش از ۵ سانتی‌متر ساخته شود) ولی این دستورالعمل‌ها با برطرف شدن محدودیت‌های بودجه‌ای، هنوز برطرف نشده‌اند.

گاه تصور می‌شود که سیاست‌های حاکم در بخش راه ماهیت همگنی دارد، بدین معنا که یک سری از فعالیت‌ها همیشه و در طول زمان انجام می‌شود، در حالی که سیاست‌ها و قوانین بودجه‌بندی ممکن است در دهه‌های مختلف تاریخی فرق کند. به عنوان مثال راههای بین‌ایالتی آمریکا در سال ۱۹۵۴ ایجاد شدند و تا سال ۱۹۶۰ حجم عظیمی از فعالیت‌های ساخت به اتمام رسید. سپس این راهها تحت یک سیاست نگهداری خوب قرار گرفته و از این رو اکثر راههای آمریکا در یک وضعیت عالی قرار گرفتند، به طوری که طی سالهای بعد هزینه نگهداری سبک شد ولی درسال ۱۹۷۴ با مطرح شدن بحران نفت، تغییر و تحولات جدیدی به وقوع پیوست، به طوری که دستیابی به کیفیت بالا مستلزم صرف هزینه‌های بالایی شد.

۷-۵-۳- نکات سیاسی و سازمانی

سالهاست که نگهداری راهها همانند سایر بخش‌های حمل‌ونقل تحت تأثیر تحولات و مسایل سیاسی بوده‌اند. متاسفانه در این دوران اکثر فعالیت‌های نگهداری بر اساس روابط سیاسی انجام می‌شدند. ولی خوشبختانه این روابط، در حال از بین رفتن است. برای رفع این مشکل سازمان‌دهی قوی و دقیقی برای فعالیت‌های نگهداری لازم است. مسایل سیاسی و سازمانی، بیشتر بر روی ترمیم و نگهداری روسازی اثر می‌گذارد و مسایل نگهداری را چندان تحت تأثیر قرار نمی‌دهد.

مشکلات موجود در زمینه نگهداری ماهیت زمانی و مکانی دارند. مشکلات زمانی از آن جهت است که بین فاز طراحی و مسایل پیش‌بینی شده در زمینهٔ نگهداری فاصله می‌افتد. مشکل مکانی هم بدین علت است که فعالیت نگهداری بر خلاف مسأله طراحی و تحلیل، یک فعالیت صحرایی است.



۷-۶- تحلیل دوره‌های ترمیم

احتمال درستی پیش‌بینی‌های صورت گرفته در زمان طراحی در خصوص مسایل ترمیم بسیار کم است. بسیاری از اتفاقات در این فاصله رخ می‌دهند و زمان ترمیم را تغییر خواهند داد. بنابراین ضرورت دارد که روسازی به صورت

دوره‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد. ارزیابی‌ها بر حسب رتبه یا طبقه یا اهمیت راه و یا سایر عوامل ممکن است به صورت سالیانه و یا در دوره‌های خاصی صورت گیرد. ولی به هر حال بهتر است قبل از فرایند روکش کردن، حداقل یک بار ارزیابی‌ها انجام شود و مهندس مربوطه با دقت داده‌های گزارش شده را با معیارهای تصمیم‌گیری مقایسه کند.

ارزیابی روسازی می‌تواند شامل جمع‌آوری اطلاعاتی در زمینه ناهمواری، سرویس‌دهی، ظرفیت سازه‌ای، مقاومت لغزشی و خرابی‌ها باشد. بر اساس اطلاعات به دست آمده از این داده‌ها، سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته و با استفاده از داده‌های جدید مرحله دوم طراحی یا چرخه ترمیم صورت می‌گیرد. در این مرحله، مشابه مرحله طراحی، مدل‌های عملکردی و معیارهای تصمیم‌گیری و محدودیت‌ها وارد عمل می‌شوند.

۷-۷- نقش تحولات سیاسی

تعیین سیاست ترمیم و نگهداری یک مقوله است و اطمینان از اجرای این سیاست مقوله دیگری است. بنابراین در یک سیستم مدیریت روسازی بایستی به دو نکته اساسی توجه شود که عبارتند از:

۱- احتمال دارد که سیاست‌های کلی کشور عوض شود. مثلاً در برزیل در سال ۱۹۷۵ بر اثر بروز بحران جهانی در زمینه نفت، سهم بودجه نگهداری راهها به صفر رسید زیرا ۷۰٪ مواد نفتی آن کشور وارداتی بودند (در این گونه موارد اولویت‌های ساخت راه، بر نگهداری آن ترجیح داده می‌شود).

۲- اثر تغییرات احتمالی در سیاست‌ها را بایستی در تحلیل‌های مدیریت روسازی وارد کرد.

۷-۸- هزینه‌ها و اقتصاد

کل مفهوم طراحی و نیز مدیریت تابعی از هزینه‌ها و مسایل اقتصادی است. در فرایند مدیریت روسازی، هزینه‌ها نه تنها هزینه‌های اولیه هستند، بلکه شامل هزینه‌های کاربر و نگهداری‌های عادی نیز می‌باشند. هزینه‌های کاربر مواردی هستند که در صورت بودن یا نبودن راه پرداخته می‌شوند. این هزینه‌ها با توجه به ارزش پول در ارزیابی گزینه‌های ترمیم به کار می‌روند.

۸- ارزیابی روسازی

۸-۱- اهداف ارزیابی روسازی

وضعیت روسازی و عملکرد روسازی مفاهیمی هستند که در مدیریت روسازی کاربرد زیادی دارند زیرا اکثر طراحان روسازی و افرادی که در نگهداری روسازی فعالیت می‌کنند، ناگزیر هستند برای انجام صحیح فعالیت‌های خود به این مفهوم توجه کنند. همچنین مردم هنگام رانندگی و یا مسافرت با وسایل نقلیه و یا هنگام بلند شدن هواپیما از زمین توجه خاصی به وضعیت روسازی دارند (آیا پیمانکار کارهای لازم را در زمینه ساخت روسازی انجام داده است؟ آیا روسازی نیاز به نگهداری دارد؟ آیا روسازی دوباره باید ساخته شود؟ آیا زمان استفاده از روکش فرا رسیده است؟... این‌ها همه سؤالاتی هستند که به وضعیت روسازی در زمان حال و آینده مربوط می‌شوند).

دلایل زیادی برای ارزیابی این مفهوم وجود دارد و کارهای زیادی هم در این زمینه صورت گرفته است ولی با این حال اسامی مختلفی به این روند اطلاق می‌شود. این اسامی در بعضی موارد نامفهوم هستند. به عنوان مثال عباراتی مانند Serviceability Index ، Condition Survey، Sufficiency Rating، Performance Rating و performance گاهی اوقات توسط مهندسین و افراد متخصص به جای یکدیگر استفاده می‌شوند. بنابراین بهتر است که کاربرد صحیح و درستی از عبارات فوق صورت گیرد.

وضعیت روسازی شامل ۴ جزء زیر است:

۱- ظرفیت باربری

۲- سهولت رانندگی

۳- ایمنی

۴- مسایل زیبایی‌شناسی

زمانی که روسازی کیفیت سواری‌دهی خوبی داشته باشد، قدرت تحمل بارهای ترافیکی را داشته باشد، سطح ایمنی را برای گردش و توقف چرخها فراهم کند و از لحاظ چهره و نما برای کاربران و مسؤولین خوشایند باشد، به اصطلاح یک روسازی خوب نامیده می‌شود. ولی با این حال در شرایط مختلف و توسط افراد مختلف معیارهای ذکر شدهٔ فوق برای معرفی یک روسازی خوب فرق می‌کند.

۸-۲- ارزیابی روسازی به عنوان بخشی از مدیریت روسازی

مدیریت روسازی مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی است که در بخش‌های برنامه‌ریزی طراحی ساخت، نگهداری و تحقیقات روسازی صورت می‌گیرد. هر کدام از این زیربخش‌ها به نحوی با مفهوم ارزیابی روسازی در ارتباط هستند. به عنوان مثال، نتایج حاصل از ارزیابی روسازی، اطلاعات لازم برای شناسایی نواقص موجود در سطح شبکه را برای بخش برنامه‌ریزی و همچنین اطلاعات جزیی را در سطح پروژه برای بخش طراحی و ... فراهم می‌کنند.

بخش‌های مختلف مدیریت روسازی نیاز به اطلاعاتی در مورد وضعیت روسازی دارند. اطلاعات مربوط به وضعیت روسازی را خروجی روسازی می‌نامند. این خروجی‌ها یا در بخش ارزیابی اندازه‌گیری می‌شوند و یا در دورهٔ طراحی روسازی پیش‌بینی می‌شوند.

این خروجی‌ها عبارتند از:

الف) خروجی‌هایی که در مرحلهٔ ارزیابی روسازی اندازه‌گیری می‌شوند عبارتند از:

ـ مقدار ظرفیت باربری
ـ میزان سهولت در رانندگی
ـ مقدار خرابی
ـ مقدار مقاومت لغزشی

ب) خروجی‌های دیگر که در آنالیز اقتصادی استفاده می‌شوند عبارتند از:

ـ خروجی هزینه‌های کاربر
ـ خروجی هزینه‌های نگهداری

تصمیم‌گیری در مورد بهبود روسازی می‌تواند بر اساس موارد زیر باشد:

۱- نیاز به افزایش ظرفیت روسازی
۲- افزایش زیاد خرابی‌ها
۳- سطح غیرقابل قبولی از ناهمواری
۴- ایمنی و نمای روسازی
۵- هزینه‌های نگهداری غیرقابل قبول
۶- افزایش هزینه‌های کاربر

نمودار (۸-۱) مفاهیم مربوط به ارزیابی و خروجی‌های روسازی را به خوبی نشان می‌دهد. در این نمودار مقطعی از یک روسازی طی یک دوره تحت ارزیابی‌های مختلف قرار گرفته است و مشاهده می‌شود که در یک زمان معین میزان خرابی‌های روسازی به یک حد بحرانی رسیده است، در حالی که سایر خروجی‌ها به حد بحرانی نرسیده‌اند. این نقطه اولیه پایان عمر سرویس‌دهی روسازی است. بنابراین عملیات ترمیم در این نقطه زمانی صورت می‌گیرد. انجام عملیات ترمیم باعث بهبود اجزای دیگر وضعیت روسازی می‌شود (در این حالت ظرفیت سازه‌ای روسازی بالا می‌رود. کیفیت سواری‌دهی و مقاومت لغزشی بهبود می‌یابد و هزینه‌های نگهداری و کاربران کاهش می‌یابد).

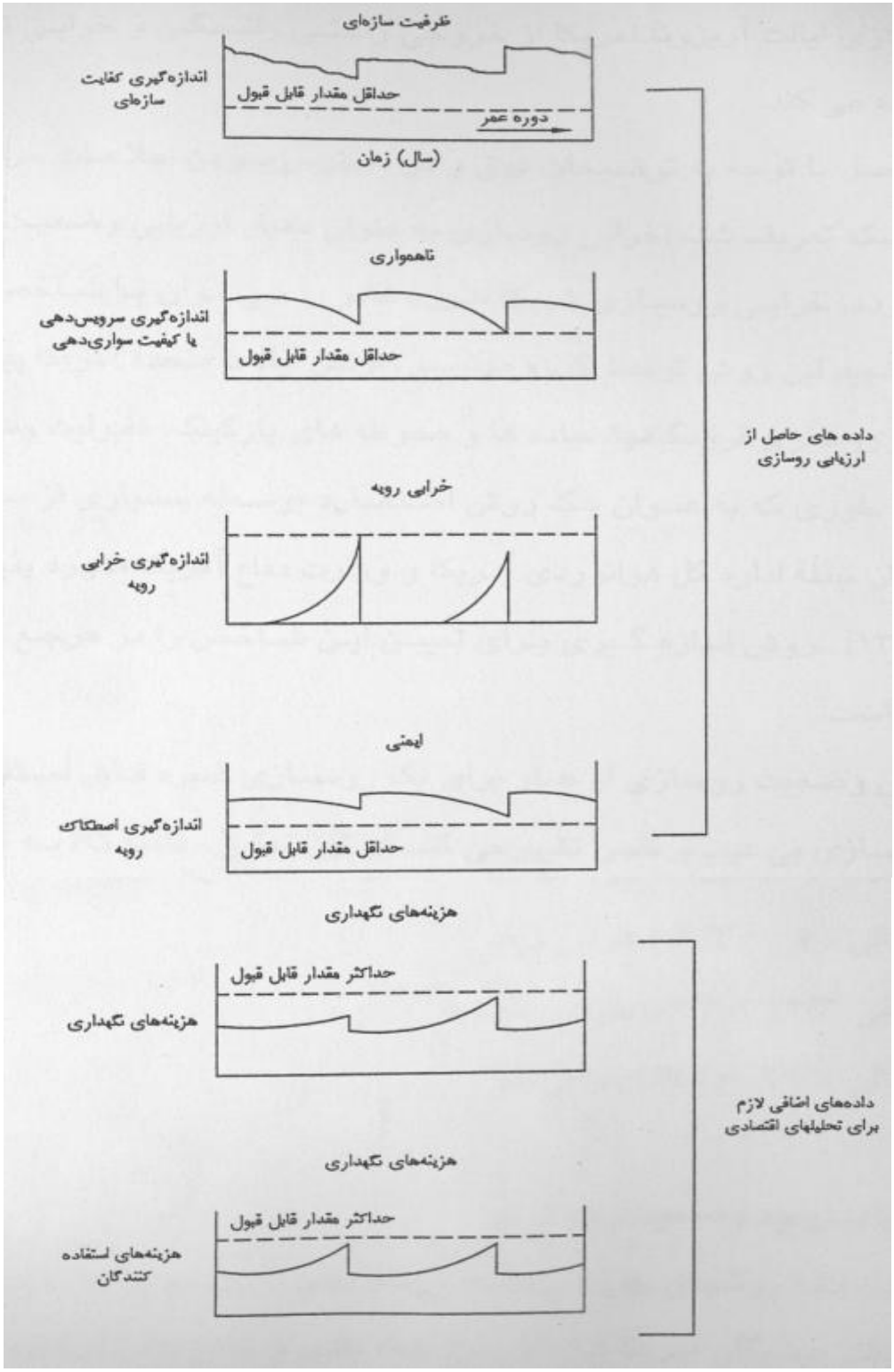
در مرحلهٔ دوم، وضعیت سهولت رانندگی به حداقل مقدار قابل قبول خود رسیده و عمر سرویس‌دهی اولین ترمیم به پایان می‌رسد. در این نقطه ترمیم دیگری بر روی روسازی اعمال می‌شود. این ترمیم باز بر روی دیگر اجزای وضعیت روسازی اثر می‌گذارد (نمودار ۸-۱ نشان می‌دهد که در طول دوره طرح روسازی می‌توان دو یا چند بار عملیات ترمیم را انجام داد).

همان‌طور که مشاهده شد، بخش ارزیابی روسازی موظف است که خروجی‌های ذکر شده را به صورت مستمر یا دوره‌ای اندازه‌گیری کند تا:

۱- اطلاعات لازم برای کنترل پیش‌بینی‌هایی که در دورهٔ طراحی به کار گرفته شده است، فراهم گردد تا زمینه لازم برای به‌هنگام‌سازی روش‌های پیش‌بینی ایجاد شود.
۲- فعالیت‌های ترمیم را مجدداً زمان‌بندی کند.
۳- داده‌های لازم برای بهبود مدل‌های طراحی را فراهم کند.
٤- داده‌های لازم برای بهبود روش‌های ساخت و نگهداری را فراهم نماید.

۵- اطلاعات لازم برای به‌روزکردن برنامه‌های شبکه را فراهم سازد.

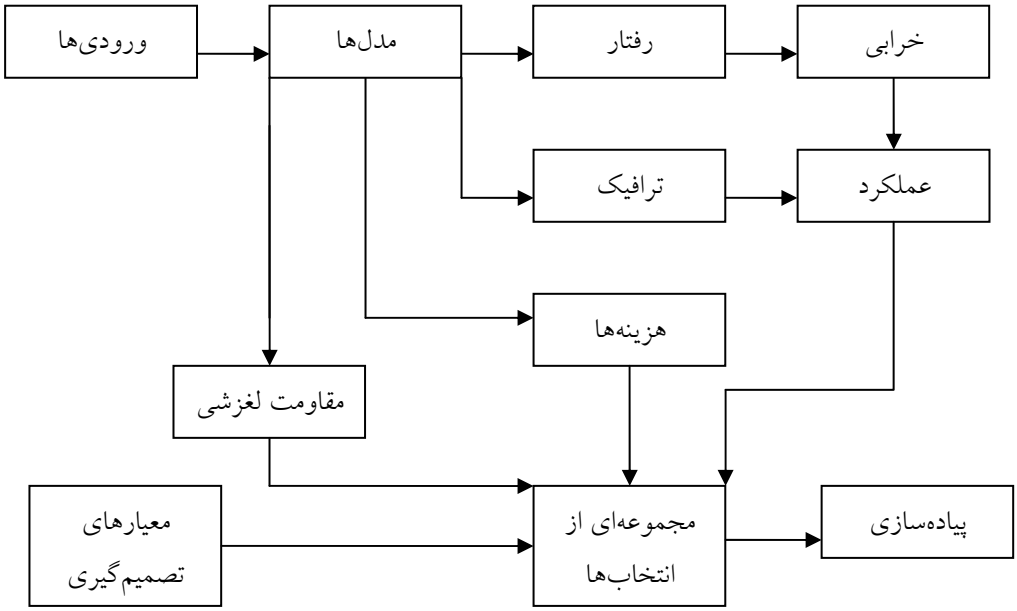
با توجه به مطالب فوق می‌توان گفت که بخش ارزیابی روسازی، قابلیت سرویس‌دهی به کلیه زیرسیستم‌های موجود در مدیریت روسازی را دارد و کلیدی‌ترین قسمت مدیریت روسازی است. این بخش ابزارهای لازم برای شناسایی نیازهای موجود در سطح شبکه و پروژه را فراهم می‌آورد.



نمودار(۸-۱) مقایسه ارزیابی‌های مختلف روسازی

۸-۳- استفاده از اطلاعات حاصل از ارزیابی

یکی از کاربردهای اصلی اطلاعات حاصل از ارزیابی، در بخش طراحی است. نمودار ساده‌ای از مراحل طراحی را می‌توان در نمودار(۸-۲) ملاحظه کرد.



نمودار(۸-۲) نمودار ساده‌ای از بخش طراحی روسازی

فرایندی که در این نمودار ملاحظه می‌شود نیازمند اطلاعاتی است که از بخش ارزیابی جمع‌آوری می‌شوند. زیبایی‌شناسی قسمتی از ارزیابی روسازی است که حالت ادراکی داشته (تحقیقات زیادی در این زمینه صورت نگرفته است) و از قسمت‌های پیچیده ارزیابی روسازی می‌باشد. شاید این ارزیابی را بتوان با جمع‌آوری نظرات کاربران و طراحان انجام داد. به طور مثال پرسیده شود این روسازی از نظر طراحان و از نظر کاربران چگونه به نظر می‌رسد؟

۸-۴- رابطه ارزیابی کاربران با ارزیابی‌های مهندسی

در مورد مسأله ارزیابی توجه اصلی کاربران مربوط به کیفیت سواری‌دهی روسازی است، در حالی که توجه اصلی مهندسان بیشتر در مورد کنترل کفایت سازه‌ای روسازی (یا به اصطلاح ارزیابی مکانیستیک روسازی) است. درک رابطهٔ بین این دو، اصلی‌ترین بخش مدیریت روسازی است.

سرویس‌دهی یا خدمت‌رسانی شاخصی برای اندازه‌گیری وضعیت روسازی در زمان حال است، در حالی که ارزیابی سازه‌ای یا مکانیستیک وسیله‌ای برای تخمین پاسخ آینده روسازی در برابر بارها می‌باشد. بنابراین ظرفیت باربری کم روسازی موجب کاهش سریع سرویس‌دهی روسازی در آینده خواهد شد، هرچند که ممکن است در زمان ارزیابی سرویس‌دهی خوبی داشته باشیم.

۹- سیستم‌های بازخورد اطلاعات

۹-۱- مقدمه

در طول سال‌های گذشته افرادی که با جنبه‌های مختلف مدیریت روسازی در ارتباط هستند، متوجه شده‌اند که جمع‌آوری سیستماتیک داده‌ها به همراه دسترسی راحت به این داده‌ها، به پیشرفت تکنولوژی روسازی کمک بزرگی خواهد کرد. با توجه به اینکه این تکنولوژی هنوز کامل نشده است و همچنین کیفیت و ارزش یک مدیریت روسازی تابعی از کیفیت تکنولوژی پشتیبان و اطلاعات در دسترس می‌باشد، در این حالت اگر سیستم بازخورد داده‌ها به طرز صحیحی طراحی و سازمان‌دهی شود، این بخش می‌تواند به عنوان حیاتی‌ترین بخش یک سیستم مدیریت روسازی مطرح گردد. بنابراین، با توجه به این نیاز، ایجاد و توسعهٔ چنین سیستمی درایالت تگزاس با اهداف زیر شروع شده است.

۱- جمع‌آوری داده‌های فیزیکی به همراه هزینه آنها طبق برنامه زمانی مشخص به منظور استفاده در واحد تحقیقات مدیریت روسازی در جهت ارزیابی سیستم‌های طراحی روسازی

۲- جمع‌آوری اطلاعات لازم در مورد فعالیت‌ها و هزینه‌های آنها برای استفاده در سطح مدیریت روسازی مربوط به ایالات و نواحی ایالات

تلاش اولیه در جهت رسیدن به این اهداف توسط هاس و همکارانش صورت گرفت [۹].سپس استورم و همکارانش نتایج حاصل از کارهای گروه اول رابه صورت جزیی‌تر و دقیق‌تر ارایه دادند [۱۰].

سیستم داده‌ها ممکن است از لحاظ مفهوم ساده باشد ولی از لحاظ اهداف گسترده و پیچیده است. هدف این سیستم تهیه و آماده‌سازی اطلاعات به صورت کافی و مؤثر، سریع و ارزان‌قیمت برای استفاده در زمینه‌های برنامه‌ریزی، طراحی، کارهای عملی و تحقیقات می‌باشد. اگرچه تهیه بانک اطلاعاتی از لحاظ مفهومی نسبتاً ساده است ولی تبدیل آنها به حالت عملی عمدتاً کار سختی است. عوامل اساسی که در توسعه و به‌کارگیری چنین سیستمی باید مورد توجه قرار گیرد عبارتند از:

۱- استفاده‌کنندگان از اطلاعات

۲- نیازها و درخواست‌های واقعی از سیستم

۳- گام‌های اساسی در توسعه و پیاده‌سازی آن

۴- داده‌های ورودی و فایل داده‌ها

۵- داده‌های لازم برای مدیریت داده‌ها و یا اجزای مورد نیاز برای مدیریت داده‌ها

۶- بازیابی داده‌ها و استفاده از آنها

مثال دیگر در این زمینه کاری است که توسط رانکل و کرک در ویرجینیا [۱۱] و کار دیگری توسط کمل و راتکا در انتاریو [۱۲] انجام شده است. همچنین مرجع [۱۳] یعنی راهنمای مدیریت روسازی در کانادا دارای راهنمایی‌های لازم در این زمینه می‌باشد. با توجه به اینکه مفهوم سیستم داده‌ها در زمینه مدیریت روسازی نسبتاً جدید و در حال تغییر و توسعه می‌باشد، بنابراین ارزیابی دقیق و متناسب این سیستم جزء ضروریات است. هدف این بخش نشان دادن اجزای

مورد استفاده در این روش‌ها می‌باشد. افرادی که علاقه زیادی به کسب اطلاعات در این زمینه دارند، بایستی نشـریات و اسناد ادارات مختلف در این زمینه را مطالعه کنند.

۹-۲- استفاده‌کنندگان از سیستم داده‌ها

استفاده‌کنندگان از سیستم داده‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- ادارات به صورت کلی،

۲- تک‌تک افرادی که در سطح مختلف مدیریت در داخل این ادارات از این داده‌ها استفاده می‌کنند.

گروه اول شامل تمامی اداراتی هستند که تصمیم گرفته‌اند چنین سیستمی را توسعه داده و یا پیاده‌سازی کنند. در یک ادارهٔ بزرگ گروه دوم می‌تواند به دو دسته تقسیم شود:

۱- گروه مرکزی که شامل افراد فنی و اداری در زمینه برنامه‌ریزی، مسایل طراحی، ساخت و نگهداری می‌باشند.

۲- گروه مربوط به ناحیه یا منطقه مشخص که در زمینه ساخت، طراحی و نگهداری فعالیت می‌کنند. هر کدام از این افراد می‌توانند در گروههای خاصی قرار گیرند.

در حالت ایده‌آل یک سیستم داده‌های روسازی بایستی در خدمت نیازهای طراحی اداری باشد و بایـد اطلاعـات لازم را برای تک‌تک کاربران فراهم کند. نکته قابل توجه این است که سیستم داده‌های مدیریت روسازی بایـد در داخـل یک سیستم بزرگتر (به نام سیستم بزرگ فعالیت‌های راهداری یا حمل‌ونقل) تعریف گردد زیرا رییس اداره در یـک ادارهٔ راه در تصمیم‌گیری در زمینه بودجه نیازمند کسب اطلاعات در کلیه زمینه‌ها و از جمله روسازی است.

۹-۳- مؤلفه‌های لازم برای سیستم داده‌های روسازی

یک سیستم اطلاعاتی کارآمد بایستی اطلاعات لازم را در اختیار کاربران قرار دهد، نه اینکه فقط یـک سـری داده در اختیار او بگذارد. جمع‌آوری داده‌ها به تنهایی کافی نیست بلکه آن چه که اهمیت دارد این است که این داده‌ها مطابق با نیازهای مدیریتی تحلیل شوند.

نمودار(۹-۱) نشان دهندهٔ یک سیستم دادهٔ روسازی است. اگر چه در نمودار، بخش جمع‌آوری و یا استفاده کننده از داده‌ها به صورت جداگانه نشان داده شده است ولی در عمل کاربران داده‌ها یک شخص، یک دفتر و یـا یـک بخـش می‌باشند. با توجه به اینکه اطلاعات مورد استفاده در دو سطح جداگانه (ادارات و تک‌تک افراد) استفاده می‌شود، بنابراین در طراحی چنین سیستمی بایستی به نیازهای هر بخش به صورت جزیی‌تر توجه شود. اجزای مورد نیاز در این سیسـتم که در ارتباط با فازهای مختلف PMS هستند، عبارتند از:

- **برنامه‌ریزی**

در این بخش تخصیص بودجه و برنامه زمان‌بندی فعالیت‌ها در زمینه بهسـازی روسـازی در سـطح شـبکه راههـا بایستی انجام شود. این اطلاعات به صورت دوره‌ای با ارزیابی داده‌ها در سطح شبکه فراهم مـی‌شـود. چنـین اطلاعـاتی بایستی به صورت مؤثری پردازش شده و به آسانی در دسترس باشند.

- **طراحی**

این اطلاعات شامل اطلاعاتی است که موجب بهبود تکنولوژی طراحی شده و در ارزیابی اقتصادی و طراحی سازه روسازی استفاده می‌شوند. این اطلاعات می‌تواند مربوط به داده‌های حاصل از ظرفیت باربری سازه‌ای، سرویس‌دهی و شرایط روسازی در ارتباط با هزینه‌های مصالح و ترافیک باشند. همچنین این اطلاعات در زمینه پیش‌بینی عملکرد و تحلیل‌های صحیح می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

- **ساخت**

نیازهای بنیادی و اولیه در زمینه ساخت عبارت است از ارزیابی روش‌های ساخت، مشخصات مصالح، روش‌های کنترل و استفاده از مصالح و منابع. این موارد به اطلاعاتی در مورد هزینه‌های ساخت، مشخصات مصالح ساخته شده، شرایط محیطی و زمان ساخت نیاز دارد. اگر چنین اطلاعاتی در دسترس نباشد، ارزیابی‌های مرحلهٔ ساخت به صورت یک کار برنامه‌ریزی نشده تبدیل خواهد شد.

- **نگهداری**

نیازهای اولیه در زمینه نگهداری، شامل اطلاعاتی در زمینه برنامه‌ریزی فعالیت‌ها، ارزیابی مؤثر بودن روش‌های نگهداری، ارزیابی مؤثر بودن مصالح استفاده شده و ارزیابی روش‌های طراحی می‌باشد. این اطلاعات می‌توانند از سیستم بازخورد گرفته شوند. اگر چنین اطلاعاتی به صورت گزینه‌های وضعیت ایمنی و سرویس‌دهی روسازی در دسترس نباشند، در این صورت عمل نگهداری به راحتی انجام نمی‌شود.

- **تحقیقات**

اطلاعات حاصل از بازخورد در فازهای طراحی، ساخت نگهداری و برنامه‌ریزی می‌توانند به صورت عمیق و مفهومی در بخش تحقیقات بررسی شوند. این امر زمینه لازم برای پیشرفت تکنولوژی را فراهم می‌آورد. در این زمینه، توجه به نکات زیر لازم است:

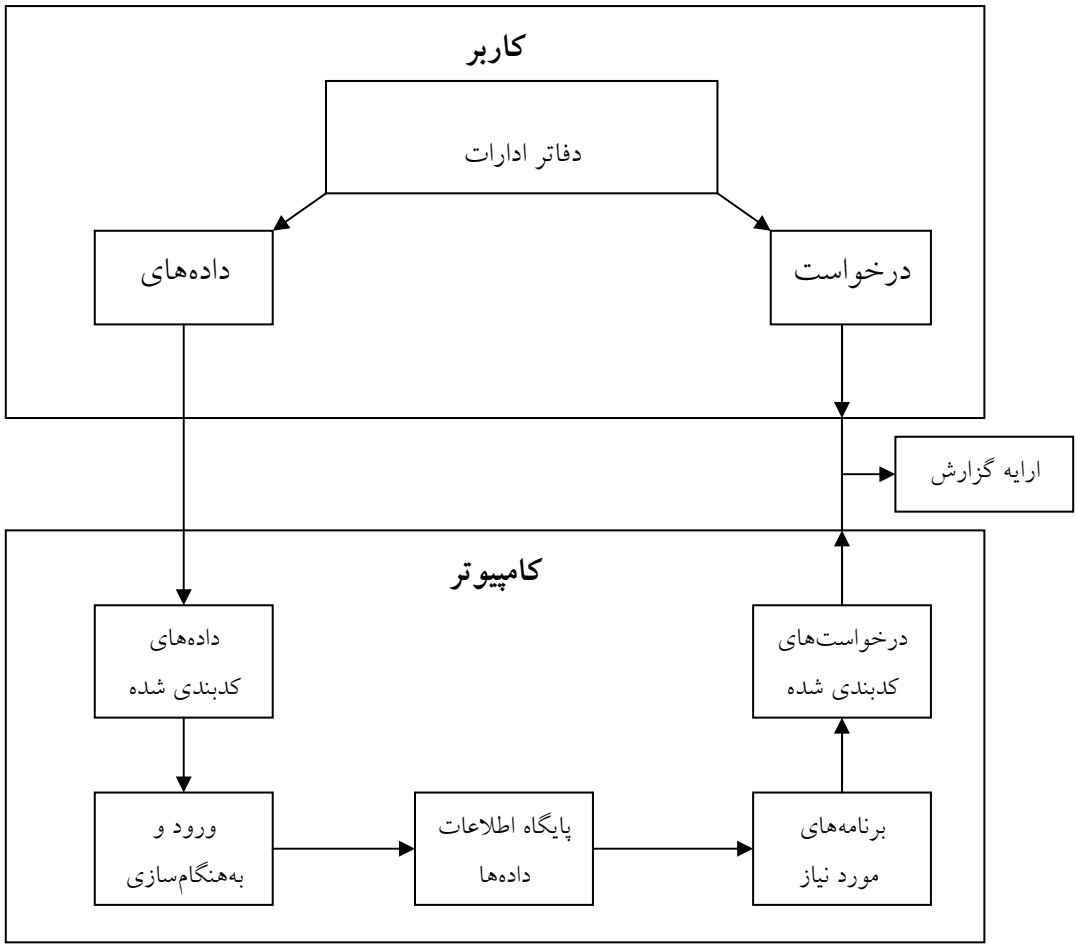
۱- تعداد داده‌های مورد نیاز که بتواند پاسخگوی نیازهای فوق باشد، بسیار زیاد است و مدیریت این داده‌ها را با مشکل مواجه می‌کند. محدودیت‌های موجود در زمینه بودجه و پرسنل و منابع، گسترش این بخش از سیستم مدیریت روسازی را با مشکل مواجه می‌کند ولی نبایستی شرایطی ایجاد کرد که ایجاد چنین سیستمی تحت تأثیر کامل این محدودیت‌ها قرار گیرد. بنابراین لازم است عملکرد کلیه داده‌ها با دقت ارزیابی شود و کاربران آنها مشخص شوند تا از این طریق سیستم به صورت بخش‌های مدیریتی اداره شود.

۲- استفاده از داده‌های تمام فازهای مدیریت روسازی بایستی به صورت سازگار صورت گیرد (سازگاری عبارت است از اندیس‌دهی مشترک داده‌ها و مشخصات سیستم و ...). این داده‌ها علاوه بر سازگاری داخلی بایستی از سازگاری خارجی نیز برخوردار باشند (سازگاری خارجی عبارت است از رفع نیازهای سیستم

اطلاعات داده با استفاده از اطلاعات خارج از سیستم PMS به عنوان مثال داده‌های ترافیکی که در سایر بخش‌های سیستم حمل‌ونقل وجود دارد).

۳- برای پیاده‌سازی سیستم مدیریت داده‌ها کانال‌های ارتباطی و یا جریان‌های اطلاعاتی در داخل ادارات بایستی به وضوح شناسایی شود و مورد استفاده قرار گیرد. ایجاد کانال‌های ارتباطی اضافی ممکن است موفقیت بالقوهٔ سیستم داده‌های روسازی را محدود کند.

۴- نکته مهم دیگر این است که سیستم مدیریت داده‌های روسازی طی مراحلی تکمیل می‌گردد. اکثر ادارات منابع لازم آنی و کافی برای تکمیل چنین سیستمی را ندارند. علاوه بر این ایجاد سریع و آنی چنین سیستم‌هایی اجازهٔ تشخیص نقطه‌ضعف‌ها و ایجاد تغییرات سیستماتیک را نمی‌دهد. بنابراین این سیستم در مراحل تکمیل شدن بایستی ارزیابی شود. این ارزیابی‌ها می‌تواند تحت گزینه‌هایی مانند ارزیابی عملکردی و سرویس‌دهی مطرح شوند.



نمودار (۹-۱) ماهیت کاری سیستم مدیریت روسازی

۹-۴- گام‌های اساسی در توسعه و پیاده‌سازی سیستم داده‌های روسازی

این گام‌ها در نمودار (۹-۱) نشان داده شده‌اند. در گام اول بایستی یک طرح پیشنهادی ارایه شود. سپس این طرح‌ها بایستی مورد تایید قرار گیرند. طرح پیشنهادی شامل سؤالات کلیدی به همراه پاسخ‌های آنها می‌باشد که در بالای نمودار نشان داده شده است.

دومین مرحله، برنامه‌ریزی و طراحی سیستم می‌باشد. در این قسمت سیستم‌هایی که با این روش کار می‌کنند، مورد بررسی و مرور قرار می‌گیرند، اهداف و محدودیت‌ها تعریف می‌گردند، فعالیت‌های کاری مشخص می‌شوند و برنامه زمان‌بندی فعالیت‌ها به همراه هزینه‌های احتمالی پیش‌بینی می‌شود. مرحلهٔ بعد شامل پیاده‌سازی آزمایشی سیستم می‌باشد. در این مرحله چندین کار به صورت متوالی انجام می‌شود که عبارتند از:

۱- توسعه یک پایگاه داده و سیستم شماره‌گذاری رمزی
۲- انتخاب داده‌های ورودی
۳- انتخاب نرم‌افزار و سخت‌افزار
۴- انتخاب ورودی‌های داده‌ها
۵- توسعهٔ یک برنامهٔ نمونه‌گیری

علاوه بر مراحل فوق، دو مرحلهٔ مهم دیگر نیز وجود دارند که عبارتند از:

۶- ایجاد یک راهنما و دستورالعمل برای استفاده از سیستم
۷- نحوهٔ ارتباط بخش بازخورد با جمع‌آوری‌کنندگان داده‌ها

این دو قسمت جزء بخش‌های اساسی مسأله بوده و نیاز به توجه زیادی دارد. مرحلهٔ بعدی کار عبارت است از بازنگری سیستم که شامل دو قسمت است:

۱- بازنگری سریع بعد از اجرای آزمایشی
۲- بازنگری دوره‌ای برای ارزیابی و ارتقای کیفیت

در ادامه بایستی نرم‌افزاری وجود داشته باشد که خدمات لازم را به کاربران سیستم (افراد فنی و اداری) ارایه دهد. این نرم‌افزارها با توجه به نیازهای دقیق و تعریف شده و یا نیازهای اتفاقی طراحی می‌شوند (به صورت گزارش‌های جاری و دوره‌ای).

۹-۵- فایل‌های ورودی و داده‌های ورودی

انتخاب آیتم‌های داده‌های ورودی یکی از مهم‌ترین بخش‌های سیستم داده‌ها است. بنابراین، در انتخاب آیتم‌های داده‌ها دقت زیادی باید صورت گیرد. همچنین بایستی کاربری داده‌ها و افرادی که از این داده‌ها استفاده خواهند کرد، مشخص شود. عدم دقت در انتخاب داده‌ها ممکن است باعث ناکارآمدی سیستم شود بنابراین می‌توان گفت اگر دقت کافی در این زمینه صورت نگیرد، سیستم به صورت یک سیستم کاراً عمل نخواهد کرد.

نقطه شروع در زمینه جمع‌آوری داده‌ها عبارت است از تهیه فهرستی از کلیه کلاس داده‌ها و متغیرهای مورد استفاده در کلیه فازهای PMS و سپس انتخاب تعدادی از آنها. به عنوان مثال استورم در ایالت تگزاس در زمینه روسازی‌های انعطاف‌پذیر مراحل زیر را انجام داد:

۱- جمع‌آوری و تهیه فهرستی از آیتم‌های مورد نیاز

۲- انتخاب تعدادی از آیتم‌ها با توجه به مشورت‌های انجام شده با جمع‌آوری‌کنندگان و کاربران

توجه به این نکته ضرورت دارد که اغلب داده‌هایی که مربوط به سطوح مدیریت هستند نسبت به داده‌های مورد نیاز در بخش تحقیقات و طراحی ترجیح داده می‌شوند. همچنین انتخاب فهرست مشخصی از داده‌ها برای تمام ادارات راه ممکن نیست زیرا آیتم‌های کاری یک اداره با ادارهٔ دیگر تفاوت دارند. داده‌های جمع‌آوری شده بایستی دارای ویژگی‌های زیر باشند:

۱- کافی بودن و قابل اعتماد بودن داده‌ها

۲- داشتن مرجع مشخص (تا مکانی که داده‌ها از آن جمع‌آوری شده‌اند مشخص گردد و بدیهی است مرجع‌دهی مزبور، باید به گونه‌ای باشد که داده‌های مربوط به بخش‌های برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری و ارزیابی به هم وصل شوند).

چندین روش برای مشخص شدن موقعیت مکانی داده‌ها وجود دارد که عبارتند از:

۱- هماهنگ‌سازی جغرافیایی

۲- شمارهٔ بزرگراهها و شمارهٔ مقاطع و کیلومتر آن

۳- شمارهٔ پروژهٔ اجرایی راه و کیلومتر آن

در تگزاس و اونتاریو از روش ۲ و ۳ استفاده می‌شود. روش اول روش خوبی است، ولی با این حال تبدیل مرجع‌دهی نقاط به یکدیگر ممکن است مشکل و غیرممکن باشد.

جمع‌آوری داده‌ها در مراحل ساخت، طراحی، نگهداری و ارزیابی دوره‌ای به وسیلهٔ اعضای ادارات منطقه‌ای راه و نیز توسط ادارات مرکزی و یا هر دوی آنها انجام می‌شود. در اونتاریو جمع‌آوری داده‌ها توسط بخش مرکزی و به صورت دوره‌ای و برای هر ۲ الی ۴ مقطع از ۱۰۰۰ الی ۲۴۰۰ فوت صورت می‌گیرد. داده‌های مربوط به مرحلهٔ طراحی و ساخت از دو بخش ادارات مرکزی و ناحیه‌ای جمع‌آوری می‌گردد. نحوهٔ جمع‌آوری داده‌ها بستگی به ساختار سازمانی ادارات مربوطه، منابع در دسترس، بزرگی سازمان مربوطه، نیازها و ... دارد. نمونه‌ای از جمع‌آوری داده‌ها توسط ادارات مزبور به شکل زیر است:

۱- جمع‌آوری داده‌ها بر اساس قضاوت‌های شخصی

۲- جمع‌آوری داده‌ها به وسیله اندازه‌گیری‌های صحرایی و یا آزمایشگاهی

۳- جمع‌آوری داده از بخش‌های دیگر راه (به عنوان مثال داده‌های ترافیکی)

٤- تهیه و تولید داده‌های جدید بر اساس پردازش مراحل ۲ و ۳

۹-۵-۱- فایل داده‌ها

روش‌های مختلفی برای ایجاد فایل داده‌ها وجود دارد. به عنوان مثال در سیستم اونتاریو دو فایل اصلی ایجاد شده است که عبارتند از:

۱- فایل اصلی

۲- فایل عملکردی

داده‌های فایل اصلی شامل داده‌های طراحی، ساخت، کنترل کیفیت و عملکرد مقاطع در طول زمان می‌باشد ولی فایل عملکردی شامل کلیه داده‌های جزءبه‌جزء شده در هر مقطع می‌باشد. در نمودار زیر نحوهٔ طبقه‌بندی فایلها در سیستم اونتاریو نشان داده شده است. به عنوان مثال در سیستم پایگاه اطلاعات سیستم روسازی تگزاس، یک فایل اصلی به همراه شش زیرفایل تعریف شده است. فایل اصلی شامل داده‌هایی در مورد ابعاد سازهٔ روسازی، مشخصات ساخت، کیفیت یا نوع مصالح و هزینه‌ها و ... می‌باشد. زیرفایل‌های مورد استفاده در این سیستم عبارتند از:

۱- زیرفایل داده‌های عملکردی شامل داده‌هایی که از ارزیابی دوره‌ای عملکرد روسازی به دست می‌آید و شامل موارد زیر است:

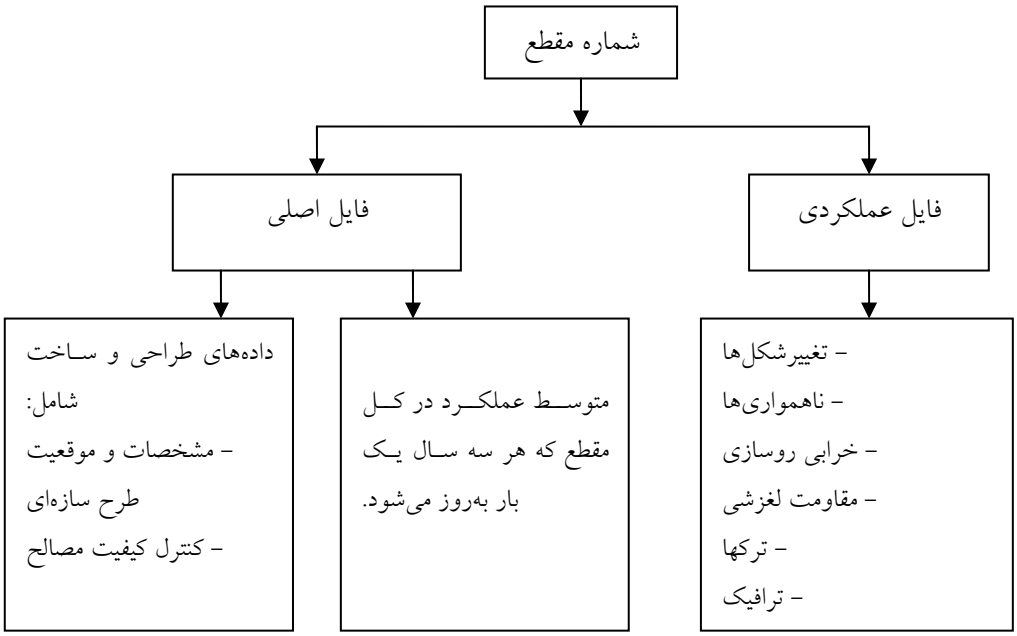
- ناهمواری
- خرابی روسازی
- مقاومت لغزش

۲- زیرفایل مربوط به نگهداری روکش و سیل‌کت که شامل ویژگی‌ها و مشخصات هر یک از این موارد به همراه هزینه‌های آنها می‌باشد.

۳- زیرفایل زیست‌محیطی که شامل داده‌های دوره‌ای در زمینه بارندگی، دما، تغییرات رطوبت و یخبندان می‌باشد.

۴- زیرفایل مصالح که شامل اطلاعاتی در مورد مشخصات فیزیکی و شیمیایی اجزای مصالح روسازی که از ارزیابی‌های دوره‌ای و یا نقشه‌های نهایی مرحله ساخت به دست می‌آید.

داده‌های ترافیکی شامل داده‌های اولیه و دوره‌ای در مورد ترافیک (حجم، درصد وسایل نقلیه مختلف وزن و ... در طول زمان).



نمودار(۹-۲) نحوه طبقه‌بندی فایل داده‌ها

۹-۶- مدیریت داده‌ها

سیستم داده‌ها از ساده‌ترین حالت یعنی تهیه فایل‌های دستی تا سیستم‌های کاملاً پیشرفته کامپیوتری می‌تواند طراحی شود. چون اکثر ادارات دارای سیستم‌های کامپیوتری می‌باشند، بنابراین منطق حکم می‌کند که سیستم داده‌های روسازی شکل کامپیوتری داشته باشد. چنین سیستمی روش‌های اصلاح داده‌ها، ذخیره‌سازی آنها، به‌روزکردن داده‌ها و بازخوانی آنها را به راحتی انجام می‌دهد. انجام مراحل فوق یعنی ایجاد یک محیط مشترک برای فایل‌ها، قابلیت تغییر و اجازه برهم‌کنش داده‌ها جزء مطالبی است که در مدیریت داده‌ها مطرح می‌شود. البته مدیریت داده‌ها بایستی متناسب با اهداف و عملکرد ادارهٔ مزبور باشد.

۹-۷- داده‌های خروجی

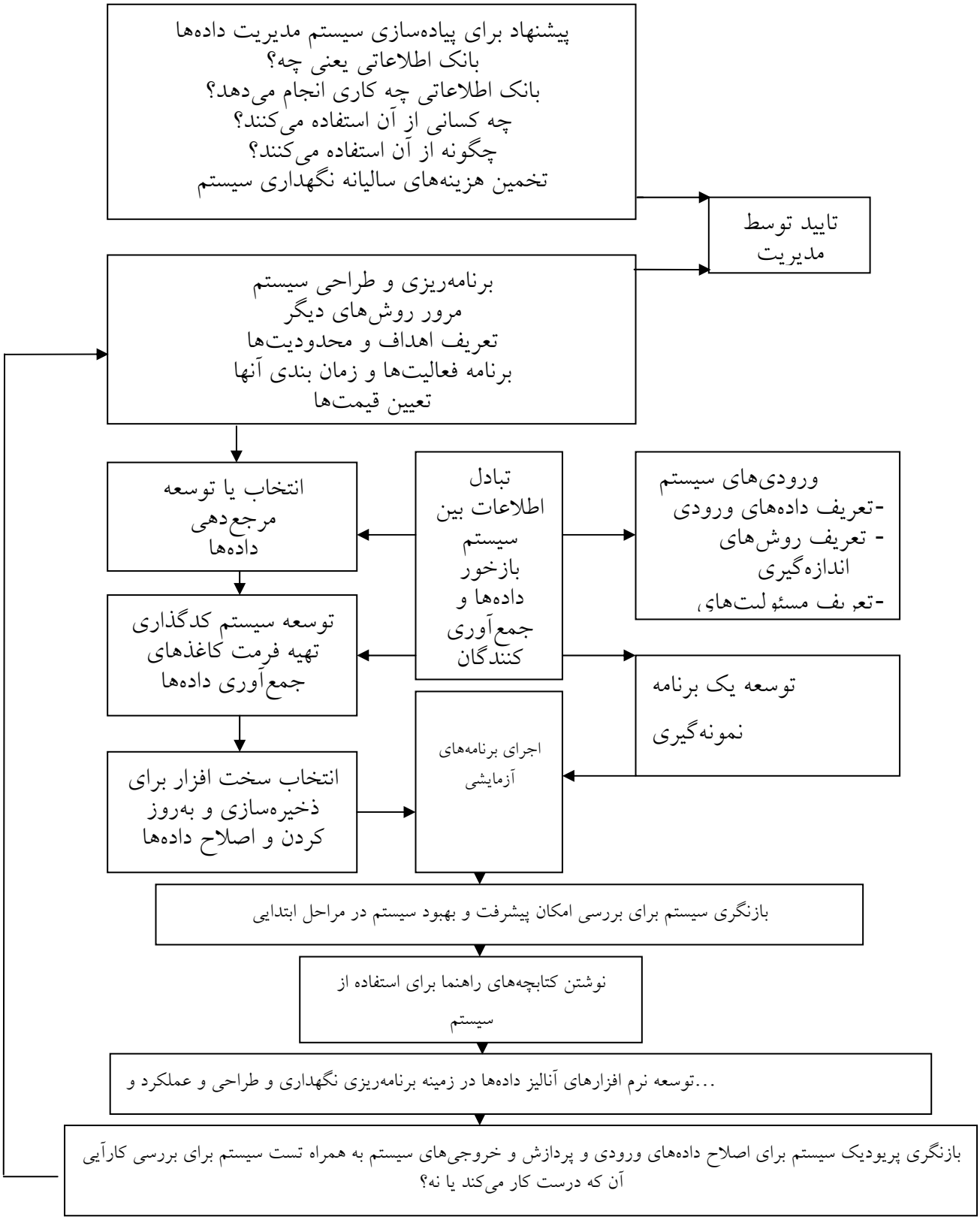
داده‌های خروجی می‌توانند به صورت‌های زیر باشند:

۱- گزارش‌های استاندارد و دوره‌ای

۲- گزارش موقت برای مشکلات و نیازهای مشخص

نوع اول داده‌ها، اطلاعاتی است که به صورت عادی و معمول در اختیار تصمیم‌گیران گذاشته می‌شود. اگر این اطلاعات به صورت گرافیکی یا نمایشی باشند، جذابیت آنها بالا می‌رود. به عنوان مثال مجموعهٔ مقاطع روسازی که سرویس‌دهی آنها از یک حد کمتر است و می‌تواند کاندید عملیات تعمیر و نگهداری باشد، نمونه‌ای از گزارش‌های نوع اول است.

نوع دوم داده‌ها، اطلاعاتی هستند که که در زمینه طراحی ساخت، نگهداری و تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال با استفاده از این اطلاعات می‌توان فهرست پروژه‌هایی که دارای قیمت و ارزش مشخص هستند را تهیه کرد. نمودار (۹-۳) نحوه پیاده‌سازی سیستم داده‌ها را نشان می‌دهد.



نمودار(۹-۳) نحوه پیاده‌سازی سیستم داده‌ها

۱۰- مدیریت تحقیقات روسازی

۱۰-۱- شناسایی نیازهای تحقیقاتی

برای شناسایی نیازهای تحقیقاتی آتی، اخیراً فعالیت‌هایی در زمینه سازمان‌دهی و چارچوب‌بندی کلیه علوم روسازی موجود، هر چند به صورت محدود صورت گرفته است. شناخت دقیق رشد علمی تا زمان حال، به راحتی نیازهای تحقیقاتی آینده را مشخص می‌نماید. متأسفانه با توجه به اینکه در طراحی، نگهداری و ساخت روسازی جزییات زیادی وجود دارد، ادارات راه درگیر این جزییات می‌شوند و از اهداف خویش غافل می‌مانند به طوری که هماهنگی خود را با بخش‌های تحقیقاتی قطع می‌کنند. آنچه که امروز در مدیریت روسازی مطرح است فراهم نمودن برنامه‌ای سیستماتیک برای تحقیقات در زمینه توسعه یک سیستم طرح، ساخت و نگهداری روسازی در جهت استفاده بهینه از سرمایه‌ها و پرسنل می‌باشد.

۱۰-۲- پارامترهای سیستم

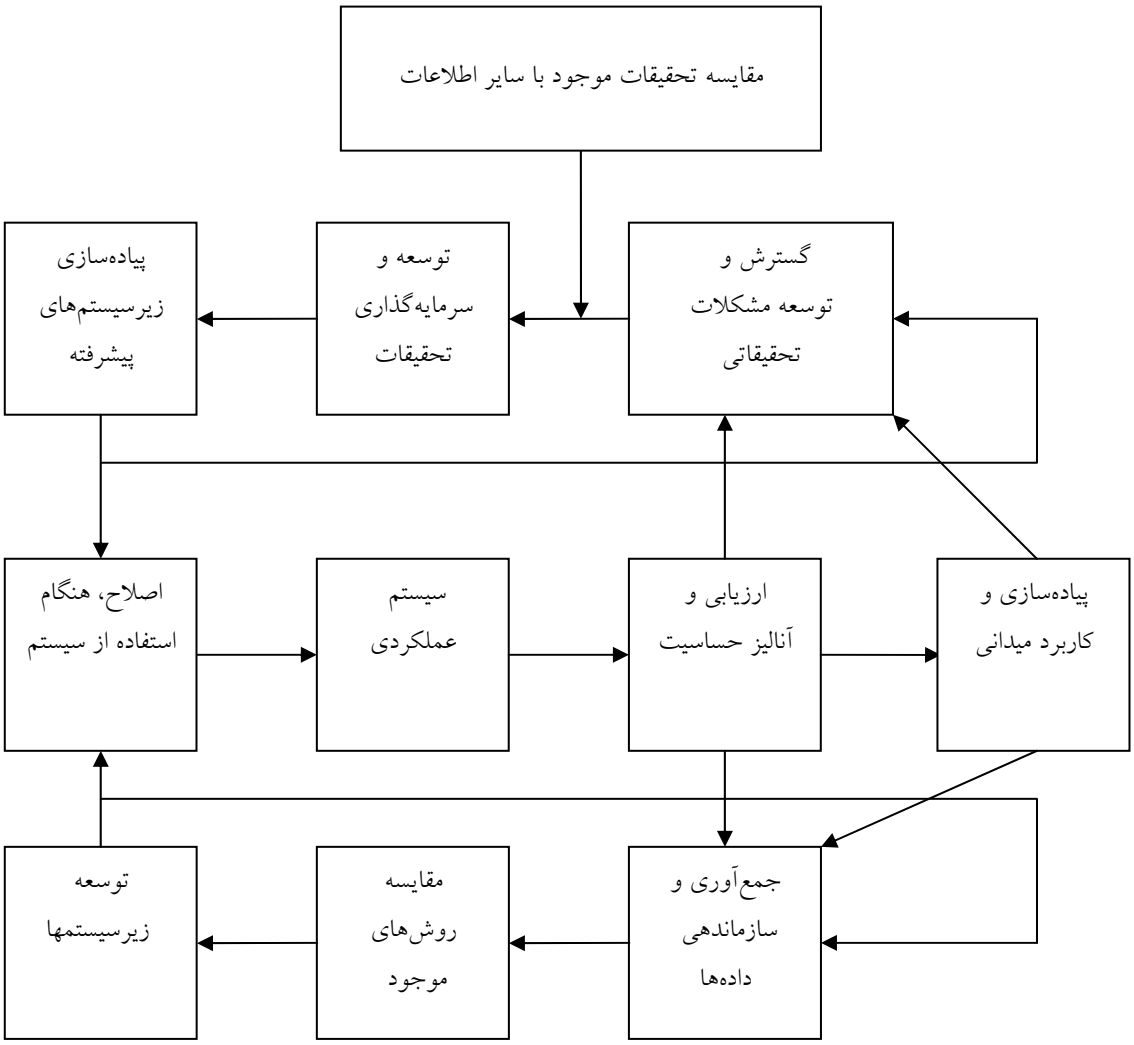
زمانی که سیستم روسازی و زیرسیستم‌های آن به صورت دقیق بررسی می‌شود، مجموعهٔ دقیقی از پارامترهایی که این سیستم را تعریف می‌کنند شناسایی می‌گردند. هر کدام از این پارامترها می‌توانند تابعی از زمان مکان، هندسه، و یا سایر متغیرها باشند. مدل‌های ایجاد شده می‌توانند کاملاً پیچیده باشند. مجموعه‌ای از پارامترهای فوق را می‌توان مدل کرد و سپس این مدل را حل نمود. از طرفی، علم سیستم در هر نقطه از زمان کامل نیست و با گذشت زمان کامل می‌شود. این علم به گونه‌ای است که از مطالعهٔ مستمر اجزای سیستم ایجاد می‌شود و با ارایه مدل‌های ساده توسعه داده می‌شود و آنگاه با کاربرد این مدل‌ها و به دست آوردن داده‌های خروجی مدل‌ها بهبود و توسعه می‌یابند. بنابراین می‌توان گفت که سیستم مدیریت روسازی از چنین مسیری عبور خواهد کرد. فعلاً پارامترهایی که بایستی در سیستم مدیریت روسازی به آن توجه شود عبارتند از:

۱- مدلی که استفاده می‌شود،
۲- تحقیقات قبلی در زمینه رفتار روسازی و عامل مهم به کار رفته،
۳- کیفیت تکنیک‌های اندازه‌گیری برای تعیین پارامترهایی که بایستی در سیستم به کار روند،
۴- کیفیت داده‌ها و ذخیره‌سازی آنها که بایستی در بهبود سیستم استفاده شود،
۵- کنترل کیفیت و تغییرپذیری داده‌ها (که ماهیت ذاتی دارند).

عوامل فوق مهمترین عوامل در طراحی سیستم مدیریت روسازی می‌باشند و بایستی به آنها توجه شود.

عملاً یک سیستم درحالت چرخشی به راحتی حل می‌گردد و بنابراین پیشرفت‌ها و بهبودها در گام‌های تدریجی میسر خواهند بود (مطابق نمودار ۱۰-۱). برای نیل به این هدف، ابتدا حالت موجود سیستم بایستی در نظر گرفته شود. سپس آنالیز حساسیت بایستی بر روی آن صورت گیرد و از آن در بهبود سیستم استفاده شود. این بهبودها باید گام‌به‌گام باشد.

بنابراین روش ساختن مدل، انتخاب پارامترهای کلی و توسعه سیستم کلی به آرامی صورت می‌گیرد (به هر حال همیشه سؤالاتی مانند این وجود دارد که چه پارامترها و داده‌هایی بایستی انتخاب شود و این داده‌ها و پارامترها بایستی چگونه خلاصه شوند. به عنوان مثال در آزمایش آشتو، دادهٔ ورودی تعداد محور معادل ۸/۲ تن می‌باشد که معادل با حجم وسیعی از داده‌های ورودی است).



نمودار (۱۰-۱) روش چرخه‌ای بهبود سیستم‌های مدیریت و طراحی روسازی

۱۰-۳- تعیین اولویت‌ها

یکی از مهم‌ترین قسمت‌ها در مدیریت تحقیقات تعیین تقدم و تأخر فعالیت‌ها است. اغلب هیچ بودجه تحقیقاتی برای غلبه بر تمام مشکلات تحقیقاتی کافی نمی‌باشد. در گذشته تقدم و تأخر پروژه‌های تحقیقاتی با توجه به علاقه اصلی یا توانایی گروههای تحقیقاتی صورت می‌گرفت، بدون اینکه به نیازهای واقعی آنها توجهی شود.

حال راه دسترسی به حل مسأله وجود یک سیستم مدیریت روسازی است که در حال بهره‌برداری می‌باشد. با انجام آنالیز حساسیت بر روی چنین سیستمی، می‌توان پارامترهایی را که نقش اساسی در خروجی‌های سیستم دارند، به دست آورد. این نتایج می‌توانند با تخمین‌های قبلی نیز مقایسه شوند. حال با ترکیب چنین اطلاعاتی، با توجه به مسألهٔ تقدم و تأخر، فهرستی از عوامل مهم را می‌توان تهیه کرد. سپس، این فهرست بایستی با هزینه‌های تحقیقاتی و سود حاصل از این بخش‌ها مقایسه شود.

۱۰-۴- پیاده‌سازی و به‌کارگیری نتایج تحقیقات

در بخش‌های تحقیقاتی توجه زیادی به اجرای نتایج تحقیقات می‌شود. نتایج حاصل از تحقیقات معمولاً به بخش راه و حمل‌ونقل منتقل می‌شود. متأسفانه عکس‌العمل ایجاد شده نسبت به این نتایج نامناسب می‌باشد. بنابراین در بسیاری از حالات، برای اجرای نتایج تحقیقات، گروههایی به نام گروه اجرایی ایجاد می‌شوند تا مسؤول اجرایی چنین نتایجی باشند. بهترین زمان برای اجرای نتایج تحقیقات زمانی است که تحقیق در آن صورت گرفته است. شناخت صحیح تأثیر توسط مؤسسه اجرایی و درک صحیح مسأله توسط واحد تحقیقات از ضروریات پروژه‌های تحقیقاتی است. زمانی که این مراحل اجرا می‌شود، مکانیزم خودکار اجرای نتایج تحقیقات خلق می‌شود.

وجود یک سیستم مدیریت روسازی، ساختار منسجمی را برای تعریف نیازهای تحقیقاتی و پیاده‌سازی نتایج آن را فراهم می‌کند. زمانی که یک مسأله بدین گونه تعریف می‌شود، امکان مقایسه سیستم موجود با یک سیستم ایده‌آل فراهم شده و از این طریق حلقه مفقوده در سیستم یافت می‌شود. اثر متقابل حلقه‌های مفقوده یا زیرسیستم‌ها با زیرسیستم‌های پیرامون که به شکل ورودی‌ها و خروجی‌ها خواهند بود، منجر به تعریف نیازهای تحقیقاتی می‌شود. اگر زمان‌بندی و سرمایه‌گذاری بر روی این مسأله صورت گیرد، نتایج حاصل از این تحقیقات باعث بروز و نو شدن زیرسیستم مربوطه می‌شود (در این مسأله بایستی به مسأله تقدم و تأخر توجه کرد).

وجود افرادی که رابط بین واحد تحقیقاتی و واحد اجرایی می‌باشند، انتقال سریع مفاهیم تحقیقاتی را به کاربران فراهم می‌نمایند. این افراد از طریق کلاس‌های آموزشی، تهیه کتابچه‌ها و یا اسناد خاصی می‌توانند این مفاهیم را به کاربران منتقل نمایند.

۱۱- پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی

۱۱-۱- مقدمه

مهم‌ترین بخش مدیریت روسازی مرحلهٔ پیاده‌سازی آن است. این بدان معنی است که یک طرح بهینه بایستی اجرا شود، مورد بهره‌برداری قرار گرفته و نگهداری شود. این بخش به مسأله پیاده‌سازی از دو دیدگاه نگاه می‌کند:

۱- پیاده‌سازی و عملی نمودن یک سیستم کامل مدیریت روسازی و یا بخش‌های مشخصی از آن

۲- توجه به مرحله پیاده‌سازی به عنوان بخشی از فعالیت مدیریت روسازی که در آن هدف مرحلهٔ اجرا و نگهداری یک استراتژی طراحی است.

تا به حال روش جامعی برای پیاده‌سازی یک سیستم مدیریت روسازی ارایه نشده است. فقط جامعه حمل‌ونقل و راه کانادا در کتاب راهنمای مدیریت روسازی، اجزای این سیستم را معرفی می‌کند [۱۳]. این راهنمایی‌ها برای اداراتی که به دنبال اهداف زیر هستند تهیه شده است:

۱- توسعه و پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی

۲- بهبود سیستم موجود

۳- قبول و پذیرش یک سری فعالیت‌های جدید

این کتاب هم مسایل فنی و هم مسایل اداری را در نظر گرفته است. در این بخش سعی خواهد شد راهنمایی‌های کتاب فوق با یک دیدگاه کلی‌تر (متناسب با اهداف کتاب) توضیح داده شود.

۱۱-۲- مهم‌ترین و اصلی‌ترین گام در پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی

در بخش‌های قبلی متوجه شدیم که یک سیستم مدیریت روسازی می‌تواند از مؤلفه‌ها و استراتژی‌های مختلفی تشکیل شود. به عنوان مثال در بخش تحلیل سازه‌ای (به عنوان بخشی از مرحله طراحی) یک سازمان ممکن است از یک تحلیل لایه‌ای احتمالی استفاده کند، در حالی که سازمان دیگر ممکن است در این زمینه از روش سادهٔ تجربی استفاده کند. بنابراین، اگر چه یک سیستم مدیریت روسازی خوب ممکن است از ساختار مشخص و واضحی برخوردار باشد، ولی این سیستم بایستی متناسب با نیازها، مهارت‌ها و منابع موجود در هر اداره‌ای طراحی گردد. بنابراین پیاده‌سازی این سیستم برای مؤسسات و گروههای مختلف (متناسب با نیازها و منابع آنها) تغییر خواهد کرد.

گام‌های پیاده‌سازی PMS را می‌توان در زیر مشاهده کرد:

۱- تصمیم برای پیاده‌سازی یک PMS و یا اجزای مشخصی از آن

۲- تشکیل یک نیروی کاری یا گروه مطالعاتی برای مرور دوبارهٔ سیستم، شناخت نیازها و ارایه پیشنهادات

۳- جمع‌آوری و تهیه فهرستی از فعالیت‌های سیستم مدیریت روسازی موجود در قالب یک سیستم مشخص

۴- مشخص کردن نقایص موجود در فعالیت‌های مدیریت روسازی موجود به شکل:

الف– روش‌های اداری

ب– روش‌های فنی

۵- ارایه یک برنامهٔ زمان‌بندی و یک برنامهٔ کاری دقیق به منظور پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی و یا انجام فعالیت‌های مشخص در داخل سیستم مدیریت موجود
۶- ارایه روش‌های انتخاب استراتژی در سطح شبکه و پروژه
۷- پیاده‌سازی مطابق با برنامهٔ زمان‌بندی و برنامهٔ کاری
۸- بازرسی مستمر یا دوره‌ای سیستم و انجام تلاش در جهت بهبود مستمر یا دوره‌ای فعالیت‌های سیستم گام‌های فوق به صورت جزیی‌تر در بخش‌های بعد توضیح داده خواهد شد.

۱۱-۲-۱- تصمیم در مورد پیاده‌سازی

تصمیم در مورد پیاده‌سازی و یا حداقل انجام یک مطالعه در زمینه امکان‌سنجی پیاده‌سازی یک سیستم مدیریت روسازی، بایستی در اولین گام مطابق شکل زیر صورت گیرد. تصمیم‌گیری برای انجام این کار ممکن است توسط بالاترین مسؤول اداری در سازمان مربوطه صورت گیرد و یا به صورت ارایه پیشنهاداتی از سوی مسؤولین ردهٔ پایین انجام شود (با توجه به اینکه اکثر ادارات راه برنامه‌هایی برای تقدم و تأخر فعالیت‌های ساخت و نگهداری دارند، بنابراین اگر نتیجه تصمیم‌گیری، بهبود سیستم موجود باشد، در این حالت کل سیستم زیر سؤال نمی‌رود).

۱۱-۲-۲- تشکیل گروه کاری

ممکن است وظیفه گروه اجرا و یا پیاده‌سازی یک PMS و یا امکان‌سنجی پیاده‌سازی یک سیستم جدید باشد. این گروه بایستی از یک سری گام‌های منطقی در زمینه شناسایی مشکلات و ارایه پیشنهادات استفاده کنند. این گام‌ها عبارتند از:

۱- مرور دوبارهٔ سیستم
۲- تعریف ساختار اداری موجود شامل سازماندهی، کانال‌های ارتباطی، جریان اطلاعات، انواع تصمیم‌گیری‌ها، محل تصمیم‌گیری و فرد تصمیم‌گیر
۳- شناسایی نقایص جاری و نیازها
۴- ارایه پیشنهادات لازم برای پیاده‌سازی متناسب با شرایط مطالعات
۵- ارایه یک برنامهٔ زمان‌بندی برای پیاده‌سازی و بازرسی دوباره سیستم

گروه کاری می‌تواند شامل نمایندگان بخش‌های مختلف وزارت راه، شامل بخش‌های برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری، تحقیقات، مصالح و ... باشد. همچنین انجام این کار را می‌توان به مهندسان مشاور سپرد زیرا این گروهها می‌توانند دارای اهداف نیرومندی برای پیشبرد کارهایشان باشند.

۱۱-۲-۳- طبقه‌بندی و ارایه فهرستی از فعالیت‌های سیستم روسازی موجود

انجام درست این مرحله زمینه را برای شناخت مشکلات سیستم که در گام چهارم صورت می‌گیرد، هموار می‌سازد. علاوه بر این تهیه چنین فهرستی می‌تواند در بخش خدمات آموزش اداره به‌کار گرفته شود. هنگام تهیه چنین فهرستی، جمع‌آوری اسناد به شکل دستورالعمل‌ها، راهنماها، مشخصات و گزارش‌ها ضروری است. فایده این کار آن است که اگر سیستم به صورت درست کار کند ولی اسناد کافی و دقیق نباشند، این مشکل قابل‌شناسایی خواهد بود. تهیه چنین اسنادی مشکلات افراد رده پایین در ادارات را حل می‌کند.

۱۱-۲-۴- شناسایی نقاط ضعف

نقاط ضعف سیستم مدیریت روسازی می‌تواند به شکل‌های زیر باشد:

الف- نقایص اداری شامل

ـ عدم وجود هماهنگی‌ها و ابلاغیه‌ها

ـ عدم وجود و یا ضعیف بودن روش تصمیم‌گیری

ب- نقایص فنی شامل

ـ ناکافی و یا قدیمی بودن روش‌ها و ابزارها

ـ کمبود و یا عدم وجود هماهنگی

ـ ناسازگاری و ناهماهنگی روش‌ها

۱۱-۲-۵- ارایه پیشنهادهای دقیق و زمان‌بندی انجام آنها

ارایه چنین پیشنهاداتی و زمان‌بندی آنها ممکن است در ایجاد یک سیستم جدید و یا اضافه کردن اجزایی به سیستم به کار رود. ارایه این پیشنهادات بایستی متناسب با سیستم باشد. تعدادی از پیشنهادات (مثلاً ارایه یک روش جدید برای ارزیابی پروژه‌ها) بایستی در مدت زمان کوتاهی پیاده شود، ولی تعدادی از پیشنهادات ممکن است در طول چندین سال پیاده‌سازی شوند. سیستم ارایه پیشنهادات بایستی از انعطاف خاصی در برابر مشکلات و مسایل پیش‌بینی شده برخوردار باشد، زیرا ممکن است در طول پیاده‌سازی سیستم، روش‌های جدیدتر و بهتری ارایه گردند.

۱۱-۲-۶- روش‌های انتخاب برنامه کاری

این بخش نشان‌دهندهٔ نیازهای موجود در زمینه انتخاب استراتژی و نیز تصمیم‌گیری در دو سطح کلی می‌باشد:

۱- سطح شبکه (به عنوان مثال انتخاب گزینه‌های سرمایه‌گذاری بین چندین پروژه)

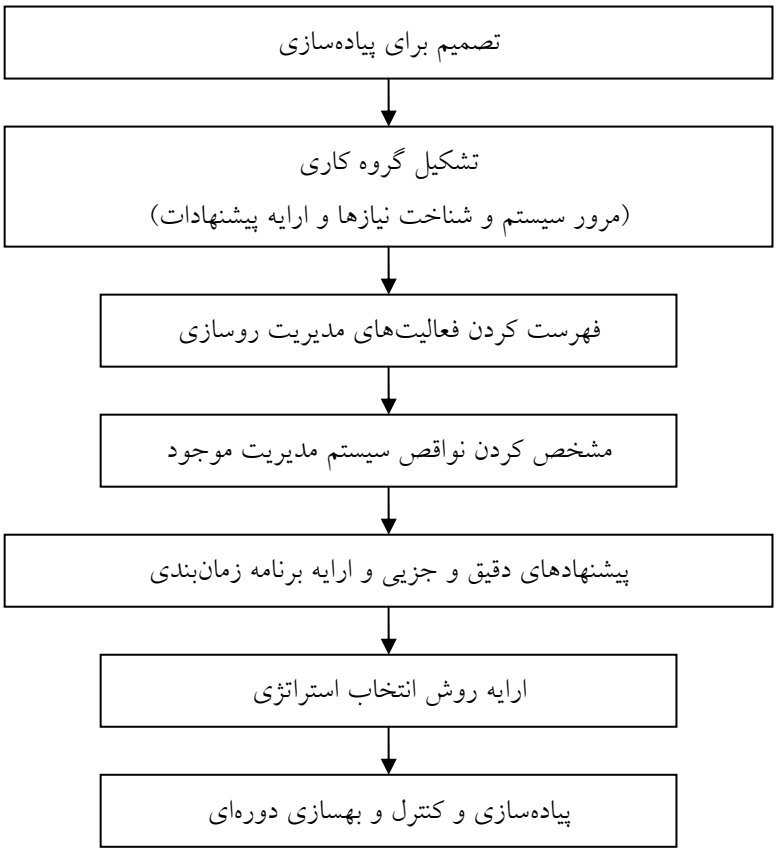
۲- سطح پروژه (انتخاب بهترین راه‌حل در سطح پروژه)

روش‌های تصمیم‌گیری بر حسب نوع و بزرگی/ نیازها و منابع در دسترس سازمان‌ها متفاوت است (ولی به هر حال هر روشی که در این زمینه به کار می‌رود، باید مستند و سازگار باشد). در بعضی از مؤسسات فعالیت‌های ذکر شده

توسط یک مهندس و یا یک مسؤول پی‌گیری می‌شود، در حالی که در بعضی از مؤسسات، گروهها و کمیته‌هایی برای ارایه پیشنهادات وجود دارد (اساسی‌ترین وظیفه در سطح شبکه ارایه یک برنامهٔ تقدم و تأخر با توجه به محدودیت‌های بودجه است، در حالی که وظیفه اصلی تصمیم‌گیری در سطح پروژه، انتخاب بهترین گزینه برای پروژه مزبور می‌باشد).

۱۱-۲-۷- پیاده‌سازی، کنترل دوره‌ای و بهبود دوره‌ای سیستم

کنترل دوره‌ای و بهبود دوره‌ای سیستم بایستی مطابق با برنامهٔ زمان‌بندی باشد. بهبودهای دوره‌ای اصولاً ناشی از کنترل‌های دوره‌ای فعالیت‌ها هستند. چنین بهبودهایی با توجه تحقیقات انجام شده در ادارهٔ مزبور و یا با توجه به علوم پیشرفته در خارج از اداره ایجاد می‌شود. در ادامه بایستی گفت پیاده‌سازی موفق یک سیستم مدیریت روسازی، تابعی از هماهنگی و همکاری تمام سطوح مدیریت در یک سازمان می‌باشد. نمودار پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی را می‌توان در نمودار صفحه بعد مشاهده کرد.



نمودار(۱۱-۱) گامهای اساسی در پیاده‌سازی سیستم مدیریت روسازی

۱۲- مسایل پیش رو در آینده

۱۲-۱- مقدمه

در این بخش سعی خواهد شد در مورد مسایلی که با PMS در آینده ارتباط خواهند داشت، بحث شود.

۱۲-۲- مسایل مربوط به انرژی

طبق نظر هاس با توجه به اینکه انرژی ارزان به صورت گسترده در جهان وجود دارد و پالایشگاههای نفت به راحتی قیر را از نفت سفید و گازوییل جدا می‌کنند، بنابراین دسترسی به آسفالت با قیمت پایین میسر است، ولی هزینهٔ عمدهٔ تولید آسفالت، مصرف انرژی زیاد در تولید مصالح آسفالتی است زیرا خرد کردن مصالح، خشک کردن آنها و پخش این مصالح مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای از انرژی را مصرف می‌نماید. در مورد روسازی بتنی نیز وضع به همین منوال است، زیرا تهیه و تولید بتن و فولاد، انرژی زیادی را مصرف می‌کند (مخلوط‌های امولسیونی با اینکه انرژی کمتری مصرف می‌کنند ولی با مشکلات تجاری زیادی روبرو هستند).

توجه به این مسایل، نکات زیادی را برای مدیران و مهندسین روشن می‌نماید و آنها را به چالش‌های فکری وا می‌دارد که چگونه مشکلات مربوط به انرژی را در تحلیل‌های اقتصادی خود وارد کنند (ولی نکته مهم این است که بررسی این مشکلات تابع زمان بوده و با گذشت زمان فرق می‌کند).

گاه مصرف سوخت یا انرژی به تنهایی از مسایل مربوط به هزینه‌های ساخت و نگهداری اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. بنابراین بهینه‌سازی مصرف انرژی در یک سیستم مدیریت با در نظر گرفتن هزینه‌های انرژی به جای هزینه‌های پولی ممکن است صورت گیرد. به عنوان مثال در برزیل، مصرف انرژی در تصمیمات مربوط به سرمایه‌گذاری در بخش راه، از ارزش فعلی هزینه های پولی مهمتر است.

تجربه ایالات متحده و سایر کشورهای جهان که در سال ۱۹۷۴ با شوک نفتی مواجه شدند، ادارات راه را بر آن داشته است که مسایل و مشکلاتی را که ممکن است از تغییرات سیاست‌های انرژی ایجاد شود، ارزیابی کنند. به عنوان مثال با پاسخ به سؤالات زیر می‌توانند یک تغییر کلی در مسایل اقتصادی و انرژی ایجاد کنند:

۱- چه زمانی از روسازی صلب استفاده کنیم؟
۲- چه زمانی روکش کنیم؟
۳- چه زمانی از رویه شنی برای غلبه بر مسایل و مشکلات اقتصادی استفاده کنیم؟

۱۲-۳- مصالح

سؤال اصلی در این بحث این است که چگونه می‌توان مصالح مختلف را مورد ارزیابی قرار داد؟

در زمینه راهسازی، تا بیست سال گذشته، هدف استفاده از مصالح خوب با ویژگی‌های ثابت و مشخص بود. بنابراین ایجاد بزرگراههایی با کیفیت عالی به عنوان اهداف اصلی به حساب می‌آمد، ولی در اکثر مواقع تهیه و فراهم کردن مصالح مرغوب سخت بوده و هزینه‌های حمل‌ونقل و مصرف انرژی زیادی را می‌طلبد. بنابراین روش‌هایی مورد نیاز است که بتوان مصالح مختلف را مورد ارزیابی قرار داد.

این مطلب که بگوییم این مصالح قابل‌قبول است و مصالح دیگر قابل‌قبول نیست، صحیح نمی‌باشد. بلکه بایستی عملکرد بالقوه و هزینه‌های یک مصالح با عملکرد و هزینه‌های مصالح دیگر سنجیده شود. بنابراین در این شرایط روابط هزینه و سود بهینه جایگزین نظرات انفرادی افراد می‌گردد. ابزارهای لازم برای چنین مطالعات و تصمیماتی توسط PMS می‌تواند فراهم گردد. بنابراین اگر بخش بازخورد اطلاعاتی یک سیستم PMS فعال گردد، روابط زمان و عملکرد مصالح با اطمینان‌های آماری می‌تواند حاصل شود و ابزارهای لازم برای مقایسه فراهم گردد.

۱۲-۴- تغییرات مربوط به بارگذاری

از سال ۱۹۵۰ مشکلات عدیده‌ای ناشی از تغییرات بار مجاز و اثرات آنها بر روی سیستم حمل‌ونقل ایجاد شده است. حال سؤال این است که اقتصادی‌ترین حالت، بالا بردن محدودهٔ مقدار بارگذاری است یا محدود کردن آنها؟

از آنجایی که هزینه‌های شرکت‌های حمل‌ونقل متناسب با کامیون و خدمهٔ آنها است، فشارهای زیادی از این طریق برای افزایش بار مجاز بر سیاست‌گذاران تحمیل می‌شود، ولی از زمانی که آزمایش آشتو تکمیل شده است، اطلاعات مفیدی در مورد اثرات خوب بارهای مختلف به دست آمده است. بنابراین بایستی آثار و نتایج حاصل از این تغییرات بر روی جامعه و مالیات‌دهندگان که به شکل افزایش هزینه‌های نگهداری و کاهش عملکرد روسازی است بررسی شود.

سؤالات مطرح شده در این زمینه عبارتند از:

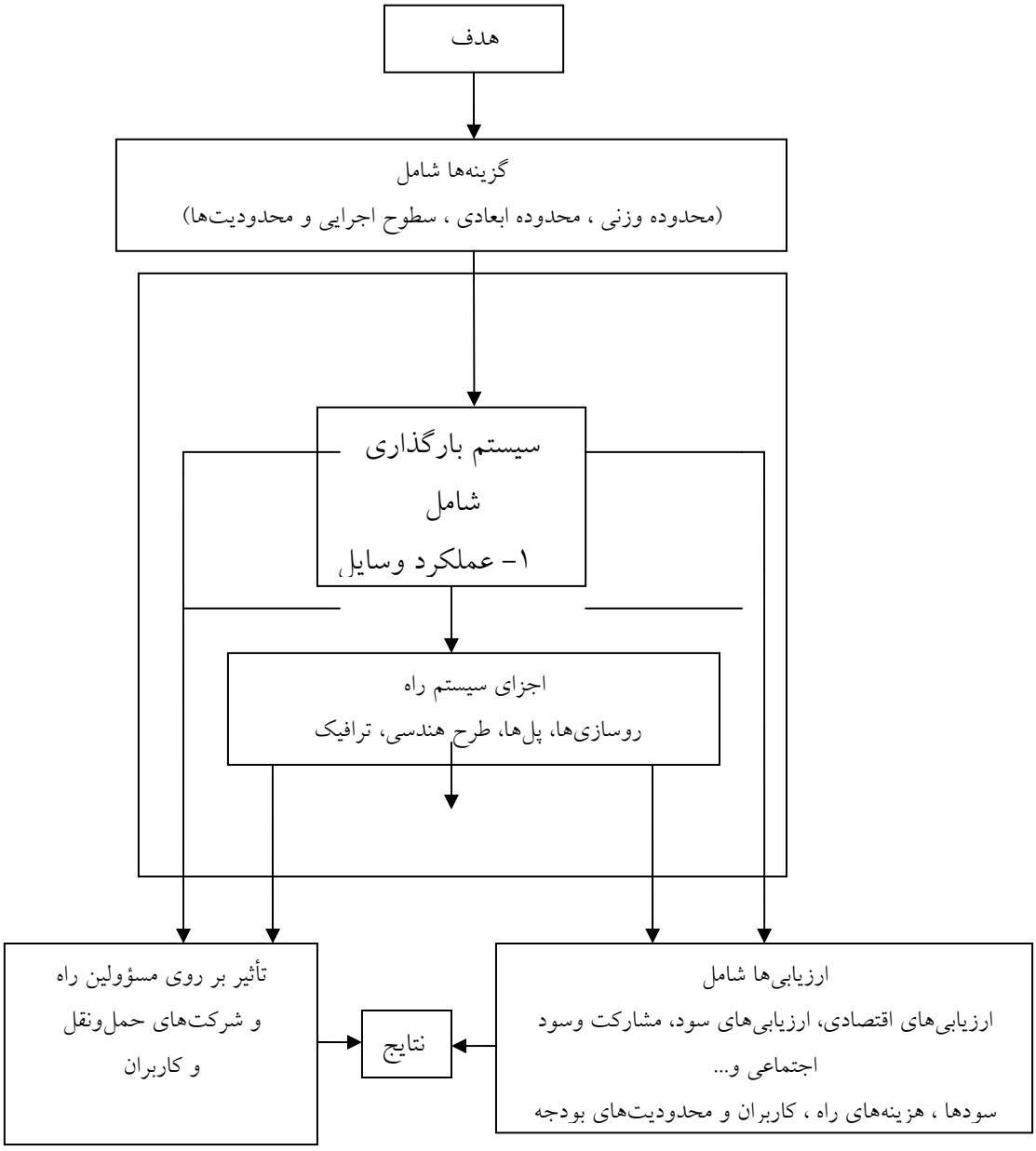
۱- چه صرفه‌جویی‌هایی با افزایش میزان بار مجاز در سیستم حمل‌ونقل ایجاد می‌شود؟
۲- نقش استانداردهای قبلی در مورد عملکرد روسازی‌های موجود چیست؟
۳- چه اثراتی در مورد هزینه‌های نگهداری بر اثر تغییر بار مجاز برای ادارات راه ایجاد می‌گردد؟
۴- چه تغییراتی بایستی در سیاست‌های ترمیم و زمان‌بندی‌های مربوطه ایجاد شود؟
۵- برای تامین عملکرد مورد نیاز روسازی در هزینه‌های ترمیم چه تغییراتی به وقوع خواهد پیوست ؟
۶- چه تغییراتی در طراحی‌های آینده روسازی ایجاد می‌شود؟
۷- هزینه‌های کلی حاصل از تغییرات ایجاد شده در استانداردهای طراحی چقدر خواهد بود؟
۸- در نهایت نسبت سود و هزینه‌های مربوط به تغییرات مختلف بار مجاز چقدر است؟

سیستم مدیریت روسازی ابزاری است که می‌تواند این مطالعات را انجام داده و به سؤالات فوق پاسخ دهد. در نتیجه با پاسخگویی به این سؤالات، مدیران قادر خواهند بود از قوانین خود حمایت کنند. در این زمینه NAASRA [1] در مطالعات اقتصادی مربوط به محدودهٔ عملکرد وسایل نقلیه، از روش سیستماتیک که از چهار زیرسیستم که شامل مدل‌های ریاضی است، استفاده کرده است [۱۴] (در نمودار ۱۲-۱ نمونه‌ای از سیستم به کار رفته برای راه را می‌توان مشاهده کرد). این زیرسیستم‌ها عبارتند از:

۱- سیستم بارها ۲- سیستم راهها ۳- سیستم پلها ۴- عملکرد وسایل نقلیه

1- National Australian Association of State Road Authorities

هر یک از زیرسیستم‌های مذکور شامل تعدادی از مدل‌هایی است که در قالب برنامه رایانه‌ای، پاسخ اجزای سیستم را به مجموعه‌ای از جرم‌ها و ابعاد پیش‌بینی می‌کند. در این روش محدودهٔ قانونی بارها توسط مدل بار بر روی عملکرد وسایل نقلیه تأثیر می‌گذارد. سپس اثر این تغییرات بر روی اجزای راه به وسیلهٔ زیرمدل‌های مربوطه محاسبه می‌شود تا نتایج تغییرات ایجاد شده در قوانین مورد بررسی قرار گیرد.



نمودار(۱۲-۱) نمودار آنالیز سیستم‌های روسازی NAASRA

۱۳- ارزیابی ایمنی روسازی

۱۳-۱- موارد مورد بررسی در ایمنی

معمولاً در ارزیابی ایمنی روسازی‌ها فقط به مسأله لغزش که تحت عنوان مقاومت لغزشی مطرح می‌شود توجه می‌کنند. ولی به هر حال مواردی که در موارد ایمنی مورد ارزیابی قرار می گیرد عبارتند از :

۱- مقاومت لغزشی
۲- شیارافتادگی
۳- انعکاس نور در سطح روسازی
۴- از بین رفتن علایم خط‌کشی شده
۵- اجسام خارجی (مخصوصاً در فرودگاه)

چنین به نظر می‌رسد که از بین عوامل فوق، عامل اول دارای اهمیت زیادتری باشد ولی تک‌تک موارد فوق به تنهایی می‌توانند خطراتی را ایجاد کرده و ایمنی روسازی را کاهش دهند.

۱۳-۲- ارزیابی مقاومت لغزشی

قانون لغزش عبارت است از یک رابطهٔ پیچیده بین مشخصات روسازی، وسایل نقلیه (تایر) و راننده. در طول ۲ یا ۳ دههٔ گذشته تلاش‌های زیادی در مورد مفهوم این قانون، روش‌های اندازه‌گیری و روش‌های ارزیابی آن صورت گرفته است.

۱۳-۲-۱- مفاهیم و مقادیر اندازه‌گیری

ضریب اصطکاک (M) از حاصل تقسیم نیروی مقاوم کشش بر روی نیروی قائم به دست می‌آید. این ضریب تابعی از جنس سطوح تماس می‌باشد. بنابراین وضعیت رویه روسازی و وضعیت لاستیک به همراه عواملی مثل وجود آب بر روی مقاومت لغزشی اثر خواهند داشت. برای ارزیابی مقاومت لغزشی روسازی‌ها از ضریب اصطکاکی (f) به طوری که با رابطه زیر تعریف شده استفاده می‌گردد.

$$f = \frac{F}{L}$$

نسبت دادن fبه یک روسازی بدون مشخص کردن نوع تایر، سرعت، درجه حرارت، ضخامت لایه آب و سایر شرایط درست نخواهد بود. شرایط اندازه‌گیری fرا می‌توان در استانداردهای مختلف مشاهده کرد. در استاندارد ASTM- E247 اندازه‌گیری این پارامتر که تحت عنوان SN نامیده می‌شود، توضیح داده شده است.

$$SN = 100f$$

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری مقاومت لغزشی برای اهداف مدیریتی زیر به کار می‌روند:

۱- مشخص کردن نواحی دارای مقاومت لغزشی بالا
۲- برنامه‌ریزی نگهداری
۳- ارزیابی انواع مصالح مختلف و ارزیابی فعالیت‌های جدیدی که در زمینه ساخت انجام می‌گیرد.

۱۳-۲-۲- ارتباط اندازه‌گیری‌های مختلف مقاومت لغزشی

استانداردها و دستگاههای مختلفی برای اندازه‌گیری مقاومت لغزشی وجود دارد. گاه پیدا کردن رابطه‌ای بین اندازه‌گیری‌های مختلف برای اهداف زیر ضرورت پیدا می‌کند:

۱- استفاه از یک دستگاه مشخص برای کنترل دوره‌ای خروجی دستگاههای دیگر

۲- استفاده از یک دستگاه برای تخمین خروجی‌های دستگاه دیگر

ولی متأسفانه برقراری چنین رابطه‌ای بین اندازه‌گیری‌های دستگاههای مختلف به خوبی صورت نمی‌گیرد، زیرا هر یک از این دستگاهها به منظور خاصی برای محاسبه مقاومت لغزشی به وجود آمده‌اند.

۱۳-۲-۳- تغییرات مقاومت لغزشی با زمان ترافیک و آب‌وهوا

ارزیابی مقاومت لغزشی که معمولاً به منظور مشخص نمودن نیازهای ترمیمی آینده به کار می‌رود، بدون توجه به مسأله تغییرات زمانی، ترافیکی و آب‌وهوایی درست نخواهد بود (به عنوان مثال بایستی به تفاوت تغییرات مقاومت لغزش ناشی از تغییرات فصلی با مسأله بارندگی و یخبندان کوتاه‌مدت توجه شود). حال با توجه به این تغییرات، اندازه‌گیری‌ها بایستی به صورت دوره‌ای صورت گیرد. تغییرات ایجاد شده بر روی سطح روسازی نیز مقاومت لغزشی را دچار تغییر خواهند کرد. این تغییرات عبارتند از:

۱- تخلخل

۲- فرسودگی تایرها

۳- لغزندگی مصالح رویه

٤- شیارافتادگی

٥- رو زدگی قیر

٦- آلودگی‌ها شامل گردوخاک، روغن، آب و ...

در یک دوره کوتاه‌مدت به علت بارندگی تغییرات مقاومت لغزشی می‌تواند سریعاً ایجاد شود. همچنین مقاومت لغزشی به صورت فصلی دچار تغییر می‌شود. علاوه بر این، میزان عبور وسایل نقلیه (گذشت زمان) در درازمدت موجب تغییر در مقاومت لغزشی می‌گردد.

پیش‌بینی تغییرات مقاومت لغزشی با زمان و یا ترافیک به یکی از دو شکل زیر می‌تواند انجام شود:

۱- برون‌یابی مجموعه‌ای از داده‌ها که برای یک دورهٔ زمانی به دست آمده است و تعمیم آن برای آینده

۲- انجام تست‌های آزمایشگاهی در مرحله طراحی و یا در مراحل قبل از ترمیم (با انجام آزمایش‌های صحرایی بر روی مصالح شبیه‌سازی شده)

۱۳-۳- شیارافتادگی

ارزیابی و اندازه‌گیری شیارافتادگی می‌تواند به هنگام بارندگی و یا بعد از آن صورت گیرد. بعضی از ادارات راه از دستگاههای گرافیکی- مکانیکی که در پشت وسایل نقلیه نصب شده‌اند، برای اندازه‌گیری شیارافتادگی استفاده می‌کنند. افزایش شیارافتادگی موجب بروز مشکلات زیر می‌شود:

۱- هایدروپلانینگ[۲]

۲- یخ بستن آبهای جمع شده در هوای سرد

۳- از کنترل خارج شدن وسایل نقلیه

تاکنون هیچ استانداردی افزایش شیارافتادگی از یک حد مجاز را که موجب به خطر افتادن ایمنی می‌شود توصیه نکرده است، ولی با این حال می‌توان گفت شیارافتادگی کمتر از ۱/۲سانتی‌متر مشکلات جدی ایجاد نمی‌کند ولی عمق بیش از ۲/۵ سانتی‌متر می‌تواند خطرناک باشد.

۱۳-۴- رنگ، انعکاس نور و از بین رفتن خطوط خط‌کشی

رنگ روسازی می‌تواند یکی از موارد مهم در زمینه ایمنی باشد، ولی تاکنون هیچ مطالعهٔ تعریف شده‌ای در این زمینه صورت نگرفته است. لذا هیچ معیاری برای ارزیابی این بخش از ایمنی وجود ندارد. ولی با این حال مطالعات ایمنی بایستی بر روی اثرات رنگ و مسأله انعکاس در تصادف و خستگی رانندگان صورت گیرد. بعضی از سازمان‌ها از سیل‌کت‌هایی به رنگ روشن برای افزایش دید در شب استفاده می‌کنند (روسازی‌ها از لحاظ رنگ به دو گروه روسازی سیاه یعنی آسفالت و روسازی سفید یعنی بتن سیمانی تقسیم می‌شوند).

اگر چه انعکاس نور موردی است که حالت حسی دارد ولی در بعضی از حالات، تصادف با این مسأله ارتباط دارد (گاه به علت احداث رویه جدید و یا به علت بارندگی تشخیص مسیر توسط راننده مشکل است. در این حالت تنها خطوط رنگ‌آمیزی شده مسیر را به راننده نشان می‌دهد. در این گونه مواقع، استفاده از سیل‌کت‌هایی به رنگ روشن قابلیت دید و قابلیت تشخیص مسیرهای حرکت را از هم و از شانه راه بالا برده و ایمنی را افزایش می‌دهد).

عدم یکنواختی در رویه روسازی (Discontinuities) که به علت وصله‌ها و یا فرسودگی رویه روسازی ایجاد می‌شود، ممکن است به مسأله دید در شب و خستگی او اثر بگذارد. فناوری موجود فقط خطرات ایجاد شده بر اثر چنین عواملی را به صورت حسی (Subjectively) برای مدیران فراهم می‌کند.

۱۴- مشخصات داده‌های ورودی برای طراحی

۱۴-۱- مقدمه

1- Hydro-planning

داده‌های ورودی را می‌توان به روش‌های مختلف طبقه‌بندی کرد. رایج‌ترین روش برای طبقه‌بندی داده‌ها به شکل زیر است:

۱- داده‌های ترافیکی
۲- داده‌های محیطی
۳- داده‌های مربوط به مشخصات مصالح

فرم و حالتی که این داده‌ها اندازه‌گیری و یا تخمین زده می‌شوند، متناسب با مدل طراحی است. این فصل بعضی از روش‌های متداول اندازه‌گیری و تخمین را نشان می‌دهد.

۱۴-۲- بارهای ترافیکی

متغیرهای مهم ترافیکی که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد عبارتند از:

۱- بار چرخ، بار محور و بار وسیله نقلیه
۲- بارهای تکرارپذیر و تعداد تکرار آنها
۳- سرعت وسیله نقلیه
۴- فشار چرخ‌ها
۵- آرایش چرخ‌ها
۶- توزیع افقی و خطی بارها (lateral and lane distribution)

(بار مجاز چرخ‌ها در اکثر ایالات آمریکا و کانادا بین ۱۸۰۰۰ تا ۲۲۰۰۰ پوند برای محور ساده و ۳۲۰۰۰ الی ۳۶۰۰۰ پوند برای محورهای تاندم می‌باشد. محدوده بار مجاز در اروپا نسبتاً زیاد است. به عنوان مثال بار محوری ساده مجاز در اروپا ۲۸۰۰۰ پوند می‌باشد.)

۱۴-۳- مشخصات داده‌های ورودی محیطی

انواع متغیرهای محیطی که ممکن است بر روی رفتار روسازی تأثیر بگذارند عبارتند از:

۱- درجه حرارت محیط ۲- رطوبت ۳- شرایط زمین‌شناسی

تعیین مشخصات این متغیرها بسیار مشکل است. دلایل این امر عبارتند از:

۱- تغییرات این متغیرها در داخل سایت مورد نظر
۲- تغییرات این متغیرها از یک سایت به سایت دیگر
۳- تغییرات زمانی متغیرها
۴- اثرات متقابل متغیرها بر روی یکدیگر
۵- نحوهٔ اندازه‌گیری متغیرها

شاید از بین متغیرهای فوق، تغییرات دمایی ساده‌ترین مفهوم در محاسبات طراحی باشد. روش کار به این صورت است که از دمای محیط برای محاسبه دما در داخل روسازی استفاده می‌شود.

گاهی عامل محیطی تغییرات دمایی با عامل محیطی رطوبت هنگام ذوب و انجماد بر هم اثر می‌کنند. در این حالت، روش ساده‌ای برای مشخص کردن مشخصات دمایی وجود ندارد، ولی با این حال این چرخه قابل پیش‌بینی است. برای رفع این مشکلات در روش‌های طراحی تجربی از یک ضریب محیطی استفاده می‌کنند. مثال این روش استفاده از فاکتور k در روش آشتو می‌باشد. این فاکتور مشخصات طراحی را اصلاح می‌کند.

۱۴-۴- مشخصات داده‌های ورودی مربوط به مصالح

در زمینه طراحی روسازی، تعیین مشخصات مصالح به خصوص برای ترافیک‌هایی با حجم زیاد مورد توجه فراوانی قرار گرفته است. همچنین فناوری به کار رفته برای تعیین مشخصات مصالح گسترش زیادی پیدا کرده است و نتیجه آن ارایه مفهومی تحت عنوان شاخص ارزش (index – type value) بوده است. این مفهوم برای مقایسه مصالح موجود در یک طبقه‌بندی به کار می‌رود. لذا برای مقایسه مصالح مختلف (به عنوان مثال هنگامی که مصالح غیرمتداول مد نظر است) مناسب نیست. همچنین این اندیس‌ها نمی‌توانند مشخصات واقعی مصالح در مدلهای آنالیز سازه‌ای را فراهم کنند. بنابراین گسترش و کاربرد این مقادیر در سیستم طراحی روسازی مدرن مشکل است. نمونه‌ای از این مقادیر CBR یا نسبت باربری کالیفرنیا می‌باشد.

آزمایشات به کار رفته در تعیین مشخصات مصالح می‌تواند به صورت تست‌هایی در محل و تست‌های آزمایشگاهی باشد. با توجه به اینکه تست‌های میدانی یا در محل معمولاً وقت‌گیر و غیرعملی هستند. از این رو، بیشترین توجه بر روی تست‌های آزمایشگاهی متمرکز است. تست‌های مختلف نتایج مختلفی در مورد مشخصات مصالح ارایه می‌کنند، زیرا ابزارهای آزمایش از لحاظ کاربرد حالت تجربی دارند. بنابراین پاسخ سازه‌ای پیش‌بینی شده برای روسازی بر حسب این که چه آزمایشی صورت گرفته است، می‌تواند نتایج متفاوتی را ارایه دهد.

مشخصاتی از مصالح که بیشتر به عنوان داده‌های ورودی برای آنالیز لایه‌های الاستیک و ویسکوالاستیک روسازی به کار می روند عبارتند از:

۱- مدول مصالح تک‌تک لایه‌ها و مدول بستر (برای مصالح چسبندهٔ قیری تغییرات مدول مصالح نسبت به دما و سرعت بارگذاری بایستی شناخته شود.)

۲- ضریب پواسون (Poisson's Ratio) هر یک از لایه‌ها (به عنوان مثال نسبت جابجایی عمودی به جابجایی افقی مصالح تحت شرایط خاص آزمایش)

۳- خزش و مشخصات مربوط به آن (برای آنالیز لایه‌های ویسکوالاستیک). این مفهوم رابطه بین تنش، کرنش و زمان را برای مصالح مختلف در دماهای مختلف ارایه می‌دهد.

۴- مقادیر حدی مربوط به استقامت و تغییرشکل

۱۴-۴-۱- معیارهای اساسی در تعیین مشخصات مصالح

مصالح به کار رفته در روسازی تحت تقابل شرایط محیطی قرار داشته و دارای رفتار پیچیده‌ای هستند. همچنین این مصالح کاملاً الاستیک یا ویسکوالاستیک رفتار نمی‌کنند. بنابراین هرچند که مطالعات بسیار زیادی در مورد رفتار پیچیدهٔ این مصالح صورت گرفته است ولی با این حال ناگزیر به استفاده از فرض‌های ساده در مسایل عملی هستیم.

مشخصات زمان تغییرشکل بار مصالح، تابعی از مقدار بار، سرعت بارگذاری، مقدار رطوبت و سایر عوامل می‌باشد. با توجه به تنوع مصالح به‌کار رفته و پیچیدگی رفتار مصالح و مشکل بودن تعیین رفتار مصالح هنگام سرویس‌دهی، فرض می‌شود که مصالح دارای مشخصات الاستیک خطی و یا ویسکوالاستیک هستند. اگرچه چنین فرض‌های ساده‌ای دارای ماهیت تقریبی هستند، اما دارای کاربرد وسیع تجربی می‌باشند. تعیین مشخصات مصالح از لحاظ نوع و گستردگی برای یک پروژه تابعی از معیارهای زیر است:

۱- سهولت تست
۲- تکرارپذیری نتایج تست‌ها
۳- بزرگی پروژه و میزان تنوع حالات موجود در پروژه
۴- توانایی در تخمین مشخصات اساسی مصالح

سهولت آزمایش یکی از معیارهای اصلی به‌کار رفته در انتخاب نوع آزمایش است. اغلب یک آزمایش غیرکامل به دلیل سادگی و استفاده از وسایل ارزان‌قیمت و صرف زمان کم و عدم نیاز به نیروهای آموزش‌دیده، مورد توجه قرار می‌گیرد ولی با توجه به این که هزینه آزمایش در مقایسه با هزینه‌های ساخت و نگهداری و طراحی مقدار بسیار اندکی است، بنابراین سهولت و ارزان بودن نبایستی به عنوان معیار اصلی در انتخاب نوع آزمایش به‌کار رود.

دومین عامل مقدار خطای مرتبط با آزمایش است. یک آزمایش در حالت ایده‌ال بایستی برای نمونه‌های تهیه شدهٔ مشخص، نتایج مشابهی بدهد. یک معیار برای اندازه‌گیری تکرارپذیری (reproducibility) اندازه‌گیری ضریب تغییرات حاصل از تست نمونه‌های یکسان آزمایشگاهی است. وجود ضریب تغییرات، ناشی از خطای تست کردن و خطاهای مربوط به تهیه نمونه‌ها می‌باشد. لذا هدف بایستی مینیمم کردن ضریب تغییرات باشد.

هزینه و وسعت پروژه و تنوع حالات موجود در پروژه، بایستی در انتخاب نوع و گستردگی برنامهٔ آزمایشات در نظر گرفته شود و قابلیت تغییرات مصالح بایستی برای اهداف طراحی تعریف گردند.

در یک برنامهٔ آزمایش واقعی بایستی مقدار متوسط مشخصات مصالح و ضریب تغییرات آنها تعیین شود. نکته مهم آن است که هر چه پروژه بزرگتر می‌شود، ضریب تغییرات بالا می‌رود. لذا برنامه‌های آزمایشی نیز بایستی گسترده‌تر شوند.

همچنین نوع آزمایش بایستی به گونه‌ای انتخاب گردد که متناسب با هدف بتواند مشخصات اصلی و اساسی مصالح را اندازه‌گیری کند. به عنوان مثال، در روش‌های طراحی تجربی، نتایج تست‌های تجربی مورد نیاز است. در آنالیزهای ویسکوالاستیک، creep compliance و مشخصات مربوطه لازم می‌باشد و یا در روش‌های طراحی دیگر مدول مصالح (به شکل روابط حاکم بین بارگذاری، تغییرشکل و زمان) به همراه ضریب پواسون مورد نیاز می‌باشد.

(نکته مهم این است که از نتایج آزمایشات تجربی برای محاسبه مشخصاتی از مصالح که در طراحی‌های تئوریک مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید اجتناب شود مگر اینکه اطلاعات مفید در این زمینه در دسترس نباشد و یا امکان تهیه آنها میسر نگردد).

۱۴-۴-۲- روش‌های تعیین مشخصات مصالح

طی دهه‌های گذشته از روش‌های مختلفی در این زمینه استفاده شده است. تعدادی از این روش‌ها به فراموشی سپرده شده‌اند ولی تعدادی هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش‌های مختلف آزمایش را می‌توان با توجه به معیارهای زیر طبقه‌بندی کرد:

۱- تست‌های در محل و یا تست‌های آزمایشگاهی

۲- تست‌های تجربی و یا تست‌های پایه‌ای

۳- شکل مختلف تست‌ها (کشش، فشار، برش، خمش، پیچش و یا برخی روش‌های غیرمستقیم)

فهرستی از آزمایشات مختلف را می‌توان در زیر مشاهده کرد:

۱- تست‌های میدانی یا در محل:

الف- ضریب باربری کالیفرنیا

ب- آزمایش صفحه

ج- تیر بنکلمن

د- آزمایش‌های داینافلکت (Dynaflect) یا سایر آزمایش‌های لرزشی (Vibratory)

۲- تست‌های الاستیک آزمایشگاهی

الف- مدول کمپلکس دینامیک

ب- مدول برجهندگی

ج- مقاومت خمشی

د- کشش غیرمستقیم استاتیکی یا دینامیکی

۵- مدول سختی به وسیله ابزارهای تجربی (Nomograph)

۳- تست‌های آزمایشگاهی ویسکوالاستیک

الف- Creep compliance

ب- Relaxation

ج- Complex modulus

در بخش‌های بعد، ابتداً در مورد آزمایشات تجربی، پایه‌ای و صحرایی توضیح داده شده و سپس به نمونه‌ای از آزمایشات فوق اشاره شده است. آزمایشات تجربی معمولاً به طور کلی مشخصاتی از مصالح را ارایه می‌دهند که با مشخصات پایه‌ای مصالح مثلاً مدول‌های strength , stiffness در ارتباط هستند. مقادیر حاصل از این آزمایشات می‌تواند برای مقایسه مصالح موجود در یک طبقه‌بندی به‌کار رود و یا با استفاده از همبستگی‌هایی در تعیین مشخصات

پایه‌ای مصالح دیگر استفاده شود. نمونه‌ای از این آزمایشات که به صورت گسترده و نسبتاً موفق مورد استفاده قرار می‌گیرد، آزمایش CBR می‌باشد.

نمونه‌های دیگری از آزمایشات مفیدی که در دهۀهای اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند، آزمایش‌هایی هستند که مشخصات پایه‌ای مصالح را ارایه می‌کنند (مثلاً آزمایش کشش مستقیم، آزمایش سه‌محوری، آزمایش بارگذاری صفحه، آزمایش خمش و آزمایش Dynaflect).

ـ آزمایشات صحرایی فقط شرایط موجود در محل را ارزیابی می‌کنند. از این رو، این آزمایشات می‌توانند در ارزیابی موارد زیر به‌کار روند:

۱- ارزیابی بستر روسازی که قرار است احداث شود

۲- ارزیابی شرایط سازه‌ای روسازی موجود

۳- مشخص کردن شرایط تکیه‌گاهی برای طراحی روکش

۱۴-۴-۲-۱- آزمایش CBR

آزمایش CBR یک آزمایش load–deformation (تغییرشکل به ازای اعمال بار) و یا به صورت دقیق‌تر یک آزمایش load–penetration (میزان نفوذپذیری به ازای اعمال بار) می‌باشد که نه تنها می‌تواند در محل انجام شود، بلکه در آزمایشگاه نیز صورت می‌گیرد. این آزمایش با اعمال نیرو بر روی یک پیستون استوانه‌ای به مساحت ۳ اینچ بر روی خاک یا هر مصالح دیگر صورت می‌گیرد. سپس مقدار نیروی لازم برای نفوذ این وسیله در داخل مصالح مورد نظر (معمولاً ۰/۱ اینچ) با مقدار نیروی لازم برای نفوذ این وسیله در مصالح استاندارد مقایسه می‌شود. سپس نتایج آزمایش برای مقایسه مصالح مختلف به کار گرفته می‌شود (مقادیر حاصل از این آزمایش برای مصالح تثبیت شده که دارای مقاومت بالایی هستند بی‌معنی است).

تا به حال تلاش زیادی برای نسبت دادن CBR به مشخصات پایه‌ای مانند مدول الاستیسیته صورت گرفته است. مثالی از یک همبستگی ساده توسط هوکلوم و فاستر ارایه شده است که CBR محل را به مقدار stiffness مربوط به روش shell vibratory نسبت می‌دهد. E=1500 CBR

در این رابطه CBR به صورت درصد و E بر حسب PSI می‌باشد. ولی کالز و شوک گزارش داده‌اند که دلایل اندکی برای دقت این روش وجود دارد زیرا این رابطه فقط برای شرایط و دامنۀ مقادیری که این آزمایش در آن صورت گرفته است معتبر است. بنابراین چنین روابطی بایستی به عنوان تخمین به کار رود.

۱۴-۴-۲-۲- آزمایش صفحه

آزمایش صفحه معمولاً در محل انجام می‌شود. این آزمایش ساده و قابل‌فهم می‌باشد، به طوری که سال‌های زیادی از سوی برخی ادارات راه مورد استفاده قرار گرفته است. این آزمایش از یک صفحه استوانه‌ای شکل که تحت بارگذاری استاتیکی و یا دینامیکی قرار دارد و از آن برای اندازه‌گیری تغییرشکل سطحی که صفحه به آن تکیه داده شده، تشکیل شده است.

در روش استاتیکی بار وارده به صورت تجمعی اعمال می‌شود و تا زمانی که تغییرشکل‌ها اتفاق می‌افتد، ادامه دارد. هنگامی که سرعت زمانی تغییرشکل به مقدار قابل قبولی می‌رسد، بار اضافی دیگری اعمال می‌شود و مقدار تغییرشکل‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

از این آزمایش برای تعیین ظرفیت نهایی مصالح ultimate bearing capacity و یا مدول عکس‌العمل بستر modulus of subgrade reaction و یا برای محاسبه مدول الاستیسیته مصالح لایه‌های مختلف روسازی استفاده می‌شود.

۱۴-۴-۲-۳- سیستم داینافلکت

این سیستم شامل تولیدکنندهٔ نیروی دینامیکی (که بر روی تریلری سوار است)، واحد کنترل، سنسور جمع‌کننده و یک واحد کالیبره‌کننده سنسور می‌باشد. این سیستم اجازهٔ اندازه‌گیری سریع و آشکار تغییرشکل‌های ایجاد شده به وسیلهٔ یک نیروی سیکلی مشخص را می‌دهد نیروی سیکلی به وسیلهٔ گردش دو وزنه غیره متعادل که در جهات مخالف با سرعت ۴۸۰ دور در دقیقه می‌گردند، تولید می‌شود (این سیستم نیروی متناوب ۱۰۰۰ پوند را تولید می‌کند). آنگاه تغییرشکل‌های محاسبه شده در نقاط مختلف سطح احساس شده و اندازه‌گیری می‌شود. همچنین انحنای سطح تغییرشکل یافته می‌تواند محاسبه شود. این محاسبات در بعضی از روش‌های طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۴-۴-۲-۴- آزمایش ارتعاش غیرمخرب

در این روش از ارتعاش بر روی روسازی و آنالیز انتقال امواج حاصل، استفاده می‌شود. شکل منحنی‌های حاصل، اطلاعاتی در مورد هندسه روسازی و مشخصات آن ارایه می‌دهد. نمونه‌ای از ابزارآلات و تکنیک‌های مورد استفاده در این زمینه روشی است که توسط کمپانی Shell (تحت عنوان Brampton Road Test) توسعه یافته است.

۱۴-۴-۲-۵- تیر بنکلمن

این دستگاه در سال ۱۹۵۳ در آزمایش واشو (WASHO) به منظور اندازه‌گیری تغییرشکل‌های روسازی تحت بارهای مشخص مورد استفاده قرار گرفت. به دلیل گستردگی کاربرد آن، نوع آزمایشگاهی آن برای مهندسان و طراحان روسازی شناخته‌شده‌تر است.

۱۴-۴-۲-۶- تست‌های آزمایشگاهی (مشخصات الاستیک مصالح)

دو آزمایش Modulus of Resilient Deformation و Dynamic Complex Modulus خیلی به یکدیگر شبیه هستند. در هر دوی این آزمایش‌ها تنش عمودی بر روی نمونه‌ها وارد می‌شود و سپس تغییرشکل‌ها اندازه‌گیری می‌گردد. مقدارmodulus از نسبت تنش به کرنشهای قابل بازیافت (recoverable) تحت شرایط بارهای تکراری قابل

محاسبه است. همچنین رفتار الاستیک و غیرالاستیک مصالح چسبنده و غیرچسبنده یا اعمال فشارهای محدودکننده در آزمایش سه‌محوری (triaxial) تعیین می‌گردد.

سومین آزمایش تست stiffness است که در این روش یک تیر تحت خمش مکرر قرار می‌گیرد و سپس flexural stiffness Modulus با استفاده از تغییرشکل‌های نقطهٔ مرکزی تحت بار (نه تغییرشکل recoverable) محاسبه می‌شود.

آزمایش کشش غیرمستقیم (indirect tensile test)، آزمایش دیگری است که به صورت دینامیکی یا استاتیکی در تخمین مدول مصالح و یا سایر مشخصات مربوط به load-deformation می‌تواند استفاده شود.

در آزمایش complex modulus بارهای قائم بر روی نمونه‌ای به قطر ۴ اینچ و ارتفاع ۸ اینچ وارد شده و کرنش‌ها محاسبه می‌شود. سپس مقدار phase lag و complex modulus با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$\left|E^*\right| = \frac{V}{E}$$

$$\phi = \frac{t_i}{t_p}(360^0)$$

$\left|E^*\right|$ مقدار مطلق مدول کمپلکس بر حسب psi

ϕ زاویه شکست بر حسب درجه

σ میدان نوسان تنش‌های قائم

ε میدان نوسان کرنش‌های قائم

t_p زمان یک سیکل تنش

t_i فاصلهٔ زمانی بین یک سیکل تنش با کرنش سیکلی حاصل از آن

مقدار ضریب پواسون با استفاده از آزمایش complex modulus با اندازه‌گیری کرنش عمودی برای بار اعمالی به دست می‌آید.

در آزمایش مدول برجهندگی بر روی خاک بستر و اساس دانه‌ای غیراصلاح شده و زیراساس، یک بار موجی haversine به مدت ۱ ثانیه اعمال می‌شود و به مدت ۰/۴ ثانیه بر روی فرکانس ۱۲۰ بار بر دقیقه جابجا می‌شود. فشار محدود کننده بین مقادیر صفر تا پنجاه psi تغییر می‌کند و بسته به نوع مصالح، نتایج تغییرشکل جانبی ثبت می‌شود (برای مصالح اساس و زیراساس شنی، نمونه‌هایی به قطر ۶ اینچ و ارتفاع ۱۲ اینچ و برای خاک معمولی از نمونه‌هایی به قطر ۱۴ اینچ و ارتفاع ۸ اینچ استفاده می‌شود).

ضریب برجهندگی را می‌توان از معادلهٔ زیر حساب کرد:

$$M_R = \frac{\sigma_d}{\varepsilon_r}$$

σ_d تنش انحرافی تکراری (تغییرات تنش)

ε_r کرنش جمع‌شونده تکراری

در آزمایش مدول سختی خمشی flexural modulus test بار تکراری بر روی سه نقطه از یک نمونهٔ تیری شکل اعمال می‌شود و طول مدت بارگذاری برابر ۰/۱ ثانیه می‌باشد و این بار با پریود استراحت ۰/۴ ثانیه اعمال می‌شود و نتایج در فرکانس ۱۲۰ بار در دقیقه اندازه‌گیری می‌شود (در این روش، ضرورتاً ممان خمش ثابتی وسط تیر ایجاد می‌شود و همیشه یک بار در جهت مخالف اعمال می‌شود تا تیر به جای اول خود باز گردد). تیر در طول پریود استراحت در حالت عادی خود قرار دارد و تغییرشکل‌های حاصل از بارگذاری در مرکز تیر اندازه‌گیری می‌شوند. تنش و کرنش در فیبر بیرونی قیر و مدول سختی بعد از ۲۰۰ بار اعمال بار با استفاده از معادلات زیر محاسبه می‌شوند.

$$\sigma = \frac{3ap}{bh^2} \qquad E_s = \frac{P_a(3l^2 - 4a^2)}{48Id} \qquad E = \frac{12hd}{3l^2 - 4a^2}$$

σ تنش در فیبر بیرونی بر حسب psi

ε کرنش در فیبر بیرونی

F_s مدول سختی خمشی

a طول تکیه‌گاه عکس‌العملی

p بار دینامیکی اعمالی در سه نقطه بر حسب پوند

b عرض نمونه بر حسب اینچ

h ارتفاع نمونه به حسب اینچ

I ممان اینرسی نمونه بر حسب اینچ به توان ۴ (in^4)

d تغییرشکل دینامیکی تیر در مرکز آن بر حسب اینچ

l طول تکیه‌گاه عکس‌العملی بر حسب اینچ

۱۴-۵- اثرات تغییرات

در بخش‌های قبل سعی شد اطلاعات و داده‌های لازم برای طراحی روسازی (به شکل داده‌های ترافیکی، مسایل محیطی و مشخصات مصالح) توضیح داده شود ولی نکته مهم آن است که داده‌های ترافیکی احتمالاً در طول دورهٔ سرویس‌دهی روسازی دچار تغییر خواهند شد. همچنین شرایط محیطی مطابق با پیش‌بینی‌ها به وقوع نخواهد پیوست. از طرفی مشخصات مصالح در کل طول پروژه یکنواخت و مطابق با مقادیر به کار رفته در آنالیزها و طراحی‌ها نخواهد بود. بنابراین وجود تغییرات در داده‌های ورودی امری بدیهی است. مثال زیر اثر تغییرات احتمالی در پیش‌بینی مشخصات مصالح بر روی تعداد محورهای قابل تحمل توسط یک روسازی را نشان می‌دهد.

فرض کنید یک روسازی متشکل از لایه رویه به ضخامت ۵ اینچ با ضریب پواسون ۰/۳۸ و لایه اساس به ضخامت ۸ اینچ با ضریب پواسون ۰/۴۲ بر روی بستری به ضریب پواسون ۰/۴۶ قرار گرفته باشد. اگر از روش BISAR که توسط کمپانی شل برای محاسبه تنش قائم بر روی بستر توسعه داده شده است استفاده کنیم و فرض شود

که فشار تایر ۷۰ psi و بار چرخ‌ها برابر ۹۰۰۰ پوند و شعاع اعمال بار ۶/۴ اینچ باشد، تعداد محورهای ۱۸۰۰ پوندی قابل تحمل توسط این روسازی به شکل جدول زیر است (مقادیر داخل پرانتز مدول لایه مربوطه می‌باشد). با توجه به جدول نتیجه می‌شود که به ازای ترکیب‌های مختلف مقادیر مدول لایه‌ها، تعداد بارهای محوری قابل تحمل می‌تواند بین ۳۱۰۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰۰ متغیر باشد. بنابراین می‌توان نتیجه تغییرات احتمالی موجود در مدول لایه‌ها را مشاهده کرد.

جدول(۱۴-۱) تعداد محورهای قابل تحمل توسط روسازی با فرض‌های مختلف در زمینه داده‌ها

رویه آسفالتی	حد بالا (۲۰۰/۰۰۰ psi)		حد پایین (۱۰۰/۰۰۰ psi)	
اساس	حد بالا (60000psi)	حد پایین (30000psi)	حد بالا (60000psi)	حد پایین (30000psi)
بستر حد بالا (30000psi)	۳۸۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰	۴۵۰۰۰۰	۴۱۰۰۰۰
حد پایین (15000psi)	۳۵۰۰۰۰	۳۱۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۳۸۰۰۰۰

۱۴-۵-۱- کاربرد روش احتمالی

عواملی که در طراحی روسازی به کار می روند، دارای مقادیری از تغییرات هستند. بنابراین در تخمین این فاکتورها، عدم قطعیت خاصی را می‌توان مشاهده کرد. پس در مدل‌های طراحی یک حالت کمبود دقت به وجود خواهد آمد. روش‌های سنتی برای رفع مشکل عدم‌قطعیت در فاکتورهای طراحی از safety factor یا از یک پیش‌داوری بر اساس تجربیات موجود استفاده می‌نمایند. به هر حال برای ارزیابی اثرات عدم‌قطعیت بر روی مسایل اقتصادی و انتخاب بهترین طرح برای یک پروژه، یک راه‌حل ممکن استفاده صریح از مفاهیم آماری می‌باشد.

یک روش برای در نظر گرفتن مسأله تغییرات در فاکتورهای طراحی، استفاده از سطوح اطمینان آماری است. این روش، شامل تصحیح پارامترهای طراحی با در نظر گرفتن فاصله مشخص از سطح میانگین می‌باشد. در بعضی مواقع این روش مشابه فاکتور ایمنی (safety factor) بوده ولی با این حال می‌تواند میزان ریسک طراحی را نشان دهد.

راه دیگر برای مشاهدهٔ قابلیت تغییرات در فاکتورهای طراحی و عدم‌قطعیت مرتبط با پیش‌بینی‌های طراحی، استفاده از مفهوم قابلیت اطمینان می‌باشد. قابلیت اطمینان ممکن است به صورت احتمال موفقیت یک روسازی در انجام وظایف خودش (ممکن است یکی از وظایف روسازی فراهم آوردن سرویس‌دهی مشخص برای یک دورهٔ طراحی باشد) تعریف گردد و یا اینکه قابلیت اطمینان ممکن است به عنوان احتمال این که روسازی واقعاً بزرگتر یا بالاتر از یک عملکرد تخمین عمل نماید و یا اینکه عمر سرویس‌دهی آن مساوی یا بزرگتر از این مقدار تخمین باشد تعریف شود.

۱۴-۵-۲- قابلیت اطمینان مورد نیاز

قابلیت اطمینان مورد نیاز برای هر طرح روسازی اساساً به وسیله طراحان و بر اساس معیارهای اقتصادی تعیین می‌شود. به عنوان مثال، اگر یک روسازی به پایان عمر خودش رسیده باشد، ممکن است برای استفاده کننده غیرقابل قبول باشد. روش دیگر برای مشاهدهٔ قابلیت اطمینان مورد نیاز عبارت است از مقایسه هزینه‌های اضافی برای بالا رفتن تدریجی قابلیت اطمینان با هزینه‌هایی که قابلیت اطمینان را بالا نمی‌برد. به عبارت دیگر سؤال این است که چه صرفه‌جویی‌هایی به وسیله هزینه ساخت اضافی برای بالا بردن قابلیت اطمینان مورد نیاز است؟

این مفهوم ممکن است به صورت روابطی بین قابلیت اطمینان عملکرد و هزینه‌ها بیان شود. ایدهٔ اصلی عبارت است از در نظر گرفتن استراتژی‌های مختلف طراحی برای سطوح مختلف اطمینان.

هزینه اصلی موجود در هر طرح عبارت است از هزینه‌های استفاده‌کنندگان و هزینه زیرساختها. هنگامی که ضریب اطمینان افزایش می‌یابد، هزینه‌های احداث بالا رفته و هزینه‌های استفاده‌کننده پایین می‌آید.

روش‌های افزایش قابلیت اطمینان عبارت است از:

۱- استفاده از مصالح با کیفیت
۲- تغییر روش‌های ساخت
۳- نگهداری خوب
۴- افزایش ضخامت لایه‌ها و مقاومت آنها

مقدار واقعی که برای قابلیت اطمینان در نظر گرفته می‌شود، بر اساس سیاست‌های اتخاذ شده و قضاوت‌های به کار رفته، می‌باشد. علاوه بر آن بایستی به مسایل زیر نیز توجه کرد:

۱- نوع و عملکرد سازهٔ مورد نظر (function)
۲- تجارب پیشین
۳- دسترسی به سرمایه
۴- نتیجه حاصل از پایان عمر زودرس روسازی

۱۵- اهداف و محدودیت‌های طراحی

۱۵-۱- مقدمه

برای حل صحیح یک مسأله، محدودیت‌ها و اهداف بایستی تعریف گردند. تعدادی از اهداف و محدودیت‌ها تنها برای روسازی و تعدادی از آنها فقط برای فرایند طراحی مطرح هستند. تعدادی از آنها نیز برای هر دو مورد می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در این فصل سعی می‌شود اهداف و محدودیت‌هایی که برای روسازی می‌توانند به کار رود ارایه شود و سپس اهداف و محدودیت‌های فرایند طراحی معرفی گردد (اهداف طراحی روسازی می‌توانند ارضا کنندهٔ اهداف مورد نظر در زمینه روسازی باشند).

۱۵-۲- اهداف روسازی

اهدافی که برای یک روسازی در طی دورهٔ سرویس‌دهی و ساخت مطرح است، ماهیت اقتصادی و اجتماعی دارند. این اهداف عبارتند از:

۱- اقتصادی بودن در حد ماکزیمم و یا در حد منطقی (در قالب هزینه‌های کاربران و ادارات راه)
۲- ایمن بودن روسازی در حد ماکزیمم و یا در حد کفایت
۳- سرویس‌دهی در حد ماکزیمم و یا در حد منطقی در طول دورهٔ طراحی
۴- ظرفیت باربری در حد ماکزیمم و یا در حد کفایت
۵- خرابی‌های فیزیکی در حد مینیمم و یا محدود بر اثر عوامل ترافیکی و یا محیطی
۶- آلودگی صوتی و هوا در حد مینیمم و یا محدود در طول دورهٔ ساخت
۷- تجاوز به کاربری زمین‌های مجاور در حد مینیمم و یا محدود
۸- زیبایی در حد حداکثر یا خوب

این اهداف در پاسخ‌گویی به نیازهای اجتماعی و اقتصادی گاهی اوقات با یکدیگر تناقض دارند. بنابراین برای یک روسازی بایستی اهدافی که با هم در رقابت هستند سازش پیدا کنند. تأثیر نسبی اهداف در موقعیت‌های مختلف با توجه به فاکتورهایی مانند (نواحی شهری و غیرشهری، حجم ترافیک و ...) با هم فرق می‌کنند. سه هدف اول ذکر شده جزء اهداف اصلی هستند (مسایل اقتصادی اولین اولویت را دارند زیرا ادارات راه احساس می‌کنند که منابع کافی برای سرمایه‌گذاری‌های خود در زمینه روسازی را ندارند).

ایمنی هدف دیگری است که می‌تواند از طریق تامین مقاومت لغزشی کافی، مشخص کردن درست مسیر حرکت (demarkation) و انعکاس نور در طول شب فراهم گردد. قابلیت سرویس‌دهی به عنوان یک هدف بایستی در طول دورهٔ طراحی در حد قابل قبولی باشد زیرا مسایل مربوط به ترافیک (سرعت، هزینه عملکرد، تاخیر استفاده کننده، عدم راحتی) می‌تواند در حد قابل قبولی خطاپذیری داشته باشد. ظرفیت باربری روسازی هدفی است که با اهداف اقتصادی در حالت رقابت می‌باشد. این هدف هم در بخش طراحی و هم در بخش روسازی مورد توجه قرار می‌گیرد. هدف پنجم هدفی است که وابسته به سرویس‌دهی و روسازی است زیرا ضعف این عامل باعث کاهش سرویس‌دهی می‌شود.

سه هدف دیگر از لحاظ کلی دارای اهمیت کمتری هستند ولی برای کاربری‌های خاص می‌توانند پراهمیت باشند (مثلاً مسأله زیبایی در پیاده‌روها).

۱۵-۳- اهداف طراحی

اهداف طراحی با اهداف روسازی ارتباط داشته و در جهت ارضای اهداف روسازی عمل می‌کنند. این اهداف بیشتر ماهیت اقتصادی و تکنیکی دارند (اگرچه بعضی از اهداف اجتماعی نیز می‌توانند وارد موضوع شوند).
این اهداف عبارتند از:

۱- توسعه یک استراتژی از لحاظ ماکزیمم مقادیر مفاهیم اقتصادی، ایمنی، سرویس‌دهی
۲- در نظر گرفتن همهٔ گزینه‌های مختلف طراحی
۳- تشخیص ماهیت تغییرات فاکتورهای طراحی
۴- ماکزیمم نمودن دقت در پیش‌بینی سرویس‌دهی ایمنی و خرابی‌های گزینه‌های مورد نظر
۵- مینیمم کردن هزینه‌های طراحی (زمان محاسبه و زمان پرسنل)
۶- ماکزیمم کردن دقت در تخمین هزینه‌ها و سودها
۷- ماکزیمم کردن تبادل اطلاعات بین افرادی که در مرحله ساخت و نگهداری قرار دارند
۸- ماکزیمم کردن استفاده از مصالح محلی و کارگران محلی در استراتژی‌های طراحی مورد نظر

اولین هدف نشان‌دهنده هدفی از طراحی است که اهداف اقتصادی، سرویس‌دهی و ایمنی روسازی را تحت پوشش قرار می‌دهد. برای نیل به این هدف بایستی هدف دوم نیز مورد نظر قرار گیرد. بدین گونه که همهٔ گزینه‌های مختلف (استراتژی‌های مختلف شامل انواع لایه‌ها، ضخامت‌ها روکش‌ها و سیل‌کت‌ها و ...) با استفاده از آنالیز کامپیوتری بایستی با هم مقایسه شوند. مسلماً فاکتورهای طراحی عدد ثابت و معینی نیستند و می‌توانند دارای تغییراتی باشند و این تغییرات در مسأله طراحی بایستی در نظر گرفته شوند. هدف چهارم یعنی ماکزیمم کردن دقت پیش‌بینی‌ها، ارتباط مستقیم با هدف سوم و کیفیت مدل‌های طراحی دارد. کاهش عدم‌قطعیت در پیش‌بینی‌های مرحله طراحی از عوامل مهم در کاهش قابلیت اطمینان در برنامه‌ریزی فعالیت‌ها و برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری‌ها است .

هدف ششم در ارتباط مستقیم با هدف پنجم بوده و تابعی از قابلیت اطمینان داده‌های ورودی است.هدف پنجم عامل مهمی است که با بقیه اهداف رقابت می‌کند. هدف هفتم ممکن است کمتر مورد توجه قرار گیرد و فراموش شود. به عنوان مثال در آمریکا می‌توان به نمونه‌هایی اشاره کرد که در آن افرادی که با روسازی بتنی آشنایی نداشتند برای پر کردن ترک‌های روسازی بتنی، از آسفالت استفاده می‌کردند. در این حالت می‌توان به راحتی این اشکال را به طراحان نسبت داد. در حالی که اگر ارتباط بین پیمانکاران و نگهداری‌کنندگان راه با طراحان روسازی وجود داشته باشد این مشکل به وقوع نمی‌پیوندد. هدف هشتم یک ضرورت واجب برای اکثر حالات است.

۱۵-۴- محدودیت‌های طراحی

این محدودیت‌ها می توانند ماهیت اقتصادی و یا فیزیکی داشته باشند که عبارتند از:

۱- محدودیت‌های زمانی و سرمایه‌ای (چه در مرحله ساخت و چه در مرحله طراحی)

۲- مینیمم حد سرویس‌دهی مجاز برای انجام فعالیت ترمیم

۳- دسترسی به مصالح

۴- حداقل و حداکثر ضخامت لایه‌ها

۵- حداقل زمان بین روکش و پوشش سطحی یا سیل‌کت

۶- قابلیت و توانایی انجام پروسه ساخت و نگهداری

۷- توانایی تست کردن

۸- توانایی مدل‌های اقتصادی و سازه‌ای در دسترس

۹- کیفیت و گسترش محدودهٔ اطلاعات طراحی در دسترس

محدودیت اول ماهیت اقتصادی و سایر محدودیت‌ها ماهیت فیزیکی و فنی دارند. این محدودیت‌ها به صورت ضمنی با مسایل اقتصادی نیز در ارتباط هستند (نکته مهم این است که اهمیت محدودیت‌های ذکر شده با شرایط طراحی و شرایط حاکم بر ادارات فرق می‌کند).

۱۶- ارایه استراتژی‌های مختلف در طراحی روسازی

۱۶-۱- مقدمه

هدف بسیاری از روش‌های طراحی تعیین ضخامت روسازی است. در یک طراحی دقیق، ضخامت لایه‌ها، جنس مصالح لایه‌ها، سیاست‌های ساخت، سیاست‌های نگهداری و ترمیم و سیاست‌های ارزیابی عملکرد تعریف می‌گردد. هر طرحی که دارای تمامی جزییات فوق باشد، یک استراتژی طراحی نامیده می‌شود. یک استراتژی طراحی شامل ارایه طرحی برای کل دورهٔ طراحی یا آنالیز خواهد بود به طوری که پیش‌بینی عملکرد، منافع و هزینه‌های یک استراتژی طراحی در این دوره قابل تعیین خواهد بود. نمودار (۱۶-۱) نشان دهندهٔ اجزای یک استراتژی طراحی و روش ارایه استراتژی‌های مختلف طراحی می‌باشد. اجزای هر استراتژی طراحی می‌تواند از گزینه‌های مختلفی تشکیل شود که در بخش‌های بعد، این گزینه‌ها معرفی می‌گردند.

اولین قدم تعیین نوع سازهٔ روسازی است، سازه روسازی می‌تواند به صورت انعطاف‌پذیر، صلب و مرکب طرح گردد. معمولاً با توجه به دلایل زیر فقط یک نوع روسازی در طراحی مد نظر قرار می‌گیرد.

۱- سلیقه طراح
۲- تجارب موفق قبلی در زمینه طرح یک روسازی مشخص
۳- کمبود ابزارهای کافی برای مقایسه انواع روسازی‌ها با هم

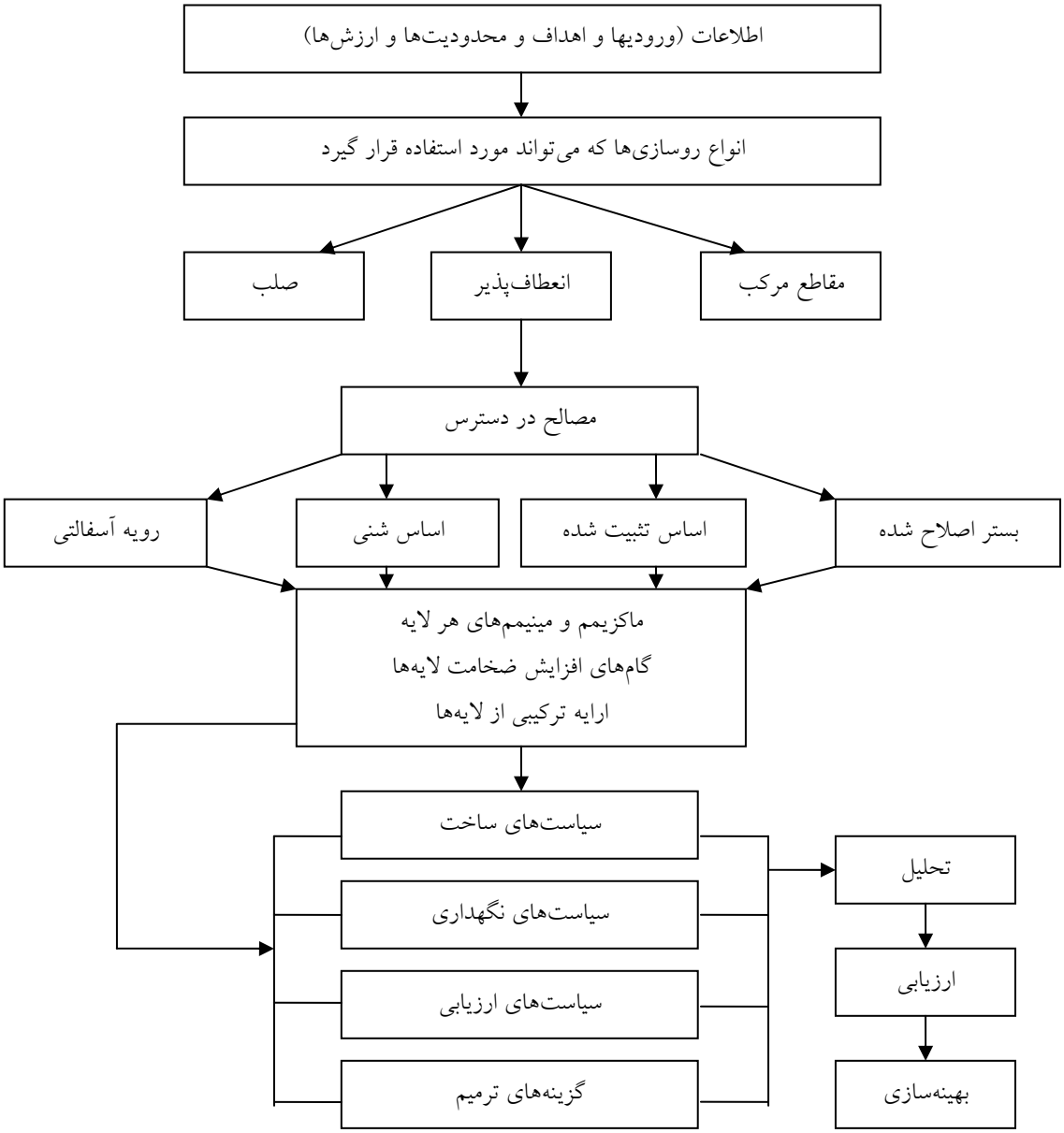
دومین قدم در این زمینه ترکیب انواع مختلف لایه‌ها با ضخامت‌های مختلف می‌باشد. به عنوان مثال در یک روسازی انعطاف‌پذیر مصالح زیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند.

۱- رویه بتن آسفالتی
۲- اساس آسفالتی (black base)
۳- اساس سیمانی
۴- اساس شنی
۵- زیراساس شنی
۶- اساس سنگی شکسته
۷- زیر اساس سنگی شکسته
۸- بستر اصلاح شده با آهک و ...
۹- اساس شنی تثبیت شده با قیرهای امولسیونی

انتخاب نوع مصالح با توجه به منابع مصالح در دسترس، محدودیت‌ها و اهداف مورد نظر تعیین می‌گردد. به عنوان مثال در تهیه بتن آسفالتی می‌توان مصالح سبک‌وزن کارخانه‌ای را با سنگ شکسته مقایسه کرد.

از طرفی ضخامت لایه‌ها را با گام مشخصی می‌توان زیاد و یا کم کرد (با توجه به حداکثر و حداقل ضخامت تعریف شده). بنابراین گزینه‌های مختلفی تعریف می‌گردند که به همراه سیاست‌های ساخت، نگهداری و ترمیم و ارزیابی

بایستی مورد آنالیز ارزیابی اقتصادی و بهینه‌سازی قرار گیرند تا بدین طریق یک استراتژی انتخاب شده و آماده پیاده‌سازی شود.



نمودار(۱۶-۱) اجزای اصلی ارایه استراتژی‌های مختلف طراحی

۱۶-۲- گزینه‌های ساخت

موفقیت هر استراتژی طراحی به صورت گسترده‌ای تابعی از سیاست‌های ساخت است. معمولاً به صورت سنتی، ناهماهنگی خاصی بین مرحلهٔ ساخت و طراحی وجود دارد. شاید علت این امر ساختار سنتی ادارات و سازمان‌های راه باشد زیرا افرادی که در بخش ساخت هستند دوست ندارند که به آنها گفته شود چگونه روسازی را بسازند و یا آنهایی که در بخش نگهداری هستند مایل نیستند به آنها گفته شود چگونه عمل نگهداری را انجام دهند. در سیستمی که به گونه درستی طراحی شده است لازم نیست که بخش طراحی عقاید خود را به واحدهای دیگر (ساخت و نگهداری) تحمیل کند، بلکه به جای آن بهتر است که واحد طراحی نشان‌دهندهٔ سیاست‌های نگهداری و ساخت مورد انتظار و یا فرض شده باشد. در این حالت ارزیابی عملکرد و رفتار بخش‌های دیگر آسان است.

سیاست‌های ساخت که ممکن است در بخش طراحی مورد توجه قرار گیرد عبارتند از:

۱- تعیین تغییرات یا محدودهای مجاز در زمینه:

- ضخامت لایه‌ها
- مشخصات مصالح مانند چگالی، درصد فضای خالی، مقدار رطوبت و ...
- مقدار سیمان یا قیر
- ناهمواری اولیه روسازی
- حرارت با رطوبت قابل پیش‌بینی در زمان ساخت

۲- نحوه هدایت ترافیک

۳- فصل و یا زمانی از روز که کار ساخت باید در آن انجام شود

۴- منابع مصالح

اهمیت گزینه یک واضح است. گزینه دوم بر روی هزینه‌ها و منافع اثرات قابل‌توجهی دارد. گزینه سوم بر روی کیفیت کار تأثیر می‌گذارد (نکته قابل توجه این است که احتمالاً در زمان ساخت به دلیل استفاده از منابع جدید مصالح و یا ایجاد تغییرات در شرایط بستر ممکن است استراتژی طراحی عوض شود، به گونه‌ای که این تغییرات بر روی سیاست‌های ترمیم و ارزیابی اثر بگذارد).

۱۶-۳- گزینه‌های نگهداری

در این بخش بایستی سطح و درجه نگهداری مورد انتظار تعریف گردد (به عنوان مثال، در صورت وقوع ترک بایستی تعریف گردد که ترکها پاک و سریعاً پر گردند و یا اعلام شود که تا زمانی که روکش و یا فعالیت ترمیم کلی صورت نگرفته است، هیچ فعالیتی نباید صورت گیرد).

سیاست‌های نگهداری با توجه به نوع امکانات، حجم ترافیک، بودجه در دسترس، شکایات عمومی و ماهیت گروههای نگهداری و ناحیه انجام فعالیت و ... فرق می‌کنند.

۱۶-۴- گزینه‌های روکش و سیل‌کت

عمومی‌ترین نوع ترمیم روسازی، روکش و سیل‌کت است. هر یک از این روش‌ها چندین بار در طول دورهٔ طراحی می‌توانند به کار گرفته شوند تا مشکل خرابی‌ها، سرویس‌دهی، ایمنی و مقاومت سازه‌ای روسازی تحت پوشش قرار گیرد. بنابراین ترکیب‌های مختلفی از مقاطع روسازی با ترمیم‌های مختلف (از نظر زمانی، ضخامت و جنس) را می‌توان به عنوان استراتژی طراحی به کار برد. توجه به مسأله هدایت ترافیک، از نکات مهم در زمینه فعالیت‌های روکش می‌باشد (به عنوان مثال ممکن است استفاده از یک سیاست مشخص به دلیل هدایت ترافیک در جاده‌های پرتردد در طول دوران ترمیم دارای هزینه‌های زیادی باشد، در حالی که در یک جادهٔ کم رفت‌وآمد این سیاست دارای هزینه‌های کمتری بوده و به عنوان جزیی از استراتژی طراحی انتخاب گردد).

۱۶-۵- گزینه‌های ارزیابی

برای اینکه یک طراح بتواند پیش‌بینی‌های خود را به روز کند و مدل‌های طراحی خود را بهبود بخشد، نیازمند اطلاعاتی در مورد ارزیابی روسازی در طول دوره طراحی است زیرا هدف طراحی روسازی فقط طراحی اولیه سازه‌ای آن نیست، بلکه بررسی عملکرد آن در طول دوره طراحی نیز مورد توجه است.

فرض کنید ادارهٔ راهی به صورت تقریبی هر سه سال یک بار راههای خود را مورد ارزیابی قرار می‌دهد و داده‌های حاصل را در بانک اطلاعاتی قرار می‌دهد. در این هنگام طراحان می‌توانند از این داده‌ها برای مقایسه یا پیش‌بینی‌های خود استفاده کنند، هر چند که آنها قادر نیستند سیاست‌های کلی ارزیابی را تغییر دهند، ولی حداقل به عنوان بخشی از استراتژی طراحی می‌توانند سیاست‌های ارزیابی مورد انتظار را مشخص و پیش‌بینی نمایند. بنابراین طراحان روسازی بایستی سیاست‌های ارزیابی مورد انتظار و یا پیشنهادی را به صورت اسناد طراحی تهیه و در اختیار گروههای ارزیابی قرار دهند.

۱۶-۶- استفاده از کامپیوتر برای ارایه استراتژی‌های مختلف

در اکثر مواقع ارایه و تولید استراتژی‌های مختلف طراحی به صورت دستی ممکن نیست و انجام این کار با دست نیازمند وقت زیادی است، بنابراین برنامه‌های کامپیوتری با معرفی مطالب زیر قادر به تولید استراتژی‌های مختلف هستند:

۱- جنس مصالح
۲- حداکثر و حداقل ضخامت لایه‌ها
۳- اختلاف ضخامت‌های متوالی تولید شده
۴- مینیمم زمان برای انجام روکش و مینیمم زمان بین دو روکش متوالی

استفاده از کامپیوتر احتمال فراموش شدن گزینه‌های مختلف را منتفی می‌سازد.

۱۷- تحلیل استراتژی‌های مختلف طراحی (پیش‌بینی خرابی)

۱۷-۱- مقدمه

انواع خرابی‌های اساسی که در یک روسازی انعطاف‌پذیر می‌تواند اتفاق بیفتد عبارتند از:

۱- ترک‌های مربوط به بارگذاری (fatigue)

۲- تغییرشکل‌های دایمی مرتبط با بارگذاری (rutting)

۳- ترک‌های خزشی ناشی از درجه حرارت کم (low temperature shrinkage crackage)

۴- تغییرشکل‌های غیرمرتبط با بارگذاری ناشی از تغییرشکل بستر و تورم ناشی از یخبندان (distortion)

۵- ترک‌های غیرمرتبط با بارگذاری بر اثر تغییرشکل بستر و تورم ناشی از یخبندان

۶- Disintegration شامل (stripping, raveling, spalling, potholes, …)

۷ - اثر متقابل خرابی‌های شدید

تکنولوژی طراحی در زمینه پیش‌بینی و جلوگیری از سه خرابی نوع اول پیشرفت قابل توجهی کرده است. سه خرابی دیگر معمولاً به عنوان مسایل و مشکلات طراحی توسط طراحان مورد بررسی قرار نمی‌گیرد زیرا این مسایل با توجه به موارد زیر می‌تواند کنترل شود:

۱- اجرای بستر مناسب

۲- ساخت بستر مناسب

۳- زهکشی مناسب و صحیح

۴- انتخاب صحیح مصالح

۵- طراحی صحیح مخلوط

خرابی نوع هفتم معمولاً در اواخر عمر روسازی رخ می‌دهد. تاکنون تکنولوژی طراحی روسازی برای نشان دادن نقطه‌ای که در آن شش خرابی فوق بر روی هم تأثیر می‌گذارند پیشرفت نکرده است. گاه کاهش مقاومت لغزشی را نیز به عنوان یکی از خرابی‌های روسازی در نظر می‌گیرند تا به حال تکنولوژی پیش‌بینی مقاومت لغزش با زمان به شکل دقیقی توسعه پیدا نکرده است و تکنولوژی طراحی در مواجهه با این خرابی حالت تجویزی دارد (بدین معنی که وقتی مشکل مقاومت لغزشی پیش می‌آید، سعی می‌شود این مشکل اصلاح شود).

امروزه در روش‌های طراحی روسازی از پیش‌بینی خرابی‌ها به منظور کنترل کردن استراتژی‌ها استفاده می‌شود. به عبارت دیگر گزینه‌های طراحی در ابتدا با توجه عملکرد کلی و مسایل اقتصادی انتخاب می‌شوند. سپس پیش‌بینی‌های لازم در زمینهٔ خستگی شیارافتادگی و خزش برای انتهای عمر روسازی کنترل می‌گردد. وقتی خرابی از یک مقدار محدود افزایش پیدا می‌کند، در این صورت می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد کلی احتمالی خیلی کمتر از مقدار پیش‌بینی شده است (علت این امر که از پیش‌بینی خرابی به منظور کنترل کردن طراحی استفاده می‌شود آن است که هنوز فناوری روسازی به سمتی که در آن عملکرد روسازی به صورت قابل اطمینانی بتواند به خرابی‌ها نسبت داده شود پیشرفت نکرده است).

در ادامه خلاصه‌ای از روش‌های رایج در زمینه پیش‌بینی خرابی خستگی، شیارافتادگی، و ترک‌های حرارتی ارایه خواهد شد.

۱۷-۲- پیش‌بینی خستگی

یکی از رایج‌ترین نوع خرابی روسازی‌های انعطاف‌پذیر که در ایالات متحده گزارش شده است، خرابی ناشی از خستگی بر اثر عبور بارهای ترافیک تکراری است. تحقیقات گسترده‌ای برای توسعه یک روش طراحی برای کاهش ترک‌ها توسعه پیدا کرده است که تعدادی از این فعالیت‌ها در مرجع [۱۵] آمده است.

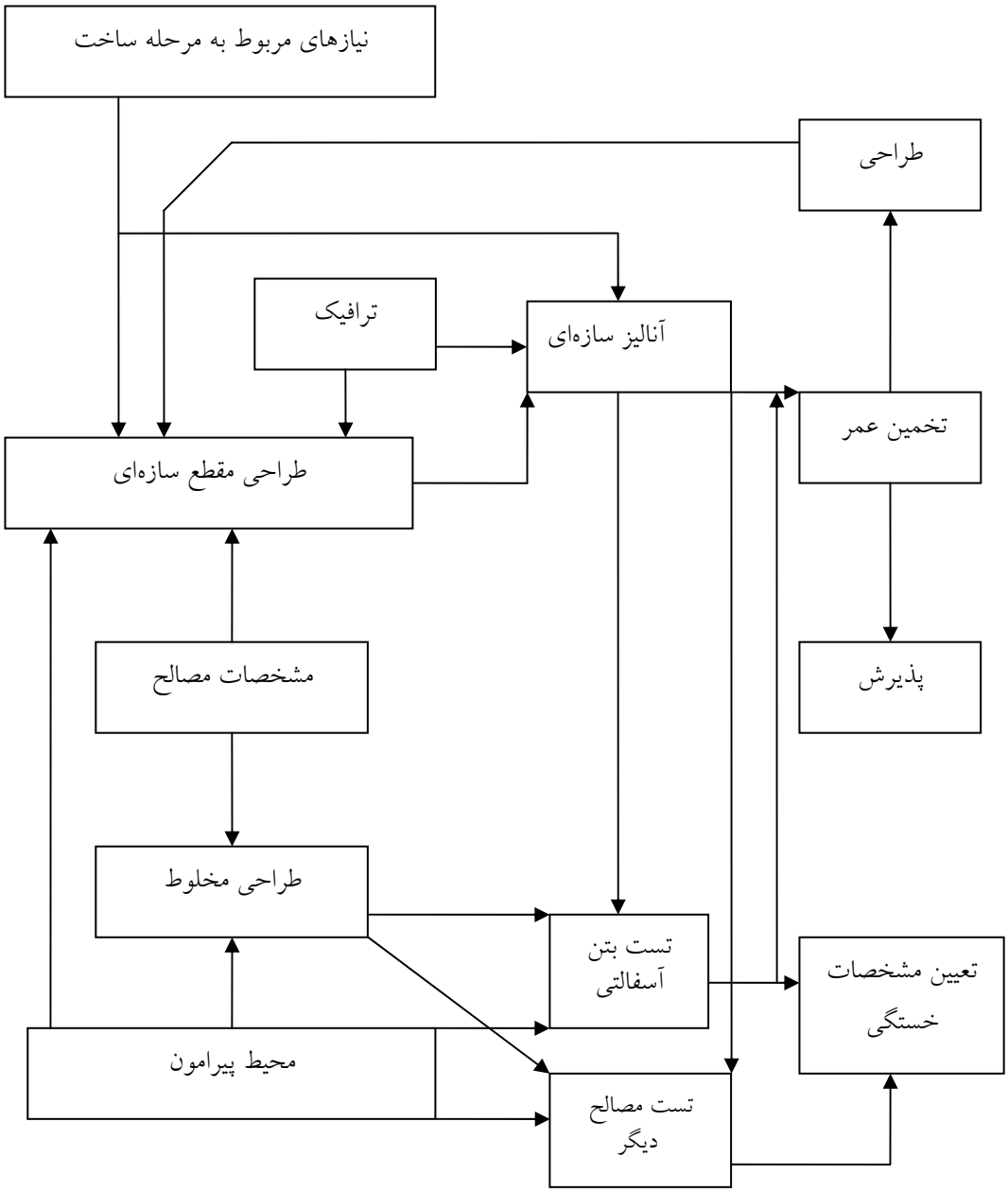
مان اسمیت ساختار زیرسیستم ترک خستگی را در مرجع [۱۶] ارایه نموده است. این ساختار با بعضی تغییرات در نمودار(۱۷-۱) نشان داده شده است. زیرسیستم طراحی مزبور با اطلاعات ورودی زیر شروع می‌شود:

۱- داده‌های بار ترافیکی
۲- مصالح در دسترس
۳- داده‌های محیطی
۴- نیازمندی‌های مرحلهٔ ساخت و اثرات ساخت
۵- گزینه‌های طراحی سازه‌ای روسازی

اطلاعات لازم برای تحلیل مسأله خستگی شامل موارد زیر است:

۱- پیش‌بینی تعداد بارهایی که می‌تواند تحت شرایط مفروض باعث ایجاد ترک گردد،
۲- محاسبه تنش‌ها و کرنش‌هایی که می‌توانند برای ترک خستگی بحرانی باشند.

مورد اول برای مقایسه ترافیک تخمینی با ترافیک محاسبه شده فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد. مورد دوم برای مقایسه تنش‌ها و کرنش‌های موجود با تنش‌های محدود برای تعداد بارهای ترافیکی مورد انتظار به کار می‌رود (در مدل خستگی بایستی در مورد داده‌های ورودی بحث شود و سپس روش‌های موجود که می‌توانند به صورت واقعی طراحی ترک‌ها را کنترل کنند بایستی توصیف شود).



نمودار (۱۷-۱) زیرسیستم مدل خستگی

۱۷-۳- تغییرشکل دایمی

تغییرشکل دایمی یا rutting به عنوان یکی از روش‌های خرابی، در بسیاری از محافل مورد توجه قرار گرفته است [۱۷]. افزایش شیارافتادگی در روسازی بزرگراهها و فرودگاهها می‌تواند سایر خرابی‌های سازه‌ای را تسریع کند و باعث ایجاد خطرات ایمنی گردد. این خرابی با افزایش مقدار و تعداد بارها تسریع می‌گردد.

چون شیارافتادگی خود را در سطح جاده نشان می‌دهد. ممکن است تصور شود که این حالت ناشی از ناپایداری سطح رویه است. در حالی که آزمایش AASHTO نشان داده است که rutting می‌تواند در تمام لایه‌ها ایجاد شود (بنابراین می‌توان اظهار نمود که شیارافتادگی در واقع برابر مجموع گام‌های کوچک تغییرشکل‌های دایمی بر اثر عبور بارهای تکراری است که خود را به صورت گودافتادگی در مسیر چرخها نشان می‌دهد).

در روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای کنترل و چک کردن خرابی ناشی از تغییرشکل دایمی از دو روش زیر استفاده می‌شود.

- **روش مستقیم شامل**

ـ تهیه حداقل مقاومت و چگالی برای پایداری اجزای مصالح روسازی

ـ محدود کردن کرنش قائم فشاری بر روی سطح بستر

- **روش‌های پیش‌بینی**

ـ روشی که از مربوط کردن کرنش دایمی به تنش‌ها و کرنش‌های الاستیک استفاده می‌کند.

- روشی که از آزمایش بارگذاری تکراری برای توسعهٔ معلومات پیش‌بینی و یا شاخص‌های شیارافتادگی استفاده می‌کند.

ـ روش کرنش های دایمی مربوط به آزمایش خزش

ـ محاسبه کرنش دایمی به وسیله تئوری لایه‌ای ویسکوالاستیک

۱۷-۴- ترک ناشی از خزش در درجه حرارت کم

این ترک‌ها جزء خرابی‌هایی است که در بسیاری از راههای آمریکا و کانادا مشاهده شده است. بنابراین تحقیقات قابل توجهی برای حل این مشکل صورت گرفته است. روش‌های اساسی طراحی در این زمینه می‌تواند به شکل زیر طبقه‌بندی شوند:

۱- انتخاب یک نوع آسفالت مناسب برای شرایط دمایی محدودهٔ طراحی

۲- طراحی بر اساس محدود کردن مقاومت آسفالت یا مخلوط مورد نظر برای دمای طراحی

۳- پیش‌بینی ترک‌های حرارتی با استفاده از مقادیر سختی (محاسبه شده و یا تخمینی) با توجه به درجه حرارت مورد انتظار در محیط

۴- پیش‌بینی فرکانس ترک‌ها در سنین مختلف طراحی بر اساس روابط آماری

۱۸- انتخاب استراتژی طراحی

۱۸-۱- نقش تصمیم‌گیرنده

به عقیدهٔ هاس سیستم مدیریت روسازی یک سیستم تصمیم‌ساز نیست بلکه این وظیفه بر عهدهٔ مدیر مربوطه می‌باشد، ولی متأسفانه بعضی از مردم فکر می‌کنند که وجود سیستم مدیریت روسازی وظیفه تصمیم‌گیری را از افراد مربوطه سلب می‌کند. در واقع، استفاده از سیستم مدیریت روسازی نقش تصمیم‌گیر را تشدید می‌کند زیرا PMS، اطلاعات جمع‌آوری شده را به وسیله مدل‌هایی تحلیل می‌کند و در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد تا از این طریق تصمیم درستی گرفته شود. وظایف تصمیم‌گیر عبارت است از:

۱- تحلیل و ارزیابی خروجی‌های سیستم مدیریت روسازی و استفاده از نتایج آن در رسیدن به تصمیم نهایی
۲- استفاده از داده‌های عملکردی برای به روز کردن تخمین‌ها و تصمیم‌ها
۳- کسب اطمینان از اینکه سیستم PMS درست طراحی شده است
۴- کسب اطمینان از اینکه داده‌ها به شکل صحیحی جمع‌آوری می‌شوند و به شکل درستی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بنابراین می‌توان گفت که کنترل سیستم مدیریت روسازی که به عنوان ابزاری در دست تصمیم‌گیران است بایستی توسط آنان صورت گیرد.

۱۸-۲- سطوح و انواع تصمیم‌گیری‌ها در طراحی

معمولاً تصمیم اولیه در مورد طراحی یک پروژه در سطح شبکه گرفته می‌شود، ولی تصمیمات نهایی در مورد اجزای طراحی در سطح پروژه گرفته می‌شود، تصمیمات نهایی مربوطه می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

۱- تصمیماتی که در مورد مشخصات مصالح، فاکتورهای آب‌وهوایی، میزان ترافیک و هزینه‌های واحد و ... گرفته می‌شود.
۲- تصمیماتی مانند مینیمم ضخامت لایه‌ها، مینیمم زمان برای انجام روکش و فاصلهٔ زمانی آنها، حداقل طول جاده با مقطع روسازی یکنواخت، ماکزیمم هزینه‌ها و ... که به عنوان محدودیت‌های کاربردی بایستی تعریف گردند.
۳- تصمیم‌گیری در مورد جنس و ضخامت لایه‌ها که ممکن است بر اساس ارزیابی‌های اقتصادی گزینه‌های مختلف، با توجه به اثرات مسایل دورهٔ ساخت و نگهداری و ... صورت گیرد.

۱۸-۳- انتخاب استراتژی بهینه

اگر چه از تحلیل‌های اقتصادی به عنوان یکی از فاکتورهای اساسی در تصمیم‌گیری استفاده می‌شود ولی با این حال انتخاب نهایی یک استراتژی طراحی، حالت ادراکی و احساسی دارد. بنابراین نمی‌توان گفت که همیشه یک قانون ثابت و معین در انتخاب استراتژی طراحی وجود دارد.

گاه برای اینکه از تحلیل‌های اقتصادی به نحو صحیحی استفاده شود، فهرستی از استراتژی‌های بهینه اقتصادی را فراهم می‌کنند و آنها را بر اساس معیاری مانند مینیمم هزینه کل درجه‌بندی می‌نمایند ولی بایستی به مسایل دیگر نیز توجه شود. یکی از فاکتورهای دیگر، عامل ریسک می‌باشد. ریسک عبارت است از احتمال اتفاق عملکرد مورد نظر (هرچند که با کاهش ریسک و یا افزایش قابلیت اطمینان هزینه‌های کاربر کاهش می‌یابد، ولی هزینهٔ ادارهٔ راه بالا می‌رود). فاکتور مؤثر دیگر عامل دسترسی به سرمایه می‌باشد. به عنوان مثال فرض کنید دو گزینه از لحاظ اقتصادی ضرورت یکسان دارند. اولین گزینه لایه‌ای ضخیم بدون احتیاج به روکش است و گزینه دوم لایه‌ای ضعیف با چندین روکش در طول دوره طراحی است. اگر فرض کنیم که احتمال دسترسی به سرمایه در آینده وجود ندارد، بنابراین گزینه اول انتخاب می‌شود.

نکته نهایی این است که یک تصمیم با انتخاب یک استراتژی طراحی به اتمام نمی‌رسد، بلکه ممکن است استراتژی طراحی در طول دوره ساخت و نگهداری دچار تغییر و بازنگری شود.

۱۹- منابع

۱. محمود عامری و سید فرهاد افتخارزاده، "مـدیریت روسـازی راههـا و فرودگاههـا و محوطـه‌هـای پارکینـگ" دانشگاه علم‌وصنعت ایران، ۱۳۷۸.

۲. R. Haas and R. Hudson,"Pavement Management System", Robert E. Krieger Publishing Company, 1986.

۳. A.D. Hall, "A Methodology for Systems Engineering", Van Nostrand, 1962.

٤. Ministry of Transportation and Communication of Ontario and Road Voorhees and Association Ltd., "Development of Methodology for Planning and Improvement Priorities", M.T.C Ontario, 1972.

٥. B.G. Hutchinson and R. Haas, "A System Analysis of Highway Pavement Design Process", Highway Research Record NO. 239, Highway Research Board, 1968.

٦. R. Hudson, F.N. Finn, B.F. Mccullough, K. Nair and B.A. Vallerga, "Systems Approch to Pavement Design", NCHRP Porject 1-10B, Interim Report, March 1986.

۷. R. Hudson, B.F. McCullogh, F.H. Scrivner and J.L.B. Rrown, "A Systems Approach Applied to Pavement Design and Research", Texas Highway Dept., Cooperative Research Program, March 1970.

۸. B.C. Butler and L.G Byrd, "Maintenance Management", Section 25 of Handbook of Highway Eng, Van Nostrand REINHOLD, 1975.

۹. R. Haas, "Developing a Pavement Feedback Data System", Research Report 123-4, Texas Highway Dept., February 1971.

۱۰. Storm, R. Hudson, James L. Brown, "A Pavement Feedback Data System", Res. Report 123.

۱۱. Creech, S.N. Runkle, "Development and Use of a Pavement Data System", Virginia Highway Council, 1973.

۱۲. Kamel Nabil, Alex Rutka, "PAMFIS", Road and Transportation Association of Canada, 1975.

۱۳. Pavement Management Committee, Road and Transportation of Canada, "Pavement Management Guide for Canada" Draft, 1976.

۱٤. A.T. Fry, "A Study of Economics of Road Vehicle Limits- Summary and Recommendations", NAASRA Study Team Report R3, 1975.

۱٥. Highway Research Board, "Structural Design of Asphalt Concrete Design of Pavement to Prevent Fatigue Cracking", HRB Spatial Report 14, 1973.

١٦. C.L. Monsmith, "Pavement Design: The Fatigue Subsystem", HRB Spatial Rep. 140, 1973.

١٧. University of Michigan, "Third International Conference of Asphalt Concrete Pavements", 1972.