

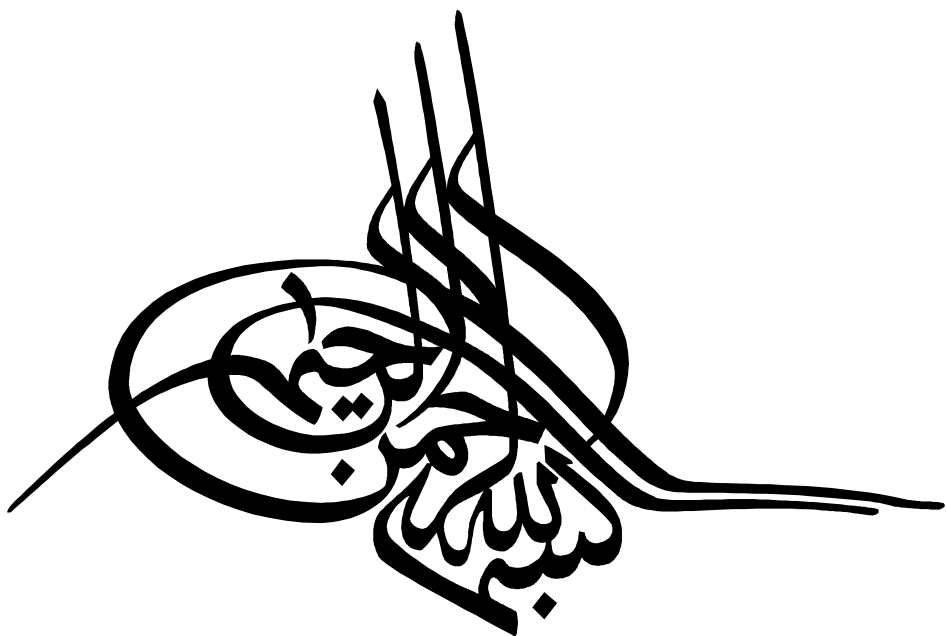


( )

# برآورد هزینه چرخه عمر راهها (روسازی‌های بتنی)

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی  
دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران







وزارت راه و ترابری  
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری  
دفتر مطالعات فناوری و ایمنی



دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

# برآورد هزینه چرخه عمر راهها (روسازی های بتنی)

:

**Whole Life Costing of Roads  
Concrete Pavements**

:

« این گزارش با مشارکت شرکت مهندسی مشاور بن سازه اسکان تهیه و منتشر گردیده است »

## معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

عنوان گزارش	: برآورد هزینه چرخه عمر راه‌ها (روسازی‌های بتنی)
تهیه و تألیف	: دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)
تاریخ تألیف	: ۲۰۰۰ میلادی
مترجمین	: عالیه‌السادات میرکریمی - علیرضا فتح‌الهی فرد - مهرزاد ذبیحی
ناظر	: ناصر پورمعلم (نماینده اول پیارک در ایران)
ویرایش	: محسن رحیمی
ناشر	: وزارت راه و ترابری - معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی
مشارکت در تهیه و نشر	: شرکت مهندسین مشاور بن‌سازه اسکان
نوبت چاپ	: اول
تاریخ انتشار	: بهار ۱۳۹۰
کد انتشار	: ۹۰/RRRM/۲۹۵
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۱۵-۲۱-۰
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۵۰۰ تومان
لیتوگرافی	: باران
چاپ و صحافی	: شامران
نشانی	: میدان آرژانتین - ابتدای بزرگراه آفریقا - اراضی عباس‌آباد - ساختمان شهید دادمان - وزارت راه و ترابری - طبقه سیزدهم شمالی - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی
تلفکس: ۸۸۶۴۶۱۳۹	web:www.rahiran.ir

\* کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است \*

## بسمه تعالی

وزارت راه و ترابری به عنوان متولی اصلی صنعت حمل و نقل کشور، نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینه طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزای سیستم حمل و نقل می‌باشد. از این رو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز به طور 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 - کاربردی در زمینه مسایل فنی حمل و نقل 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 بر آن 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.

هزینه‌های چرخه عمر یک راه، هزینه‌های وارده در طول عمر یک راه است که شامل هزینه‌هایی است که اداره راه از طراحی تا جایگزینی کامل راه متحمل آنها می‌شود. اگرچه در عمل، هزینه‌های چرخه عمر راه به هزینه‌های ساخت و نگهداری آن در طول یک دوره زمانی معین محدود می‌شود. بسیاری از کشورها برای احداث راه‌های جدید، از برنامه‌های اختصاصی جهت محاسبه هزینه‌ها و درآمدهای مختلف، به ازای راه‌حل‌های متفاوت استفاده می‌کنند.

در سال‌های اخیر، روش‌های جدید تحلیل چرخه عمر راه تدوین شده است که جنبه‌های زیست‌محیطی را نیز در نظر می‌گیرند. برای مثال، به جای اینکه فقط به تحلیل هزینه‌ها اکتفا شود، انرژی مورد نیاز برای عملیات ساخت و نگهداری و همچنین مقدار سنگدانه‌های کمیاب، در مقایسه گزینه‌های مختلف ساخت و نگهداری در نظر گرفته می‌شوند. امروزه فعالیت در زمینه ایجاد روش تحلیل چرخه عمر برای مصرف مصالح و منابع مختلف در اجرای رویکردهای فنی مختلف آغاز شده است. نتایج این تحلیل‌ها می‌تواند به عنوان داده ورودی تحلیل هزینه‌های چرخه عمر راه مورد استفاده قرار گیرد.

امید است که با تلاش‌های صورت گرفته توسط آقای مهندس مهران قربانی دبیر مجمع جهانی راه در ایران و مدیرکل محترم و آقای مهندس مهران غلامی معاون محترم مدیرکل دفتر مطالعات فناوری و ایمنی و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، ضمن تشکر و قدردانی، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود.

ناصر پورمعلم

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

نماینده اول پیارک در ایران





# برآورد هزینه چرخه عمر راه‌ها

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱. پیشگفتار.....
۲	۱-۱. تضمین کیفیت.....
۲	۲-۱. الزامات عملکردی.....
۲	۳-۱. سیستم مدیریت روسازی.....
۳	۲. مقدمه.....
۴	۳. هزینه‌ها.....
۴	۱-۳. هزینه‌های اداره راه.....
۵	۲-۳. هزینه‌های کاربر راه.....
۶	۳-۳. هزینه‌های تصادفات.....
۶	۴-۳. هزینه‌های زیست‌محیطی.....
۸	۴. عملکردها.....
۸	۱-۴. اصطکاک.....
۹	۲-۴. همواری و شیب.....
۹	۳-۴. زهکشی.....
۹	۴-۴. نقش درشت‌بافت و کلان‌بافت در تولید سروصدا.....
۹	۵-۴. قابلیت انعکاس.....
۹	۶-۴. شیارها و ترک‌ها.....
۱۰	۷-۴. خلاصه اثرات.....
۱۱	۵. ویژگی‌های مصالح.....
۱۲	۶. مدل‌های خرابی راه.....
۱۳	۷. برآورد هزینه‌های چرخه عمر.....
۱۳	۱-۷. سیستم WLC.....
۱۳	۲-۷. شرایط ورود داده‌ها.....
۱۳	۳-۷. ترافیک.....
۱۴	۴-۷. پیش‌بینی مشخصات سطح راه.....
۱۴	۵-۷. شناسایی عملیات نگهداری.....

۶-۷. هزینه‌های اداره راه	۱۴
۷-۷. هزینه‌های کاربر راه	۱۵
۸-۷. هزینه‌های تصادفات	۱۵
۹-۷. هزینه‌های زیست‌محیطی	۱۶
۸. ارزش سرمایه مسدودشده / نرخ بهره	۱۷
۱-۸. شرایط در بخش دولتی	۱۷
۲-۸. ارزش پول، نرخ بهره	۱۷
۳-۸. سرمایه‌گذاری در راه‌ها	۱۹
۴-۸. تأمین اعتبار اداره راه	۲۰
۵-۸. بودجه به حساب بدهی صندوق دولت	۲۰
۶-۸. پرداخت مستقیم	۲۰
۷-۸. درآمد حاصل از کاربران راه	۲۱
۸-۸. خلاصه و نتیجه‌گیری	۲۱
۹. رویکردهای احتمالی	۲۲
۱۰. کاربرد مدل‌های WLC، مثال‌ها	۲۳
۱-۱۰. مدل سوئدی	۲۳
۲-۱۰. برآورد هزینه‌های چرخه عمر - بریتانیا	۲۴
۳-۱۰. ایالات متحده آمریکا - FHWA	۲۵
۴-۱۰. HDM-4 (شیلی)	۲۶
۵-۱۰. استرالیا - ایالت کوئینزلند	۲۷
۶-۱۰. اتریش	۲۸
۱۱. پیشرفت‌های آتی	۲۹
۱۲. نتیجه‌گیری	۳۰

## ۱. پیشگفتار

امروزه، رویکرد کلی در زمینه فعالیت‌های مربوط به راه در دنیا واگذاری مسئولیت بیشتر به پیمانکاران و مجاز نمودن آنها برای انجام کارهای بیشتر در راه‌ها می‌باشد. در راستای مدیریت این امر، متولیان و پیمانکاران راه از انواع مختلف سیستم‌های تضمین کیفیت استفاده می‌کنند.

همچنین کاربرد بیشتر تقاضاهای عملکردی در احداث راه‌ها، پل‌ها و تونل‌ها نیز بسیار مورد توجه است. مورد دیگر، تمایل متولیان راه‌ها به کاربرد هر چه بیشتر برنامه‌های رایانه‌ای برای مدیریت راه می‌باشد. امروزه تقریباً تمامی کشورها دارای سیستم مدیریت روسازی (PMS)<sup>۱</sup> بوده یا در حال ایجاد آن هستند. با در نظر گرفتن تمام این تمایلات، آنگاه به مدلی نیاز است که بتواند تمام هزینه‌های راه را در طول عمر آن محاسبه کند تا انتخاب مناسبی در خصوص پیمانکار و سطح تقاضاهای عملکردی صورت گیرد. یک سیستم مدیریت روسازی در صورتی در حمایت از تصمیم‌گیری‌ها مفید خواهد بود که برای انواع مختلف طرح‌های روسازی راه امکان برآورد هزینه‌های چرخه عمر را داشته باشد.

در اولین نشست کمیته راه‌های با روسازی بتنی پیارک (C7) در پاریس (۱۹۹۶)، تصمیم گرفته شد یک گروه کاری در زمینه برآورد هزینه‌های چرخه عمر (WLC)<sup>۲</sup> ایجاد شود.

اولین اقدام این گروه کاری ارایه یک دیدگاه کلی از موضوع بر اساس سیستم‌های WLC موجود در کشورهای سوئد و بریتانیا (COMPARE) بود که نتایج آن در دومین نشست کمیته در بوینس‌آیرس (در اولین کنگره روسازی‌های صلب کشورهای قاره آمریکا، ۱۹۹۶) ارایه شد.

مرحله بعدی تشکیل یک گروه کاری و تهیه دو پرسشنامه در سال ۱۹۹۷ بود. نتیجه پرسشنامه‌ها نشان داد که کشورهای زیادی به این موضوع علاقه‌مندند و در تصمیم‌گیری‌ها در خصوص طراحی راه در پروژه‌های خاص و همچنین به عنوان مقررات در کدهای ملی و غیره، برآورد هزینه‌های چرخه عمر را مبنا قرار می‌دهند. سیستم‌های مورد استفاده برای محاسبات برآورد هزینه‌های چرخه عمر از نظر کیفیت در سطوح متفاوتی قرار دارند. برخی کشورها از سیستم‌های ساده و تعدادی هم از سیستم‌های پیچیده‌تر با توان محاسبه هزینه‌های اجتماعی، استفاده می‌کنند.

در سال ۱۹۹۸، گروه کاری شماره ۵ کمیته C7 (برآورد هزینه‌های چرخه عمر) و گروه کاری کمیته C8 (عملکرد چرخه عمر) همکاری‌های دیگر را آغاز کردند که نتیجه آن در سال ۱۹۹۹ به صورت مقاله در نشریه Routes/Roads منتشر شد. در ژوئن ۱۹۹۹ گروه کاری، کارگاهی را در گوتنبرگ سوئد برگزار نمود و نتایج آن را در کنگره جهانی راه در کوالالمپور ارایه کرد.

### ۱-۱. تضمین کیفیت

در بسیاری از کشورها، پیمانکاران و مشاوران برای کنترل کارهای خود از سیستم‌های تضمین کیفیت استفاده می‌کنند. این تضمین کیفیت می‌تواند هزینه‌های کلی را کاهش دهد و کارفرما نیز باید کنترل‌های خود را در حد بررسی اجمالی انجام دهد.

در سال ۱۹۸۸، اداره راه‌های ملی سوئد (SNRA) اولین اداره راه در دنیا بود که از پیمانکاران برنامه تضمین کیفیت درخواست نمود. نتیجه این امر تاکنون خوب بوده است و پیمانکاران در خصوص کیفیت محصولی که تحویل می‌دهند، آگاهی بیشتری دارند.

امروزه SNRA با سیستمی کار می‌کند که تنها حداقل قیمت قرارداد را در نظر نمی‌گیرد، بلکه به توانایی و اراده پیمانکاران در ارایه کار با لحاظ نمودن جنبه‌های کیفیت، ایمنی ترافیک و مسایل زیست‌محیطی و غیره نیز توجه دارد. این سیستم که به ضرایب نرم (soft factors) مشهور است با استفاده از ضرایبی که ارزیابی پیمانکار را امکان پذیر می‌سازند باید بتواند مکمل سیستم تضمین کیفیت باشد.

### ۱-۲. الزامات عملکردی

امروزه قراردادهای شامل الزامات عملکردی بسیار معمول می‌باشند. قراردادهای طراحی و ساخت با الزامات عملکردی محدود، که در آن پیمانکار مسئولیت طراحی را به عهده داشته و تضمین با زمان طولانی (۱۰ تا ۲۰ سال) را متعهد شده است، بهترین روش برای اجرای این الزامات عملکردی هستند.

مقررات عملکردی برای متولی راه این مزیت را دارد که خود عملکرد مورد نظر از راه و مورد انتظار از پیمانکار را شناسایی کند و تنها بر شاخص‌های آیین‌نامه ملی راه تکیه نداشته باشد.

در مورد قراردادهای با دوره ضمانت درازمدت مسأله آن است که نمی‌توان پیش‌بینی کرد پیمانکار بعد از گذشت سال‌های متمادی وجود خواهد داشت یا خیر. بدون وجود یک مدل قابل اعتماد برای تعیین خرابی، پیش‌بینی رفتار روسازی (حداقل در راه‌های انعطاف‌پذیر) می‌تواند بسیار دشوار باشد. مسأله دیگر، دشوار بودن پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوایی و بارهای وارده است.

### ۱-۳. سیستم مدیریت روسازی

بسیاری از کشورها به منظور انجام صحیح فعالیت‌های تعمیر و نگهداری و نوسازی شبکه راه‌های خود، از سیستم مدیریت روسازی استفاده می‌کنند. از میان سیستم‌های مورد بررسی در کشورهای مختلف، فقط چند مورد از آنها می‌توانند هزینه‌های طول عمر راه را برای کارها و سیاست‌های مختلف محاسبه کنند.

## ۲. مقدمه

هزینه‌های چرخه عمر یک راه، هزینه‌های وارده در طول عمر یک راه است که شامل هزینه‌هایی است که اداره راه از طراحی تا جایگزینی کامل راه متحمل آنها می‌شود. اگرچه در عمل، هزینه‌های چرخه عمر راه به هزینه‌های ساخت و نگهداری آن در طول یک دوره زمانی معین محدود می‌شود.

علاوه بر هزینه‌های اداره راه، هزینه‌هایی هم به کاربران راه تحمیل می‌شود (مانند هزینه‌های زمان تلف‌شده و هزینه‌های راهبری خودروها) و به طور کلی، هزینه‌های تحمیل شده بر جامعه در ارتباط با مسایل ایمنی (مانند تصادفات) یا محیط زیست (مانند آلودگی و سروصدا). در واقع این نوع هزینه‌ها که توسط اداره راه تأمین نمی‌شوند، اساس توجیه برای ایجاد راه‌های جدید را تشکیل می‌دهند. یعنی هزینه کاربران و جامعه در دو حالت وجود و عدم وجود راه در یک دوره زمانی معین (طول عمر راه) مقایسه می‌شود. مزایای ناشی از ساخت یک راه جدید (که هزینه‌های اضافی ساخت و نگهداری را جبران می‌کند)، شامل کاهش هزینه‌های زمان سفر، تصادفات، هزینه‌های راهبری خودروها و همچنین محیط زیست بهتر می‌شود.

راه‌ها اثر مثبتی بر جامعه و کل سیستم حمل‌ونقل دارند. هنگامی که راه جدیدی طراحی می‌شود، منافع اقتصادی جامعه از راه جدید بسیار مهم است و اختلاف بین درآمد و هزینه، خود منفعتی است که باید به بالاترین حد ممکن برسد. بسیاری از کشورها برای احداث راه‌های جدید، از برنامه‌های اختصاصی جهت محاسبه هزینه‌ها و درآمدهای مختلف، به ازای راه‌حل‌های متفاوت استفاده می‌کنند.

در مرحله طراحی یک راه جدید، اداره راه معمولاً به دنبال روشی با هزینه‌های کمتر برای جامعه در طول چرخه عمر راه نیست. بلکه اغلب روشی با کمترین هزینه سرمایه‌گذاری بر اساس استانداردهای مورد نظر برای یک راه جدید انتخاب می‌شود. علت این امر فقدان ابزار و مدل‌هایی برای محاسبه هزینه‌های چرخه عمر راه‌های جدید و هزینه‌های نگهداری، تعمیر و نوسازی راه‌های قدیمی می‌باشد.

### ۳. هزینه‌ها

انواع مختلفی از هزینه برای یک راه و همچنین در ارتباط با آن وجود دارد. آشکارترین آنها، هزینه‌های برنامه ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری، تعمیر و بازسازی یک راه است. این هزینه‌ها معمولاً توسط اداره راه مدیریت می‌شوند که برای تأمین آنها از بودجه دولت یا گاهی از کاربران (به صورت عوارض) استفاده می‌کند. هزینه‌های مهم دیگر، هزینه‌هایی هستند که کاربران راه می‌پردازند مانند هزینه وسایل نقلیه و هزینه زمان صرف‌شده در راه و غیره.

یکی از انواع مهم هزینه‌ها، هزینه تصادفات است. مشکل می‌توان تعیین نمود دقیقاً چه کسی این هزینه را می‌پردازد، اما این هزینه به صورت مشترک توسط کاربران راه، شرکت‌های بیمه و جامعه، در چارچوب نظام بهداشت و درمان به کمک مالیات‌ها، تأمین می‌شود.

هزینه‌های مهم دیگر، هزینه‌های زیست‌محیطی هستند. تعیین پرداخت‌کننده این هزینه‌ها نیز مشکل است، اما احتمالاً این جامعه است که در آینده به کمک مالیات‌ها آنها را می‌پردازد.

برای دستیابی به ساختار هزینه‌های مختلف، آنها را به صورت زیر دسته‌بندی می‌کنیم:

- هزینه‌های اداره راه،
- هزینه‌های کاربر راه،
- هزینه‌های تصادفات،
- هزینه‌های زیست‌محیطی.

### ۳-۱. هزینه‌های اداره راه

اداره راه ممکن است یک سازمان دولتی یا یک شرکت خصوصی باشد که مسئولیت هزینه‌های احداث و نگهداری راه را در طول عمر آن بر عهده دارد. چرخه عمر یک راه از زمان برنامه‌ریزی و طراحی آغاز می‌شود و هزینه‌های آن را اداره راه تقبل می‌کند. برای تعیین مسیر و نوع راه، تحلیلی از گزینه‌های مختلف با مقایسه هزینه‌های تخمینی ساخت و نگهداری با هزینه‌های کاربران راه در طول عمر راه انجام می‌شود.

بعد از انتخاب مسیر راه، طراحی تفصیلی منجر به گزینه‌های مختلف ساخت با استفاده از انواع مختلف روسازی می‌گردد. تحلیل هزینه‌های آتی نگهداری (پیش‌بینی شده برای هر نوع روسازی) را می‌توان برای انتخاب گزینه‌ای که کمترین هزینه چرخه عمر را دارد، مورد استفاده قرار داد. در طول عمر راه کارهای نگهداری انجام می‌شوند که شامل فعالیت‌های جاری (روتین) و فعالیت‌های تعمیراتی وابسته به شرایط راه می‌باشند. برای کارهای نگهداری غیرجاری، انتخاب نوع بهسازی اغلب توسط سیستم مدیریتی راه، با تحلیل هزینه‌های آتی هر گزینه، صورت می‌گیرد.

برای شیوه نگهداری انتخابی، هزینه‌های کلی کار به این قرار است: هزینه‌های آماده‌سازی راه برای بهسازی اساسی (مانند لکه‌گیری مقدماتی روسازی)، هزینه‌های کارهای اصلی و در نهایت هزینه‌های هر نوع اقدام مورد نیاز پیش از بازشدن مجدد راه به روی ترافیک (مانند ترمیم حفاظ‌های ایمنی). به هزینه‌های فوق، هزینه‌های مدیریت عملیات ترافیک که تردد

در مسیر به هنگام عملیات اجرایی را امکان پذیر می‌سازد نیز اضافه می‌گردد. در راه‌های پرتردد، هزینه‌های مدیریت ترافیک ممکن است از هزینه‌های کارهای نگهداری نیز بیشتر شود.

تذکر این نکته بسیار مهم است که برآورد هزینه‌های چرخه عمر تنها به راه‌های جدید محدود نمی‌شود. با توجه به نیازهای تحلیل، شروع چرخه عمر را می‌توان در هر زمانی از عمر یک راه فرض نمود و تحلیل می‌تواند برای شناسایی پیامدها و نتایج روش‌های مختلف نگهداری راه‌های موجود به کار گرفته شود.

این مؤلفه از هزینه‌های کلی معمولاً دقیق‌تر از بقیه مؤلفه‌ها برآورد می‌شود. اما باید توجه داشت که هزینه‌های واحد غیرمقتضی (نابجا) منجر به تحمیل یک راه‌حل خاص نشوند.

هزینه‌های اداره راه را می‌توان به سه بخش زیر تقسیم نمود:

- هزینه‌های سرمایه‌گذاری، شامل هزینه‌های برنامه ریزی، طراحی و ساخت راه‌های جدید،
- هزینه‌های نگهداری، تعمیر و نوسازی راه‌های در حال سرویس‌دهی،
- هزینه‌های سرمایه‌ای، شامل هزینه‌های سرمایه مسدودشده در سرمایه‌گذاری، تعمیر و نوسازی.

### ۲-۳. هزینه‌های کاربر راه

هزینه‌های تحمیل شده به کاربران راه (در حالت استفاده عادی)، شامل هزینه صرف‌شده است که در یک راه معین با توجه به سرعت و شرایط روسازی تغییر می‌کند. هزینه‌های زمان صرف‌شده از تغییرات زمان سفر و متوسط زمان سفر برای هر نوع وسیله نقلیه و با در نظر گرفتن تغییر زمان سفر ناشی از تراکم ترافیک در طول روز، محاسبه می‌شود. کمترین هزینه زمان صرف‌شده مربوط به شب هنگام است که تراکم ترافیک کمتر است، اتفاق می‌افتد. هزینه‌های زمان به دلیل تأخیرات ناشی از عملیات نگهداری راه تغییر می‌کنند، اما محاسبه تاثیر نگهداری اصولاً مشابه است.

هزینه‌های راهبری خودرو با توجه به سرعت آن تغییر می‌کند و به طور کلی شامل هزینه‌های سوخت، نگهداری خودرو، استهلاک، لاستیک، روغن موتور و غیره می‌شود. لازم است در تحلیل، مقادیر هزینه‌ای که بعداً به صورت مالیات دوباره به دولت بازمی‌گردد، در نظر گرفته و کسر نماییم (در بیشتر کشورها به خدمات و خرید کالا، مالیات مستقیم تعلق می‌گیرد - م).

سیاست نگهداری اتخاذ شده برای یک راه، سطح شرایط راه و اقدامات نگهداری مورد نیاز در طول عمر آن را تعیین می‌کند. در تحلیل‌های هزینه طول عمر گزینه‌های ساخت و نگهداری یک روسازی، به طور کلی تنها تغییرات هزینه‌های کاربران راه در ارتباط با سیاست نگهداری راه در نظر گرفته می‌شود. در این سیاست‌ها فرض می‌شود که تمام گزینه‌ها دارای هزینه‌های ثابت در شرایط کاربرد عادی راه هستند.

تغییرات در هزینه‌های کاربران از افزایش هزینه زمان صرف‌شده به علت تأخیر ترافیک در هنگام عملیات نگهداری ناشی می‌شود و تغییرات در هزینه‌های راهبری خودروها به علت شرایط متفاوت روسازی در طول عمر آن است. اگر افزایش نگهداری منجر به دستیابی به روسازی با شرایط بهتری در طول عمر راه شود، با وجود افزایش تأخیرهای ترافیکی هنگام عملیات نگهداری، هزینه‌های راهبری خودروها به علت شرایط بهتر روسازی راه کاهش می‌یابد.

در بیشتر کشورهای اروپای غربی، برای سطوح معینی از شرایط روسازی در آزادراه‌ها و راه‌های اصلی، تغییر در هزینه‌های راهبری خودروها ناشی از تغییر شرایط روسازی، نسبت به هزینه‌های کلی مربوط به کارهای نگهداری، ناچیز است.

### ۳-۳. هزینه‌های تصادفات

تصادف در شبکه راه به دلایل زیادی اتفاق می‌افتد، اما در تحلیل‌های هزینه چرخه عمر راه، فقط تغییرات در هزینه‌هایی در نظر گرفته می‌شود ناشی از سیاست‌های نگهداری باشند.

هنگامی که سیاست نگهداری سطح پایین‌تری از شرایط روسازی را اجازه می‌دهد، باید هزینه‌های ناشی از افزایش تعداد تصادفات نیز برآورد شود. به همین ترتیب، هنگامی که عملیات نگهداری در راه انجام می‌شود، تصادفات بیشتری نیز روی می‌دهند. سیاستی که لازمه آن دفعات بیشتر نگهداری باشد، تصادفات بیشتری را در قطعات تحت عملیات نگهداری در شبکه راه نتیجه می‌دهد.

میزان تصادفات حین عملیات اجرایی، با تدابیر در نظر گرفته‌شده توسط مدیریت ترافیک، در هنگام نگهداری راه تغییر می‌کند. انتخاب گزینه نگهداری باید شامل تعیین مسدودکننده‌های خط عبوری (lane closures)، در زمان عملیات نگهداری نیز باشد.

هزینه‌های تصادفات بسیار مهم هستند، زیرا بحث بر سر زندگی انسان‌ها است. بیشتر کشورها برای محاسبه هزینه‌های تصادفات و نیز پیش‌بینی وقوع آن روش‌هایی دارند. داشتن مدل‌هایی که امکان بررسی تصادفات حین عملیات نگهداری را فراهم می‌نمایند، بسیار مهم است.

### ۳-۴. هزینه‌های زیست‌محیطی

واضح است که هزینه‌های مربوط به محیط زیست به همراه هزینه‌های کاربران راه و تصادفات، از پیچیده‌ترین مؤلفه‌های تحلیل هزینه‌های چرخه عمر راه می‌باشند. اگرچه سایر هزینه‌ها نیز باید در تحلیل وارد شوند تا پیامدهای سیاست‌های جایگزین را بتوان مورد بررسی قرار داد.

سال‌های متمادی است که هزینه‌های زیست‌محیطی ترافیک مورد بررسی قرار گرفته‌اند و مؤلفه مهمی از هزینه‌های کلی چرخه عمر راه را تشکیل می‌دهند. با این حال لازم است در تحلیل‌های هزینه چرخه عمر مربوط به گزینه‌های مختلف روسازی راه، از میان هزینه‌های زیست‌محیطی تنها آنهایی در نظر گرفته شوند که بین گزینه‌های مختلف تغییر می‌کنند. برای مثال، اگر سطح نگهداری زمستانی در دو گزینه مشابه باشد، هزینه زیست‌محیطی یخ‌زدایی شیمیایی نیز مشابه می‌شود و لازم نیست در تحلیل منظور گردد.

با این حال، اگر هزینه‌ها در گزینه‌های مختلف تغییر یابند باید در تحلیل وارد شوند. برای مثال، اگر یک نوع روسازی نسبت به دیگری سروصدای ترافیکی بلندتری ایجاد کند و در نتیجه با بکارگیری اقدامات کاهش سروصدا (مانند دیواره‌های صداگیر، ...) باعث افزایش هزینه شود، باید این افزایش در تحلیل اعمال گردد. این بخش از تحلیل در بعضی از رویکردهای پذیرفته شده در استرالیا منظور شده است.



در سال‌های اخیر، روش‌های جدید تحلیل چرخه عمر راه تدوین شده است که سایر جنبه‌های زیست‌محیطی را نیز در نظر می‌گیرند. برای مثال، به جای اینکه فقط به تحلیل هزینه‌ها اکتفا شود، انرژی مورد نیاز برای عملیات ساخت و نگهداری و همچنین مقدار سنگدانه‌های کمیاب، در مقایسه گزینه‌های مختلف ساخت و نگهداری در نظر گرفته می‌شوند. امروزه فعالیت در زمینه ایجاد روش تحلیل چرخه عمر (LCA) برای مصرف مصالح و منابع مختلف در اجرای رویکردهای فنی مختلف آغاز شده است. نتایج این تحلیل‌ها می‌تواند به عنوان داده ورودی تحلیل هزینه‌های چرخه عمر راه مورد استفاده قرار گیرد.

## ۴. عملکردها

تحلیل‌های ساده هزینه چرخه عمر تنها می‌توانند برآوردهای مبتنی بر زمان شرایط نگهداری را در طول عمر روسازی بکار برند. این تحلیل‌ها تغییر شرایط روسازی در دوره تحلیل را منعکس نمی‌کنند و با اطمینان کمتری می‌توانند جهت ارزیابی اثرات تغییر در ترافیک وارده بر روسازی بر روی هزینه‌های چرخه عمر بکار گرفته شوند. بررسی هزینه‌های چرخه عمر روسازی، که شامل پیش‌بینی شرایط نگهداری بر اساس ترافیک وارده بر روسازی می‌شود، نیازمند بیان شرایط روسازی با استفاده از ارزیابی حالت روسازی است که مرتبط با ترافیک و بار وارده می‌باشد و می‌تواند برای تعیین اقدامات آتی نگهداری اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. بعضی از جنبه‌های شرایط روسازی با ترافیک و بار وارده تغییر نمی‌کنند و نگهداری مورد نیاز برای مرمت این موارد می‌تواند در فواصل زمانی منظم انجام شود.

همچنین شرایط روسازی که به اثرات مشهور است را می‌توان برای ارزیابی بعضی از مؤلفه‌های هزینه‌های کاربران راه و جامعه بکار برد. در حالت کلی، همچنان که روسازی دچار فرسودگی و تخریب می‌شود، هزینه‌های راهبري خودروها و تعداد تصادفات افزایش می‌یابند. بنابراین پیش‌بینی شرایط روسازی برای ارزیابی افزایش هزینه‌ها، در کل دوره تحلیل ضروری است.

یک روش برای تشریح شرایط روسازی در ارتباط با هزینه‌های کاربر راه، وسیله نقلیه، تصادفات و محیط زیست وجود دارد که عبارت است از تعیین مشخصات عملکردی راه. عملکردهای سطح راه را در اینجا مشخصات سطح می‌نامیم.

اندازه‌گیری مقادیر کنونی مشخصه‌های سطح برای مؤلفه‌های مختلف راه نسبتاً ساده است اما پیش‌بینی مقادیر آتی مشخصه‌های سطح دشوار است. برای امکان پذیر ساختن پیش‌بینی خرابی در راه‌ها، به یک مدل خرابی افزارگانی<sup>۱</sup> قابل اعتماد نیاز است. تقریباً تمام مدل‌های خرابی که امروزه بکار می‌روند، مبتنی بر دانش تجربی و نه بر اساس محاسبات افزارگانی می‌باشند. بنابراین تحقیقات و توسعه بیشتری در این زمینه مورد نیاز است.

معمول‌ترین مشخصه‌های سطحی که می‌توان در سطح راه اندازه‌گیری کرد عبارتند از اصطکاک، همواری، شیارشدگی، ترک‌ها، شیب، قابلیت انعکاس، امکان زهکشی آب و همچنین میزان تولید سروصدا و غیره.

### ۴-۱. اصطکاک

اصطکاک زیاد ارتباط نزدیکی با ایمنی راه دارد، اما باعث ساییدگی بیشتر لاستیک وسایل نقلیه نیز می‌شود. اصطکاک را می‌توان به سادگی در سطح راه اندازه‌گیری کرد، اما لاستیک وسایل نقلیه سطح سنگدانه‌های روسازی را صیقل می‌دهند و اصطکاک هر ساله کاهش می‌یابد. بدین ترتیب، در بسیاری از کشورها تقاضا برای مقاومت صیقلی سنگدانه‌ها وجود دارد. در برخی کشورها که استفاده از لاستیک‌های میخ‌دار مجاز است، میخ‌ها به عنوان عامل ایجادکننده مجدد اصطکاک عمل می‌کنند، بنابراین مشکلی در این زمینه اصطکاک به وجود نمی‌آید.

#### ۴-۲. همواری و شیب

همواری راه ارتباط نزدیکی با ایمنی راه، راحتی راننده و فرسودگی کمتر وسایل نقلیه دارد. شیب مناسب یعنی آب‌گرفتگی کمتر در سطح راه که خطر لغزش و سر خوردن روی آب را کاهش داده و ایمنی راه را بهبود می‌بخشد. شیب و همواری در سطح راه، به سادگی قابل اندازه‌گیری هستند. مرسوم‌ترین روش در اندازه‌گیری همواری راه، شاخص بین‌المللی ناهمواری (IRI)<sup>۱</sup> است. برای پیش‌بینی تغییرات همواری و شیب راه در آینده، به مدل‌های طراحی ژئوتکنیکی و تعیین خرابی قابل اعتمادی نیاز داریم که اتفاقات آینده را تشریح کنند. همچنین ضروری است هر گونه عملیاتی که پیمانکار در حین ساخت انجام می‌دهد، کنترل شود.

#### ۴-۳. زهکشی

زهکشی مناسب، ایمنی مناسبی را (هنگام بارندگی) در راه ایجاد می‌کند. اندازه‌گیری ظرفیت زهکشی مشکل است. اما اثبات شده است که روسازی زبر (به عنوان مثال سطح بتنی با سنگدانه نمایان یا سطح آسفالتی خراشیده) در مقایسه با روسازی صاف، پدیده سر خوردن روی لایه نازک آب را کاهش می‌دهد. به علاوه، سطوح متخلخل حتی وضعیت بهتری را نیز ارائه می‌کنند. پیش‌بینی ظرفیت آبی زهکشی راه، به خصوص برای روسازی متخلخل که وابسته به گرفتگی حفره‌ها می‌باشد، مشکل است.

#### ۴-۴. نقش درشت‌بافت<sup>۲</sup> و کلان‌بافت<sup>۳</sup> در تولید سروصدا

سروصدا از حرکت چرخ‌ها بر روی روسازی راه تولید می‌شود. سازه سطح روسازی در تولید سروصدا مهم است. برای کاهش سروصدای با فرکانس بالا، روسازی راه باید بافتی عمیق با طول موج درشت‌بافت کمتر از ۱۰ میلی‌متر داشته باشد. برای کاهش سروصدای با فرکانس پایین، سطح روسازی باید بسیار هموار (صاف) با طول موج بیشتر از ۱۰ میلی‌متر باشد. در نتیجه تولید سروصدا، تابعی از درشت‌بافت و کلان‌بافت سطح روسازی است (همچنین وابسته به طرح لاستیک نیز می‌باشد). روسازی متخلخل اثر مضاعفی بر کاهش سروصدا دارد. کلان‌بافت زبر و ناهمواری زیاد با طول موج کمی بلندتر، تأثیر زیادی بر مصرف سوخت وسایل نقلیه دارد.

#### ۴-۵. قابلیت انعکاس

رنگ روسازی راه، در ایمنی راه تأثیر زیادی دارد. به طور مثال رنگ روشن هنگام شب دید بهتری را ایجاد می‌کند.

#### ۴-۶. شیارها و ترک‌ها

وجود شیارها اثر معکوس در ایمنی راه، راحتی راننده و فرسودگی وسایل نقلیه دارد. در صورتی که ترک‌ها به حد کافی شدید باشند نیز اغلب همین اثرات را دارند. شیارها و ترک‌ها مهم‌ترین دلیل اداره راه برای تصمیم‌گیری در مورد

1. International Roughness Index

2. Macrotexture

3. Megatexture

تعمیر و بازسازی روسازی راه هستند. شیارشدگی به کمک تجهیزات لیزری نصب شده روی وسایل نقلیه اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری ترک‌ها به کمک تجهیزات ویدئویی ممکن است. امروزه این تجهیزات در حال توسعه‌اند. شیارشدگی با تغییر شکل دائمی در لایه‌های مختلف راه ناشی از جریان ترافیک ممتد به ویژه در هوای گرم یا در اثر فرسایش ناشی از لاستیک‌های میخ‌دار، ایجاد می‌شود. ترک‌ها به علت تحمل بار اضافی، دما، خستگی، یخ‌زدگی، نشست و بازتاب از لایه‌های سیمانی زیرین و غیره ایجاد می‌شوند. چنانچه نتایج مدل پیش‌بینی مبتنی بر یک رویکرد تجربی، تغییرات زیادی را نشان دهد، پیش‌بینی وقوع ترک‌خوردگی و شیارشدگی دشوار خواهد بود.

#### ۴-۷. خلاصه اثرات

تأثیرات مشخصه‌های سطح راه بر اداره راه، کاربران، ایمنی راه و مسایل زیست‌محیطی به این ترتیب خلاصه می‌شود:

##### • اثرات / هزینه‌های اداره راه

برای یک سطح معین از مشخصه‌های سطحی (که در کشورهای مختلف متفاوت بوده و قابل اندازه‌گیری است)، اداره راه باید روسازی را ترمیم یا بازسازی کند. این عملیات به معنی هزینه برای اداره راه می‌باشد که این بخش آسان‌ترین بخش محاسبات می‌باشد.

##### • اثرات / هزینه‌های کاربران راه

- اصطکاک زیاد باعث سایش بیشتر لاستیک وسایل نقلیه می‌شود،
- همواری مناسب راه باعث راحتی بیشتر و کاهش فرسودگی وسایل نقلیه می‌شود،
- کلان بافت زبر و ناهمواری سطح راه مصرف سوخت وسایل نقلیه را افزایش می‌دهد،
- شیارشدگی و ترک‌خوردگی باعث کاهش راحتی و افزایش فرسودگی وسایل نقلیه می‌شوند.

##### • اثرات / هزینه‌های تصادفات

- اصطکاک زیاد ایمنی بیشتری برای ترافیک ایجاد می‌کند،
- شیب و همواری مناسب راه، ایمنی راه را ارتقاء می‌دهد،
- زهکشی مناسب، خطر سرخوردن روی لایه نازک آب را کاهش می‌دهد که به بهبود ایمنی ترافیک کمک می‌کند،
- انعکاس مناسب، قدرت دید بهتری در شب ایجاد می‌کند و ایمنی را افزایش می‌دهد،
- شیارشدگی ریسک سرخوردن روی لایه نازک آب را افزایش داده و بنابراین ایمنی راه کاهش می‌یابد.

##### • اثرات / هزینه‌های زیست‌محیطی

- کلان بافت زبر و ناهمواری سطح راه مصرف سوخت وسایل نقلیه را افزایش می‌دهد،
- درشت‌بافت و کلان‌بافت اثر زیادی در تولید سروصدا دارند. روسازی متخلخل تولید سروصدا را کاهش می‌دهد. به منظور تبدیل این اثرات به هزینه، که می‌توانند در محاسبات برآورد هزینه‌های چرخه عمر راه بکار گرفته شوند، لازم است مدلی برای بیان مشخصه‌های سطحی به صورت اثرات بر کاربران راه، تصادفات و محیط زیست و سپس تبدیل این اثرات به هزینه داشته باشیم. طراحی این نوع مدل‌ها دشوار بوده و حداقل امروزه کاری تجربی و غیردقیق است.

## ۵. ویژگی‌های مصالح

عملکردهای یک روسازی و تغییرات آنها در طول عمر راه، می‌تواند به مشخصه‌ها و عملکرد مصالح مربوط باشد. عملکردهای یک راه مانند مقاومت و فرسودگی، به ویژگی‌های مصالح مختلف آن مربوط می‌شود. ویژگی‌های این مصالح را می‌توان اندازه‌گیری نمود، مشخصه‌هایی مانند: انواع متفاوت مقاومت، مدول الاستیسیته و ویسکوزیته مصالح در دماها و نسبت‌های مختلف آب، ضخامت، مقاومت در برابر یخ‌زدگی، مقاومت در برابر ساییدگی ناشی از لاستیک‌های میخ‌دار (یخ‌شکن)، خزش و غیره. اثر پیرشدگی چسباننده بر رفتار مصالح نیز عامل مهمی است.

رابطه بین ویژگی‌های مصالح و مقاومت سازه راه، را می‌توان در یک مدل خرابی راه تشریح نمود. امروزه مسأله این است که مدل‌های خرابی، به خصوص برای راه‌های انعطاف‌پذیر، با وضعیت واقعی راه تطابق ندارند. به ویژه هنگامی که تردد خودروهای سنگین با لاستیک‌های تکی پهن (super-single tires) در طول راه بیشتر و بیشتر شود.

## ۶. مدل‌های خرابی راه

انواع بسیاری از مدل‌های پیش‌بینی، برای پیش‌بینی تغییر وضعیت روسازی در طول عمر آن وجود دارند. بیشتر این مدل‌ها تجربی و بر اساس مشاهده عملکرد گذشته می‌باشند و در پیش‌بینی تغییر شرایط روسازی کم و بیش موفق هستند. در حالتی که مدل‌ها بر اساس رفتارهای گذشته عمل می‌کنند، در نظر گرفتن مصالح جدید و اثرات خرابی‌های جدید روسازی در آنها دشوار است (مانند لاستیک‌های تکی پهن). این امر می‌تواند باعث کاهش کارایی سیستم‌های برآورد هزینه‌های چرخه عمر راه، در پیش‌بینی هزینه‌های آتی روسازی راه شود.

تأثیر آب و هوا در فرسایش روسازی راه مهم است، اما اغلب در مدل‌های خرابی در نظر گرفته نمی‌شود. برای محاسبه خرابی روسازی و در پی آن تغییرات مشخصه‌های سطح، به یک مدل خرابی نیاز است که بر اساس تئوری مدرن پلاستیسیته و الاستیسیته بوده و با کمک روش اجزای محدود (FEM) محاسبه می‌شود. در چنین مدلی، مقادیر ورودی ویژگی‌های مصالح و مدل‌های واقع‌گرا برای مصالح مختلف می‌باشند.

در مدل‌های مصالح برای روسازی‌های صلب، شبیه‌سازی‌ها ساده‌تر هستند و بنابراین مدل‌های موجود قابل قبول می‌باشند.

مدل‌های مصالح برای روسازی‌های انعطاف‌پذیر معمولاً بر اساس روش الاستیک خطی طرح می‌شوند. در حالی که مصالح مختلف مصرفی در احداث راه تابع روش الاستیک خطی نیستند. برای به دست آوردن مقادیر واقعی از محاسبات این مدل‌ها، لازم است بعضی عوامل مرتبط به مدل اضافه شود. این عوامل بر اساس داده‌ها پیشین و رفتار گذشته مشاهده شده راه می‌باشند. به علاوه در کشورهای مختلف برای مدل‌های پیش‌بینی مشابه، مقادیر عوامل مرتبط بسیار متفاوت هستند. البته یک مدل خرابی برای راه‌های انعطاف‌پذیر که شامل ویسکوزیته در لایه‌های چسبنده، یک مدل واقعی برای مصالح غیرچسبنده و رفتارهای متفاوت در میزان آب و دماهای مختلف باشد، بسیار پیچیده خواهد بود. امروزه تحقیقات زیادی در ایجاد چنین مدلی به کمک روش اجزای محدود و فناوری رایانه‌ای در حال انجام است.

در یک مدل خرابی راه، باید وضعیت آب‌وهوایی و بارگذاری آینده پیش‌بینی شود، به این معنی که کارفرما باید به طور معمول برای تغییرات غیر عادی در شرایط آب‌وهوایی و بار ترافیکی وارده مسئولیت داشته باشد.

## ۷. برآورد هزینه‌های چرخه عمر

راه‌ها برای رفاه جامعه احداث می‌شوند و تأمین مالی آنها عمدتاً از محل مالیات‌ها صورت می‌گیرد. به همین دلیل در محاسبات برآورد هزینه‌های چرخه عمر یک راه، هزینه‌های جامعه نیز باید به حساب آورده شوند. برآورد هزینه‌های چرخه عمر (WLC)، سیستمی برای محاسبه تمام هزینه‌های یک راه در طول عمر آن است تا بتوان طرح‌ها و روش‌های اجرایی متفاوت در بخش‌های مختلف سازه یک راه را با هم مقایسه نمود. یک سیستم WLC می‌تواند به انتخاب اقتصادی‌ترین راه‌حل در سرمایه‌گذاری، کارهای تعمیراتی، نوسازی یا سیاست نگهداری راه کمک کند. این سیستم همچنین می‌تواند برای برآورد مزایای کاربرد مصالح جدید، روش‌های جدید و رویکردهای اجرایی خاص که توسط پیمانکاران در پیشنهادهاى آنها ارایه می‌شود، استفاده شود. WLC برای روسازی راه یک مدل محاسباتی است که مقایسه طرح‌های مختلف روسازی و سازه‌های روزمینی را با احتساب تمام هزینه‌های عمر مفید آن برای کاربران، جامعه و محیط زیست، امکان پذیر می‌سازد.

### ۷-۱. سیستم WLC

سیستم برآورد هزینه‌های چرخه عمر شامل یک مدل رایانه‌ای، برنامه‌ای برای بهینه‌سازی و ارایه مقدار کلی هزینه‌های مختلف و تعداد زیادی مدول‌های متفاوت برای محاسبه هزینه‌های مختلف در مدل است. مدول‌ها شامل مؤلفه‌های زیادی هستند که می‌توانند از جنس پارامتر (کمی) و مدل‌های محاسباتی کوچک باشند. یک مؤلفه می‌تواند در چند مدول به کار رود.

دوره تحلیل باید به حد کافی طولانی، حداقل ۴۰-۳۵ سال و شاید هم ۵۰ سال، باشد. اگر فقط مقایسه روسازی‌ها و سازه‌های روزمینی مختلف مد نظر باشد، لازم نیست محاسباتی با تمام این هزینه‌ها و دیگر شرایط انجام شود. در یک مدل WLC می‌توان هزینه‌ها و شرایط دیگر که برای روسازی‌ها و سازه‌های روزمینی مختلف، متفاوت هستند را به کار برد.

### ۷-۲. شرایط ورود داده‌ها

برای محاسبه هزینه‌های چرخه عمر هر روسازی، مقدار زیادی اطلاعات در ارتباط با سایر ویژگی‌های راه (برای مثال ترافیک، سطوح تداخل، هزینه‌های کارهای واحد، نرخ‌های بهره‌برداری، ارزش زمان، تصادفات، زمان عملیات نگهداری، مدیریت ترافیک و ...) وجود دارد. بنابراین، ضروری است تسهیلاتی ساده برای ورود داده‌ها در دسترس باشد. با وجود پارامترهای فراوان، برای پرهیز از روش‌های تکراری و طولانی ورود داده‌ها، بسیاری از سیستم‌ها بر اساس جایگزینی مقادیر با مقادیر پیش‌فرض عمل می‌کنند.

### ۷-۳. ترافیک

بخش اصلی در هر تحلیل هزینه‌ای، پیش‌بینی ترافیکی است که در دوره تحلیل بر روسازی راه وارد می‌شود. این پیش‌بینی را می‌توان از روی جریان اولیه و به صورت انواع مختلف خودروها در شروع دوره بیان نمود. از جریان ترافیک

برای محاسبه هزینه‌های کاربران راه و بار محوری معادل استاندارد استفاده می‌شود که پیش‌بینی فرسایش روسازی راه را امکان پذیر می‌سازد. تغییرات جریان ترافیک در طول سال و در طول روز را می‌توان در محاسبات وارد کرد.

#### ۷-۴. پیش‌بینی مشخصات سطح راه

یک مدل پیش‌بینی شرایط روسازی، برای هر نوع خرابی یا نقص ضروری است. این امر به کمک یک مدل کلی برای نوع راه و روسازی یا یک مدل کالیبره شده اختصاصی برای هر قطعه از راه، با استفاده از مقادیر شرایط گذشته آن، انجام می‌شود. در سیستم‌های ساده‌تر ممکن است این شرایط با مدت زمان نگهداری جاری معرفی شوند یا کاربر زمان‌بندی تداخل‌های عملیات نگهداری را مشخص کند. بحث بر سر زمینه‌ای است که با توسعه بیشتر روابط خرابی، اخیراً به آن توجه زیادی شده است. این روابط می‌توانند در مدل‌های هزینه چرخه عمر به کار گرفته شوند (برای مثال Vagdim 95 در سوئد و روابط به دست آمده از پروژه پاریس به عنوان بخشی از چهارمین برنامه مقرر شده توسط کمیسیون اروپا). در این مدل، طرح راه یکی از داده‌های ورودی مهم را تشکیل می‌دهد. نتایج این مدل در بسیاری از مدل‌های دیگر نیز استفاده می‌شود و بنابراین یکی از مهم‌ترین مدل‌های محاسباتی در سیستم WLC است.

#### ۷-۵. شناسایی عملیات نگهداری

قوانینی لازم است تا شرایط پیش‌بینی شده روسازی را به نوع نگهداری مورد نیاز مبدل سازد. هنگامی که بیش از یک مورد از شرایط، نیازمند عملیات بهسازی باشد، این قوانین باید انتخاب مورد نظر را منعکس کنند. انتخابی که توسط یک مهندس روسازی با تجربه صورت می‌گیرد.

در بعضی از سیستم‌ها، این قوانین توسعه می‌یابند تا ملاحظات عملیات نگهداری مشخص شده برای یک طول معین از راه در سال‌های مختلف را در بر گیرند. وقتی اختلاف هزینه بین سال‌های متفاوت کم است، در عمل ممکن است مهندس مسئول، اقدامات نگهداری را به صورت یک اقدام واحد ترکیب کند و قوانین سیستم هزینه چرخه عمر نیز باید این عمل را در نظر بگیرند.

#### ۷-۶. هزینه‌های اداره راه

هزینه‌های اداره راه ساده‌ترین بخش محاسبه هزینه‌ها می‌باشند. مسأله، انتخاب سیاست نگهداری و پیش‌بینی زمانی است که باید عملیات تعمیرات و نوسازی انجام شود.

##### • هزینه سرمایه‌گذاری

هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل تمام هزینه‌های برنامه ریزی، طراحی و ساخت یک راه جدید می‌باشد. یک سیستم WLC دارای مدولی برای محاسبه هزینه‌های انواع طرح‌ها، ساخت روسازی راه و سازه‌های روزمینی است.

##### • هزینه‌های نگهداری

هزینه‌های نگهداری تمام آن هزینه‌هایی هستند که متولیان راه، برای جریان یافتن ترافیک در آن، ملزم به صرف آن می‌باشند، مانند: نظافت، نمک‌های یخ‌زدا، کنترل و تعمیرات جزئی و غیره. برای هر عملیات نگهداری لازم است هزینه



کارها محاسبه شود. این محاسبه ممکن است با کاربرد ساده قیمت واحد برای هر عمل بهسازی صورت گیرد، یا ممکن است سیستم، بخش‌های مختلف یک عملیات بهسازی (مانند عملیات مقدماتی، عملیات متوالی و مدیریت ترافیک) را به طور مجزا در نظر بگیرد. همچنین اگر کار به جای روز در طول شب انجام گیرد، ممکن است در نظر گرفتن هزینه‌های مختلف ضروری باشد. همچنین ممکن است در کارهای بزرگ هزینه‌های اضافی طراحی و انعقاد قرارداد نیز در محاسبات وارد شوند. کارهای نگهداری عادی به طور سالانه انجام می‌گیرند و ممکن است هزینه‌های آن نیز به طور مجزا محاسبه شوند تا انجام این عملیات را بیان نمایند. یک سیستم WLC دارای مدولی برای محاسبه هزینه راهبردهای مختلف نگهداری راه است.

#### • هزینه نوسازی و تعمیرات

برای عملیات تعمیر و نوسازی ممکن است طرح‌ها و روش‌های اجرایی مختلف انتخاب شوند. یک سیستم WLC دارای مدولی برای محاسبه هزینه‌ها و زمان‌های انجام اقدامات مختلف تعمیر و نوسازی است. زمان انجام این کارها، به عنوان ورودی مدول‌های دیگر برای محاسبه هزینه‌های محیط زیست و جامعه، بکار می‌رود. در این مدول، همچنین لازم است از مدول پیش‌بینی برای محاسبه مدت زمان عملیات تعمیر و نوسازی استفاده شود.

#### ۷-۷. هزینه‌های کاربر راه

مرحله اول در محاسبه هزینه‌های کاربر راه، به دست آوردن رابطه میان مشخصات سطح راه با هزینه‌های زمان و راحتی کاربران، فرسودگی وسایل نقلیه، تصادفات و غیره است. احتمالاً این ارتباطات در کشورهای مختلف متفاوتند و دستیابی به بیشتر آنها تنها به کمک آمار امکان پذیر است. البته تحقیقات خیلی کمی هم مبنی بر عدم اطمینان ترکیبات آماری، وجود دارند.

مرحله بعدی پیش‌بینی کیفیت مشخصات سطح در طول زمان است که با کمک مدول‌های پیش‌بینی صورت می‌گیرد. در یک سیستم WLC به منظور اجرای تمام این محاسبات، برای راه‌های مختلف و مشخصات سطح متفاوت، مدول‌هایی مورد نیاز است. هزینه‌های کاربران شامل هزینه‌های فرسودگی خودرو، مصرف سوخت، صرف زمان، راحتی و غیره است. برای محاسبه هزینه‌های کاربر راه، یک سیستم WLC باید شامل مدول‌هایی برای محاسبه هزینه‌های زیر باشد: فرسودگی خودرو، مصرف سوخت، زمان صرف‌شده برای راننده و مسافر و حتی ارزش آسایش آنها. این مدول‌های محاسباتی همچنین باید شامل دو مرحله بالا بوده و دارای داده‌های ورودی از مدول‌های نوسازی و تعمیراتی باشند.

#### ۷-۸. هزینه‌های تصادفات

هزینه‌های ایمنی راه عبارتند از هزینه‌های تصادفاتی که به راه یا عملیات اجرایی در آن مربوط می‌شوند. یک سیستم WLC باید برای محاسبه تمام هزینه‌های تصادفات دارای یک مدول باشد و دو مرحله بالا و داده‌های ورودی از مدول تعمیر و نوسازی را نیز در بر گیرد.

**۷-۹. هزینه‌های زیست‌محیطی**

هزینه‌های زیست‌محیطی نوعی از هزینه‌های جامعه هستند، اما نه تنها محاسبه آنها پیچیده است بلکه تشخیص زمان ایجاد شدن این هزینه‌ها نیز مشکل است. راه نیز بخش بسیار کوچکی از مجموعه بزرگ عوامل پیچیده تأثیرگذار در محیط زیست را تشکیل می‌دهد. مدول‌های محاسباتی (که در اینجا به کار می‌روند) برای محاسبه هزینه‌های سروصدا مثل دیوارهای صداگیر و شاید آلودگی‌ها کاربرد دارند. همچنین انجام تحلیل چرخه عمر (LCA) و برآورد اختلاف میان هزینه مصرف مواد خام و آلودگی، در روش‌های مختلف اجرای روسازی و سازه‌های روزمینی، امکان پذیر است.

## ۸. ارزش سرمایه مسدودشده / نرخ بهره

### ۸-۱. شرایط در بخش دولتی

درآمدهای مالیاتی دولت باید به مؤثرترین شیوه مصرف شوند. اگرچه اندازه‌گیری منافع ناشی از قسمت‌های مختلف بخش دولتی بسیار مشکل است. رفاه اجتماعی قسمتی از کمک‌های بخش دولتی است و دلیل وجود این کمک‌ها در یک کشور نوعاً اخلاقی است. بخش دیگر از کمک‌های بخش دولتی یارانه‌هایی است که به منظور تضمین سطح استاندارد زندگی مردم پرداخت می‌شوند. مثال‌های این بخش عبارتند از: کمک‌های مالی به بیکاران، بخش مسکن و صنایع و نظایر آن، بازنشستگی، کمک‌های اجتماعی (یارانه) و غیره است. بودجه این دو قسمت از بخش دولتی بر اساس تصمیمات سیاسی تأمین می‌شود و بسیار مشکل و تقریباً محال است که بتوان به کمک مدل‌های اقتصادی این تصمیم‌گیری‌ها را انجام داد.

قسمت سوم کمک‌های بخش عمومی با فعالیت‌هایی بیان می‌شوند که به دلایل مختلفی توسط دولت اداره می‌شوند. یک دلیل فعالیت‌های دولتی این است که انجام برخی فعالیت‌های خاص توسط شرکت‌های خصوصی بسیار مشکل است. دلیل دیگر این است که ایجاد یک رابطه شفاف میان آنچه برای آن پرداخت می‌شود و آنچه که مورد استفاده قرار می‌گیرد بسیار مشکل است به خصوص هنگامی که برخی انواع یارانه به فعالیت اختصاص داده می‌شود. برخی نمونه‌های این موارد از فعالیت‌ها عبارتند از: پلیس، دادگاه‌ها، ارتش، آتش‌نشانی و بعضی از قسمت‌های شبکه زیرساخت و غیره. مثال‌هایی از فعالیت‌های دیگر که در بعضی از کشورها توسط مالیات‌ها و بیمه‌های اجتماعی و در کشورهای دیگر توسط بخش خصوصی و با کمک تعرفه‌های اختصاصی، تأمین مالی می‌شوند، عبارتند از مدارس، خدمات پزشکی، مهدهای کودک، و غیره.

برای اینکه سود ناشی از مصارف مختلف درآمدهای مالیاتی در قسمت سوم بخش دولتی قابل مقایسه شود، بسیاری از کشورها سعی در محاسبه منافع دارند تا رابطه بین هزینه‌ها و منافع را برای فعالیت‌های مختلف مقایسه کنند. این فعالیت‌ها در حوزه‌های مختلف (وزارتخانه‌ها، ادارات و ...) طبقه‌بندی می‌شوند. بودجه این حوزه‌ها به کمک مدل‌های اقتصادی اشاره شده در بالا، اما هم‌چنان بر اساس دلایل سیاسی، تعیین می‌شود.

مسئله مهم این است که در هنگام انتخاب مدل اقتصادی، اختلاف بین زمینه و شرایط اولیه دیده شود. نتایج حاصل از مدل انتخابی، هزینه‌ها و منافع دولتی هستند که برای مقایسه فعالیت‌های بخش‌های مختلف به کار می‌روند و این مقایسه تصمیم‌گیری‌های مهم برای سرمایه‌گذاری در بخش دولتی را هدایت می‌کند.

### ۸-۲. ارزش پول، نرخ بهره

گاهی اوقات پول صرف‌شده در سرمایه‌گذاری می‌تواند بر اساس نرخ‌های رایج بهره یا بر اساس منافع حاصل از سرمایه‌گذاری، ارزش متفاوتی در آینده داشته باشد. اگر چنین هزینه‌ای برای نرخ بهره یا سود سرمایه‌گذاری در یک اداره در نظر گرفته نشده باشد (یعنی نرخ بهره در جامعه ثابت، و سود حاصل از سرمایه‌گذاری فوق مطابق پیش‌بینی اولیه باشد-م)، می‌توان آنها را با استفاده از مقادیر فرضی و به کمک مدل‌های محاسباتی خاص محاسبه کرد. اکثر این مدل‌ها

هزینه‌ها و منافع را در پایان دوره محاسبه، کمتر از ارزش واقعی برآورد می‌کنند. بنابراین کنترل این که مدل‌های محاسباتی در مورد پول سرمایه‌گذاری شده در شبکه راه خوش‌بینی کاذب ارایه نکنند، اهمیت زیادی دارد.

#### • مدل هزینه کلی

ساده‌ترین مدل، با محاسبه سرمایه‌گذاری عادی بر اساس پول وام گرفته‌شده بیان می‌شود. در این حالت تمام سرمایه به اضافه بهره وام، طی اقساط مساوی تا پایان عمر راه بازگشت داده می‌شوند. سرمایه‌گذاری‌های مجدد نیز به طریق مشابه محاسبه می‌شوند و سایر هزینه‌ها مانند نگهداری، کاربران راه، تصادفات، و محیط زیست نیز به هزینه‌ها اضافه می‌شوند. در این مدل نرخ بهره برای هزینه‌های کاربران راه، تصادفات و محیط زیست در نظر گرفته نمی‌شود. در این مدل هزینه‌های کل سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاری مجدد، نرخ بهره و سایر هزینه‌ها برای هر گزینه طراحی مقایسه می‌شوند.

#### • مدل ارزش خالص فعلی

برای امکان‌پذیر ساختن مقایسه‌ها، تمام هزینه‌ها در یک دوره تحلیل بر حسب یک مبداء زمانی مشترک تنزیل می‌شوند که معمولاً و نه الزاماً، زمان شروع دوره تحلیل می‌باشد (یعنی هزینه‌های یک طرح ۵ ساله، بر اساس قیمت‌های سال شروع تحلیل که ارزان‌تر است، محاسبه می‌شود - م).

قیمت‌های واحد که برای محاسبه هزینه‌های کلی در دوره تحلیل به کار می‌روند، بر اساس قیمت پایه (بدون نرخ تورم) در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین مناسب است در نرخ تنزیل مورد استفاده برای کاهش هزینه‌های آینده و محاسبه آنها بر اساس قیمت پایه نیز نرخ تورم در نظر گرفته نشود. مجموع هزینه‌های تنزیل یافته در یک دوره مشخص به عنوان "هزینه خالص فعلی" تعریف می‌شود. به طور مشابه، اگر در یک دوره مشخص منافع مشخص و تنزیل یافته وجود داشته باشد، اختلاف بین سود تنزیل یافته با هزینه‌های تنزیل یافته "ارزش خالص فعلی" نامیده می‌شود.

در این مدل نرخ بهره برای تمام سرمایه در اثنای کل دوره، به صورت سالانه محاسبه می‌شود و کاهش ارزش سرمایه در نظر گرفته نمی‌شود. همچنین یک نرخ بهره اضافی هم به بهره سال‌های اولیه تعلق می‌گیرد. به این معنی که برای نرخ بهره مشابه، هزینه کل برای نرخ بهره این مدل در مقایسه با مدل هزینه کلی ۲ تا ۲۰ برابر بالاتر است.

#### • مدل نرخ بازگشت داخلی

وقتی منافع یا صرفه‌جویی‌ها بخشی از تحلیل را تشکیل می‌دهند، روش‌های دیگری برای انتخاب بهترین گزینه وجود دارند که در آنها از هزینه‌های تنزیل یافته استفاده می‌شود. برای مثال، به جای استفاده از نرخ تنزیل ثابت، از نرخ استفاده می‌شود که ارزش خالص فعلی را به صفر می‌رساند. این نرخ با عنوان نرخ بازگشت داخلی شناخته می‌شود و هرچه بالاتر باشد بهتر است. این رویکرد در بسیاری از سیستم‌های هزینه‌های چرخه عمر در سراسر جهان به کار می‌رود، زیرا این روش از مشکلات حاصل از مقایسه هزینه‌هایی که از نرخ‌های تنزیل یافته مختلف استفاده می‌کنند، می‌پرهیزد.

#### • سطح نرخ بهره

به‌طور معمول، استقرای پول با نرخ بهره ۳-۴٪، بدون احتساب تورم، امکان‌پذیر است. این نرخ در محاسبات "مدل هزینه کلی" می‌تواند یک میزان طبیعی به شمار آید (این میزان معادل نرخ بهره کمتر از ۱-۲٪ در "مدل ارزش خالص فعلی" می‌شود). بسیاری از کشورها در محاسبات برآورد هزینه‌های چرخه عمر از نرخ بهره ۵-۰٪ درصد استفاده می‌کنند.

در طول سالها بعضی از کشورها (اغلب کشورهای در حال توسعه) از نرخ بهره ۸-۱۴٪ در محاسبات هزینه‌های چرخه عمر در سرمایه‌گذاری‌های راه استفاده می‌کنند. این نرخ بهره بالا برای سرمایه‌گذاری‌های راه با سرمایه‌گذاری در بخش‌های صنعتی خصوصی مقایسه می‌شود. در این حالات، مشخص نیست که تورم منظور شده است یا خیر. نرخ بهره بالا برای سرمایه‌گذاری‌های خصوصی، اغلب هزینه‌هایی برای جامعه ایجاد می‌کند (مانند بیکاری و غیره) و مقایسه مدل‌های مختلف را نیز دشوار می‌سازد. به عنوان مثال، نرخ بهره ۱۰٪ در مدل ارزش خالص فعلی، در یک دوره ۲۰ ساله هزینه‌های سرمایه‌ای مشابه با نرخ بهره ۶۰٪ در مدل هزینه کلی را نتیجه می‌دهد که بخش صنعت از آن برای استقراض استفاده می‌کند. همین واقعیات است که مقایسه سرمایه‌گذاری در بخش دولتی و عمومی را با سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی دشوار می‌سازد.

انتخاب نرخ بهره باید بر اساس تصمیم‌گیری‌های سیاسی و توسط دولت صورت گیرد.

### ۸-۳. سرمایه‌گذاری در راهها

در زمینه سرمایه‌گذاری در راهها، سیستم‌های کامپیوتری خاصی وجود دارند که برای محاسبه هزینه‌ها و منافع به کار می‌روند. از این سیستم‌ها برای برآورد اینکه که آیا سود کلی از هزینه‌ها بیشتر است یا خیر و همچنین مطالعه رابطه میان هزینه‌ها و منافع استفاده می‌شود. این محاسبات در زمان‌ها و مراحل مختلف یک پروژه راهسازی انجام می‌شود. این زمان‌ها و مراحل عبارتند از:

- هنگامی که پروژه راه به عنوان بخشی از بودجه راه‌های جدید، باید از دولت (در مقایسه با بخش‌های دیگر جامعه)، پول درخواست کند.
- هنگامی که در یک چشم‌انداز، گزینه‌های مختلف ساخت راه با هم مقایسه می‌شوند.
- هنگامی که فهرست اولویت‌بندی برای پروژه‌های مختلف راه در داخل اداره راه ایجاد می‌شود.
- هنگامی که باید در مورد کیفیت و طرح بهینه یک سرمایه‌گذاری تصمیم‌گیری شود که با سایر موارد تفاوت بسیاری دارد، زیرا در اینجا تنها به هزینه‌های آتی (و نه منافع) گزینه‌های مختلف توجه می‌شود. در اکثر مواقع تنها در مورد بخش‌های خاصی از راه اقدام می‌شود که بتوان آنها را در پایان عمر مفیدشان با سرمایه‌گذاری مجدد جایگزین کرد.
- مدل‌های اقتصادی و انتخاب نرخ بهره برای این موقعیت‌های مختلف، در اکثر کشورها، صرف‌نظر از شرایط اولیه و زمینه‌های مختلف، مشابه‌اند.
- به هر حال، دلایل زیادی برای کاربرد نرخ بهره و مدل‌های اقتصادی مختلف در تصمیم‌گیری‌ها در خصوص سرمایه‌گذاری وجود دارد که باید توسط اداره راه صورت گیرد.
- این مدل‌های اقتصادی به رویکردهای تأمین مالی هم بستگی دارند. هنگامی که از مدل‌های اقتصادی مختلف و نرخ‌های بهره مختلف استفاده می‌شود، بررسی نتایج واقعی برای اداره راه و برای جامعه اهمیت فراوانی دارد.

### ۸-۴. تأمین اعتبار اداره راه

تأمین مالی یک وزارتخانه یا اداره از سه روش امکان پذیر است:

- از طریق بودجه، در جایی که هزینه‌ها به حساب بدهی صندوق دولت گذاشته می‌شوند. پول در این بودجه می‌تواند تا حد معینی خرج شود اما، اداره اجازه وام گرفتن یا پس‌انداز پول را ندارد.
- از طریق پرداخت مستقیم دولت. هر ساله پول یکجا یا در چند قسط به اداره پرداخت می‌شود و اداره مخیر است که وام گرفته یا پس‌انداز نماید.
- از طریق درآمد حاصل از کاربران راه. اداره یا شرکت می‌تواند وام گرفته یا پس‌انداز کند.

### ۸-۵. بودجه به حساب بدهی صندوق دولت

هنگامی که اداره راه مطابق با روش اول، در چارچوب یک بودجه کلان از دولت پول می‌گیرد، آن را تنها برای تعمیر، نگهداری و سرمایه‌گذاری مجدد در شبکه راه‌های موجود یا برای سرمایه‌گذاری در راه‌های جدید خرج می‌کند. به طور معمول، تعمیر، نگهداری و سرمایه‌گذاری مجدد تنها یک قسمت معین و ضروری از کل بودجه را مصرف می‌کند، در حالی که سرمایه‌گذاری در راه‌های جدید بخش دیگر بودجه را به خود اختصاص می‌دهد.

قاعدۀ بودجه سرمایه‌گذاری بدین صورت است که کل پول باید در طول سال خرج شود و امکان مدیریت پول برای استفاده در کارهای تعمیر و نوسازی آتی وجود ندارد. یک گزینه برای اداره راه می‌تواند صرف میزان پول کمتر یا بیشتر برای تعمیر و نوسازی باشد. انتخاب دیگر اداره راه عبارت است از طراحی و ساخت راه‌های جدید کمتر اما با کیفیت بهتر و بدین ترتیب هزینه نگهداری کمتری در آینده مورد نیاز خواهد بود. دیگر اینکه راه‌های زیادی با کیفیت پایین و در نتیجه با هزینه نگهداری بیشتر احداث کند. انتخاب بین کمیت و کیفیت کدام یک؟

کاربرد مدل‌های اقتصادی برای محاسبات هزینه‌های چرخه عمر راه (WLC) برای سطوح مختلف کیفیت، به منظور مقایسه آنها و انتخاب بهترین سطح کیفیت، روش مناسبی است.

نتایج مربوط به کیفیت انتخاب شده برای راه‌ها باید به گونه‌ای باشد که در یک دوره معین (۳۰ تا ۵۰ سال) اداره راه بیشترین سرمایه‌گذاری راه را دریافت نماید، در حالی که در همان زمان جامعه کمترین هزینه‌ها را برای کاربران، تصادفات و محیط زیست متحمل شود. در این حالت تصمیمات به کمک محاسبات برآورد هزینه‌های چرخه عمر (WLC) و احتساب بهره صفر درصد که بیشترین سرمایه راه را با حداقل هزینه‌ها (کاربران، ایمنی و محیط زیست) در طول یک دوره معین (۳۰ تا ۵۰ سال) تأمین می‌کنند، گرفته می‌شود.

### ۸-۶. پرداخت مستقیم

اگر هر ساله به اداره راه مقدار معینی پول داده شود، اداره راه می‌تواند از حساب بانکی خود برای پس‌انداز یا وام گرفتن استفاده کند. در این حالت اداره راه باید مسؤلیت هزینه‌های کاربران، تصادفات و حتی محیط زیست را به عهده گیرد. در واقع در این حالت اداره راه مانند یک شرکت خصوصی عمل می‌کند که با تقاضاهای دولت (به عنوان صاحب

سرمایه) برای حداقل سازی هزینه های کاربران و تصادفات (و احتمالاً هزینه های زیست محیطی) مواجه است. در این حالت هنگامی که اداره راه سرمایه گذاری های مختلف را با هم مقایسه می کند، باید از مدل هزینه کلی استفاده کند.

#### ۷-۸. درآمد حاصل از کاربران راه

هنگامی که اداره یا شرکت راه درآمد خود را از طریق کاربران راه تحت عنوان عوارض به دست می آورد، باید یک حساب بانکی اختصاصی و فعالیت اقتصادی اختصاصی داشته باشد. همچنین باید هزینه های کاربران راه را نیز محاسبه کند، زیرا این درآمد بستگی به استقبال کاربران راه از آن دارد. اداره یا شرکت راه تا اندازه ای (میزان آن در کشورهای مختلف متفاوت است) در خصوص تصادفات مسؤول است. در این روش، هنگامی که اداره راه سرمایه گذاری های مختلف را با هم مقایسه می کند، باید از مدل هزینه کلی استفاده کند.

#### ۸-۸. خلاصه و نتیجه گیری

##### • هزینه های اداره راه

اداره راه که از طریق بودجه تأمین اعتبار می کند، مقدار پول معینی را در مدت چند سال دریافت می کند. اداره راه باید تلاش کند که پول را به صورت بهینه به سرمایه گذاری های جدید و نیز عملیات نگهداری راه تخصیص دهد. همچنین باید در سرمایه گذاری های جدید، سطح کیفیت راه را با ملاحظه هزینه های نگهداری آتی به بهترین وجه انتخاب کند. هدف، حصول بیشترین سرمایه گذاری ممکن برای راه در طول سالها است. در چارچوب این بهینه سازی نمی توان از نرخ بهره در مدل های محاسباتی استفاده کرد، زیرا این عامل مقدار سرمایه گذاری راه را کاهش می دهد.

اداره راه (که هر سال مقدار پول معینی دریافت می کند) یا شرکت عوارضی راه باید در هنگام مقایسه سرمایه گذاری های مختلف، از مدل هزینه های کلی استفاده کنند.

##### • هزینه های کاربران راه، تصادفات و محیط زیست

اداره راه که از طریق بودجه تأمین اعتبار می کند، مقدار پول معینی را در مدت چند سال دریافت می کند. اداره راه باید تلاش کند پول را به صورت بهینه مصرف نماید تا بیشترین سرمایه گذاری ممکن را در راه داشته باشد و کمترین هزینه ها را به جامعه تحمیل نماید که همیشه مشابه نیستند. اگر دلایلی برای قیمت پایین تر در آینده برای هزینه های زمان کاربران، تصادفات، محیط زیست و غیره وجود دارد، باید این دلایل با مدل اختصاصی بررسی شوند. بنابراین نباید از مدل ارزش خالص فعلی استفاده کرد.

اداره راه (که هر سال مقدار پول معینی دریافت می کند) یا شرکت عوارضی راه باید در هنگام مقایسه سرمایه گذاری های مختلف، از مدل هزینه های کلی استفاده کنند. این مدل همچنین باید با مدلی برای بررسی هزینه های آتی زمان کاربران، تصادفات و محیط زیست ترکیب شود.

## ۹. رویکردهای احتمالی

یک رویکرد معین و عادی، تمام ورودی‌ها، برآوردها و فرضیات را به عنوان مقادیر مجزا در نظر گرفته و یک نتیجه مجزا را محاسبه می‌کند. در بهترین حالت، تغییرپذیری مربوط به داده‌های ورودی، در تحلیل حساسیت در نظر گرفته می‌شود. تحلیل حساسیت را می‌توان برای بسیاری از داده‌های ورودی اجرا کرد، اما به طور کلی هر بار فقط یک ورودی تغییر می‌یابد. در دنیای واقعی عوامل دیگری هم هستند که ایفای نقش می‌کنند در حالی که در رویکرد معین در نظر گرفته نمی‌شوند. در واقع اطلاعات اضافه‌ای تعریف می‌شوند که ممکن است به خوبی برای تحلیلگر قابل دسترس باشند، اما در تحلیل در نظر گرفته نشوند.

به منظور دارا بودن نشانه‌ای از احتمال وقوع یک نتیجه معین، تحلیلگران نیاز به کاربرد یک رویکرد احتمالی از تکنیک‌های تحلیل ریسک دارند. یک رویکرد احتمالی، هر برآورد و فرضی را به عنوان محدوده مقادیر (به جای مقادیر منفرد) در نظر می‌گیرد، و مقادیر ورودی با تغییرپذیری و توزیع احتمالشان تشریح می‌شوند. در این روش تحلیلگران توزیع‌های احتمال نتایج را به کمک تحلیل WLC به دست می‌آورند.

با اجرای یک تحلیل احتمالی از گزینه‌های مختلف طرح روسازی و سیاست نگهداری راه، توزیع‌ها را می‌توان با هم مقایسه نمود و نتیجه را می‌توان به کمک هیستوگرام نمایش داد.

داشتن اطلاعات در مورد متغیرهای آماری خیلی مهم است، به ویژه زمانی که یک کشور در مورد آیین‌نامه ملی تصمیم‌گیری می‌کند. زیرا روسازی‌های با طرح حداقل (طرح دست پایین) به زودی هزینه چرخه عمر بسیار بالایی را تحمیل می‌کنند، در حالی که روسازی‌های با طرح دست بالا، هزینه چرخه عمر اضافی کمتری را ایجاد می‌کنند.



## ۱۰. کاربرد مدل‌های WLC، مثال‌ها

بسیاری از کشورها از محاسبات هزینه چرخه عمر به عنوان پایه‌ای برای تصمیم‌گیری در مورد طراحی راه در پروژه‌های خاص و همچنین برای آیین‌نامه ملی و غیره استفاده می‌کنند. سیستم‌های بکار رفته در محاسبات هزینه چرخه عمر از نظر کیفیت متفاوت هستند.

در صورتی که تنها هزینه‌های اداره راه در نظر گرفته شود، بسیاری از کشورها از سیستم‌های ساده استفاده می‌کنند که شامل محاسبات نسبتاً ساده‌ای هستند که بزرگترین مسأله آن پیش‌بینی زمان پخش یک لایه رویه آسفالتی جدید بر روی راه با روسازی انعطاف‌پذیر می‌باشد.

بعضی از کشورها از مدل‌های پیچیده‌تری برای محاسبات برآورد هزینه‌های چرخه عمر استفاده می‌کنند که شامل محاسبه برخی هزینه‌های جامعه نیز می‌شود.

### ۱۰-۱. مدل سوئدی

مدل سوئدی یک سیستم انعطاف‌پذیر قابل اجرا در رایانه‌های شخصی است. این مدل می‌تواند برای انواع مختلف ساخت راه و روکش سطحی بکار رود. در این مدل امکان انتخاب دقت با درجات مختلف برای داده‌های ورودی وجود دارد. برای بسیاری از عوامل لازم، برنامه یک مقدار پیشنهادی ارائه می‌دهد اما کاربر برنامه همیشه می‌تواند مقدار دلخواه خود را انتخاب کند.

این مدل به مقادیر مختلف IRI در طول عمر راه نمی‌پردازد. مدل می‌تواند پروژه‌های سرمایه‌گذاری و نگهداری بررسی کند و متشکل از مدول‌های مختلفی برای موارد زیر است:

- ورود داده‌های کلی مانند هندسه راه، جریان ترافیک، رشد ترافیک، نوع وسایل نقلیه، نرخ بهره، زمان کارکرد و غیره.
- هزینه‌های سرمایه‌گذاری. در اینجا می‌توان از محاسبات شخصی یا برنامه‌های محاسباتی به کمک قیمت‌های انتخابی استفاده کرد.
- هزینه‌های نگهداری به منظور یخ‌زدایی شیمیایی، روشنایی راه، شستشو، تعمیرات جزئی و غیره.
- هزینه‌های تعمیر و نوسازی. در اینجا هزینه‌های ورودی عبارتند از هزینه‌های مربوط به مرمت تمام یا بخشی از راه به منظور حفظ شرایط اولیه آن. برنامه‌ای برای محاسبه عمق شیارشدگی وجود دارد. اما معمولاً کاربر زمان لازم جهت انجام یک فعالیت یا مدت انجام آن را انتخاب می‌کند.
- هزینه‌های کاربر راه. شامل هزینه‌های زمان صرف‌شده توسط کاربر راه است که در حالت عادی و زمانی که راه تحت اقدامات نگهداری است، تفاوت خواهد کرد.
- هزینه‌های وسیله نقلیه. شامل هزینه‌های سوخت، لاستیک و تعمیرات جزئی می‌باشد.
- هزینه‌های تصادفات. این مدول شامل دو بخش است: یکی مربوط به تصادفات در شرایط عادی یا وجود کارگاه‌های راهسازی (تعمیر و نگهداری راه) است و دیگری مربوط به شرایط غیر ایمن ایجادشده برای کارگران در راه می‌باشد.

- هزینه‌های زیست‌محیطی. این مدل در واقع بیانگر تأثیرات راه روی محیط پیرامون خود است، نظیر سروصدا، آلودگی، نمک‌ها و گرد و غبار و غیره. این مدل به شرایط محیطی کارگران شاغل در راه نیز می‌پردازد. البته یک مدل دیگر هم برای جمع‌بندی نتایج حاصل از بقیه مدل‌ها وجود دارد.

### ۱۰-۲. برآورد هزینه‌های چرخه عمر - بریتانیا

آزمایشگاه تحقیقات حمل‌ونقل (TRL) تحت قرارداد با اداره راه، سه سیستم را توسعه داده است. تمامی این سیستم‌ها دارای مدل‌های معین قابل کاربرد در رایانه‌های شخصی هستند که تحلیل آزادراه‌ها و شبکه راه‌های پرتردد چند منظوره را در بر می‌گیرند. COMPARE اولین سیستمی بود که ایجاد شد و جهت کاربرد در سطح پروژه برای تحلیل گزینه‌های جدید روسازی طراحی شد، همچنان که می‌تواند به منظور تحلیل‌های ساده‌شده روسازی‌های موجود هم استفاده شود. باوسکیل و آبل (Bowskill & Abell, 1994) و آبل (Abell, 1994) سیستم COMPARE را با جزییات بیشتر ارایه کرده‌اند.

#### • داده‌های ورودی

یک مدل داده‌های ورودی جامع با منوی کرکره‌ای به کاربر اجازه می‌دهد داده‌های ویژه محل را برای تحلیل مشخص نماید و مقادیر پیش‌فرض را برای هر نوع راه جایگزین نماید. تحلیل‌های مشابه را می‌توان با مشخص کردن مقادیر پارامترهای چندگانه برای یک محل و در یک زمان انجام داد.

#### • ترافیک

مدل‌های رشد ترافیک زیادی در سیستم تلفیق شده‌اند که می‌توانند برای جریان مشخص شده در شروع دوره تحلیل اجرا شوند و ۵ نوع مختلف وسیله نقلیه را تفکیک می‌کند. تغییرات جریان ترافیک در طول روز در محاسبه تأخیرهای ترافیکی در نظر گرفته می‌شوند.

#### • پیش‌بینی شرایط

خرابی روسازی با استفاده از روابط به دست‌آمده از مطالعات جامع رفتار شبکه راه، پیش‌بینی می‌شود. برای روسازی‌های انعطاف‌پذیر شاخص‌های اصلی شامل خمش روسازی، شیارشدگی و مقاومت لغزشی می‌باشند. در روسازی‌های صلب بیشترین خرابی به عامل زمان بستگی دارد اما عملکرد سازه ای به ترافیک عبوری نیز مربوط می‌شود.

#### • شناسایی عملیات نگهداری

قوانینی بکار گرفته می‌شوند تا سطوح شرایط پایین‌تر روسازی را به سطوح مداخله مشخص شده تعبیر نمایند که این امر به شکل اقدامات نگهداری مناسب صورت می‌گیرد. این قوانین انجام اقدامات مختلفی را متناسب با خطوط عبوری مختلف سواره رو امکان‌پذیر می‌سازند. برای نشان دادن اقدامات مدیران شبکه، سیستم به طور خودکار اقدامات لازم در سال‌های مجاور دوره تحلیل را با هم ترکیب می‌کند.

### • هزینه‌های عملیات

هزینه هر اقدام نگهداری، بر حسب مراحل مختلف کار و مدیریت ترافیک تعیین می‌گردد. برای کار در زمان‌های مختلف روز و همچنین نرخ‌های مختلف کاری، می‌توان از قیمت‌های واحد مختلف استفاده کرد.

### • هزینه‌های کاربر راه

هزینه‌های تأخیرهای ترافیکی ناشی از عملیات نگهداری راه، برای سطوح مختلف جریان در طول هر روز و متناسب با استانداردهای مختلف مسیره‌های جایگزین قابل دسترس در اطراف کارگاه راهسازی محاسبه می‌شوند. این هزینه‌ها بر اساس نوع تدابیر اتخاذشده برای مدیریت ترافیک در محدوده کارگاه نگهداری، تغییر می‌یابند. هزینه‌های کاربران شامل هزینه‌های افزایش تصادفات ترافیکی در محدوده کارگاه نگهداری نیز می‌شود.

### • هزینه‌های جامعه

هیچ یک از هزینه‌های آلودگی یا تغییرات زیست‌محیطی دیگر را شامل نمی‌شود. میزان کلی تصادفات به دلیل از دست دادن کنترل وسیله نقلیه را برای هر سال از دوره تحلیل می‌توان تخمین زد.

### • خروجی

خروجی عبارت است از هزینه‌های تنزیل نیافته و ارزش خالص فعلی همراه با شرح کامل نتایج به دست‌آمده برای هر سال از دوره تحلیل. در این خروجی خلاصه‌ای از اقدامات نگهداری و هزینه‌ها نیز به شکل گرافیکی در دسترس است. بعد از سیستم COMPARE، اولین پیشرفت به دست‌آمده مسایل خاص تحلیل‌ها در سطح پروژه را برای راه‌های موجود مورد بررسی قرار می‌داد. در این مدل به جای در نظر گرفتن مقادیر واحد که برای هر شاخص وضعیت در COMPARE استفاده می‌شد، نتایج برداشت‌های شرایط بطور عمده وارد سیستم می‌شود، این نتایج توسط این وسایل به دست می‌آیند: خیزسنج (اندازه‌گیری افت و خیز روسازی)، دستگاه بررسی ضریب نیروی جانبی - SCRIM (مقاومت لغزشی) و دستگاه بررسی روسازی راه در سرعت بالا - HRM (سنجش ناهمواری و شیارشدگی). تحلیل تمام جنبه‌های تشریح شده در COMPARE را در نظر می‌گیرد، اما یکسری قوانین برای شناسایی اقدامات نگهداری را تعمیم می‌دهد که برای طول‌های مشخصی در امتداد هر مسیر در محدوده کارگاه در نظر گرفته می‌شوند. این سیستم از تسهیلات گزارش‌دهی گرافیکی جامعی برای نشان دادن نتایج تحلیل بهره می‌برد.

جدیدترین سیستم که هنوز در حال توسعه می‌باشد برای تحلیل شبکه‌های راه بکار گرفته می‌شود. این سیستم اجازه می‌دهد تحلیلی کامل از یک شبکه کوچک با کاربرد راه‌حل‌های مشابه که در سطح پروژه برای شبکه‌های بزرگتر پذیرفته شده‌اند، انجام شود. داده‌های شرایط جمع‌آوری شده جهت تحلیل بودجه مورد نیاز و سیاست‌های مختلف نگهداری به کار گرفته می‌شوند.

### ۱۰-۳. ایالات متحده آمریکا - FHWA

اداره راه‌های فدرال ایالات متحده آمریکا در حال توسعه یک سیستم WLC می‌باشد. در این سیستم داده‌های ورودی مقادیر احتمالی با اختلاف‌های آماری در مدول‌های متفاوت هستند و برای مدل‌های خرابی روسازی‌های آسفالتی و بتنی،

اقدامات نگهداری، نوسازی و تعمیرات روسازی، هزینه‌های کاربر، تصادفات، محیط زیست و غیره به کار می‌روند. این سیستم در حال توسعه بوده و به زودی آماده بهره‌برداری می‌شود. بسیاری از ایالات آمریکا برای محاسبه برآورد هزینه‌های چرخه عمر روسازی، سیستم‌هایی با پیچیدگی بیشتر یا کمتر را توسعه داده‌اند.

#### ۱۰-۴. HDM-4 (شیلی)

سال‌هاست که بانک جهانی سیستم‌هایی را برای محاسبه منافی که جامعه از راه‌های جدید کسب می‌کند بکار می‌برد. این سیستم‌ها عبارتند از HDM I-III و در حال حاضر نسخه چهارم این سیستم تحت آزمایش بوده (سال ۲۰۰۰، زمان انتشار گزارش) و کاربرد آن در کشورهایی با آب و هوای سرد نیز ممکن است. شیلی یک مدل خرابی برای روسازی‌های صلب در آب و هوای سرد تدوین نموده است و سوئد نیز چنین مدلی را برای روسازی‌های انعطاف‌پذیر در مناطق سردسیر تهیه نموده است.

یک برنامه خاص (ارزیاب روسازی تحت ویندوز قابل اجرا در رایانه‌های شخصی)، از نتایج توسعه HDM-4 در شیلی به دست آمده است. این برنامه اجزاء مختلفی به شرح زیر دارد:

- مدیر پروژه: کسی است که داده‌ها را ذخیره می‌کند. این داده‌ها مشخصات هر پروژه را به روشی سازمان‌یافته تعریف می‌کنند همچنین هر پروژه به بخش‌های کوچکتری تقسیم می‌شود:
  - ✓ ارتباط (Link)، بخشی از پروژه که بین دو بخش دیگر قرار می‌گیرد.
  - ✓ خط عبوری یا مسیر (Lane)، یکی از مسیرهای مختلف در یک ارتباط است.
  - ✓ قطعه مسیر (Lane Sector)، بخشی از یک مسیر است که در آن عوارض روسازی ثابت هستند عوارضی مانند: تاریخچه، وضعیت، آب و هوا، ترافیک، هندسه راه، عوامل کالیبراسیون و عرض راه.

- مدیر استانداردها: ذخیره‌سازی و سازماندهی استانداردهای مختلف نگهداری و نوسازی را بر عهده دارد. وقتی یک فعالیت مشمول استاندارد می‌شود، این استاندارد شامل هزینه‌ها و زمان پایه نیز می‌شود. اما می‌توان عوامل هزینه‌ای را وارد نمود که افزایش یا کاهش مقادیر پایه را در صورتی که برای یک پروژه شرایط خاصی ضرورت داشته باشد، مجاز می‌سازند.

- مدیر ناوگان وسایل نقلیه: مسؤول ذخیره‌سازی اطلاعات در مورد مشخصات و بخش‌های هزینه‌ای به صورت سازمان‌یافته است که این اطلاعات گروهی از وسایل نقلیه را که در ترافیک پروژه مورد نظر قرار می‌گیرند، تعریف می‌کند. ناوگان‌های مختلف را می‌توان در فهرست‌های مختلف ذخیره کرد.

- مدل‌های خرابی که در این برنامه به کار می‌روند از مطالعات HDM-III برای روسازی‌های آسفالتی و از مدلی که اخیراً در شیلی برای روسازی‌های بتنی توسعه یافته است به دست می‌آیند.

- مدل هزینه‌های راهبری (بهره‌برداری) وسیله نقلیه: یک مدل هزینه‌های راهبری وسیله نقلیه (Vehicle Operating Cost) VOC در HDM-III است که قبلاً توسعه یافته است.

- ارزیاب پروژه: مدولی برای محاسبه و مقایسه سیاست‌های مختلف نگهداری است. محاسبات شامل موارد زیر نمی‌شود: تصادفات، اثرات زیست‌محیطی، شرایط جریان ترافیک و افزایش هزینه‌های عملکردی به علت تأخیرهای ترافیکی ناشی از عملیات نگهداری.
- نتایج اصلی به دست آمده عبارتند از:
- شبیه‌سازی خرابی وابسته به ترافیک و آب و هوا و همچنین سیاست‌های نوسازی و نگهداری روسازی‌های آسفالتی و بتنی،
- توسعه طرح‌های نگهداری، شامل جدیدترین روش‌ها،
- ارزیابی مقدار کار، وابسته به سیاست‌های مختلف،
- برآورد هزینه‌ها و جریان نقدی مرتبط با سیاست‌های مختلف،
- هزینه‌های راهبری وسایل نقلیه در شرایط مختلف سرویس‌دهی راه،
- محاسبه درآمدهای عوارض راه.

HDM-4 تحت سیستم عامل ویندوز رایانه‌های شخصی طراحی شده است و شامل مدول‌های زیادی برای خرابی و هزینه‌های نگهداری، تعمیر، نوسازی، تصادفات، کاربر، زیست‌محیطی، سیستم‌های ترافیکی، انرژی و غیره می‌باشد. این مدول‌ها را می‌توان به صورت مجزا نیز به کار برد. این سیستم برای انتخاب برنامه ریزی و طرح مناسب راه ایجاد شده است اما می‌تواند به منظور انتخاب نوع روسازی نیز به کار رود اگرچه برای این نوع محاسبات بیش از حد پیچیده است. HDM-4 توسط مجمع جهانی راه - پیارک ([www.hdm4.piarc.org](http://www.hdm4.piarc.org)) منتشر شده است.

#### ۱۰-۵. استرالیا- ایالت کوینزلند

ایالت کوینزلند استرالیا در راهنماهای ساخت و نوسازی خود، مقایسه ای بین انواع مختلف روسازی و روش‌های نوسازی مربوط به هر یک انجام می‌دهد. به منظور انتخاب اقتصادی‌ترین راه‌حل، مقایسه باید به کمک بعضی از مدل‌های محاسبه هزینه‌های چرخه عمر صورت گیرد.

مدل‌های کامپیوتری مورد استفاده در این محاسبات به شرح زیر هستند:

- QUEWZ - برنامه مدلسازی تأخیرهای ناشی از کارگاه‌های عملیات اجرایی که توسط دانشگاه تگزاس A&M تهیه شده است.
- HDM-III - مدل بانک جهانی که مطابق با شرایط کوینزلند و هزینه‌های وسایل نقلیه در استرالیا کالیبره شده است.
- CBA - نسخه کوینزلند از برنامه NIMPAC که بر اساس تحلیل سود - هزینه برای ارزیابی پروژه‌های راه تهیه شده است.
- ایالت کوینزلند یک پیش نویس نیز تهیه نموده است: "راهنمای هزینه‌های چرخه عمر برای روسازی‌های با ترافیک سنگین".

- شرکت های مشاور و کارکنان اداره راه، از این روش ها به خصوص هنگام طراحی و گاهی برای ارزیابی پیشنهادها در مناقصه های پروژه های بزرگ راه استفاده می کنند. تمام کارهای بزرگ و گسترده جدید، شامل یک مطالعه در امتداد مسیرهای تعیین شده در پیش نویس می شوند که به انتخاب روسازی کمک می کند.

#### ۱۰-۶. اثریش

بر اساس کار یکی از اعضای گروه مهندسی عمران Fachhochschule Carinthia که یک کارگروه اثریشی (شامل اعضای وزارت عمران و ساخت و ساز و نمایندگان ایالت ها) است، یک مدل کامپیوتری محاسبه هزینه چرخه عمر برای طراحی روسازی و راه ارایه نموده اند. این مدل شامل هزینه های زیر است:

- اداره راه: سرمایه گذاری، نگهداری، تعمیر و نوسازی،
- کاربر راه: صرف وقت، استهلاک خودرو و تصادفات.

## ۱۱. پیشرفت‌های آتی

در سطح جهان، تمایل به استفاده هر چه بیشتر از تضمین کیفیت و الزامات عملکردی در طراحی، ساخت، نگهداری و تعمیر شبکه راه وجود دارد.

برای امکان پذیر ساختن کیفیت بهتر، باید مقداری را برای کیفیت در نظر گرفت و این امر به کمک محاسبه هزینه چرخه عمر میسر می‌شود.

به طریق مشابه، به الزامات عملکردی نیز باید مقداری را نسبت داد که به منظور گزینش سطح مناسب انتخاب می‌شوند. این امر بدان معنی است که محاسبه هزینه چرخه عمر ضروری است.

به نظر می‌رسد بیشتر دولت‌ها برای تأمین اعتبار بودجه‌های خود دچار مشکل هستند و بنابراین پول کمتری نیز در اختیار اداره راه قرار می‌گیرد.

پول کمتر یعنی باید در مورد آنچه ساخته می‌شود دقت بیشتری نمود و باید بیشترین مزایای ممکن را از سرمایه‌گذاری در طول عمر راه به دست آورد.

این تمایلات نشان می‌دهند که در آینده محاسبه تمام هزینه‌های راه در طول عمر آن اهمیت روزافزونی پیدا می‌کند.

امروزه سیاستمداران در مورد اثرات یک راه جدید بیشتر و بیشتر سؤال می‌کنند. یعنی باید روشی برای آرایه این اثرات یافت. یک سیستم WLC روشی برای آرایه اثرات مختلف هزینه‌های سرمایه‌گذاری متنوع است.

یک سیستم برآورد هزینه‌های چرخه عمر، رابطه نزدیکی با سیستم‌های هزینه - فایده دارد که برای محاسبه درآمدهای جامعه در زمان طراحی یک راه جدید تهیه شده‌اند. مدول‌های محاسباتی بسیاری در این دو سیستم یا کاملاً یکسان بوده یا بسیار به هم شباهت دارند. این قضیه ایجاد یک سیستم WLC در یک کشور را آسانتر می‌سازد.

## ۱۲. نتیجه گیری

بسیار مهم است که از ارتباط میان هزینه‌های مختلف و مشخصه‌های سطحی مختلف روسازی شناخت داشته باشیم. هزینه‌ها مربوط به راه، ایمنی ترافیک، کاربر، محیط زیست و غیره هستند. مشخصه‌های سطحی مواردی نظیر اصطکاک، درشت/کلان بافت (mega/macro texture)، شیارشدگی، ناهمواری، ترک‌ها، شیب، زهکشی و غیره هستند. مهم است بدانید چرا و چگونه مشخص‌های سطحی روسازی در طول عمر راه بر اثر شرایط ترافیک، آب، یخ‌زدگی، گرما و غیره تغییر می‌یابد. یک مدل خرابی قابل اعتماد، برای دستیابی به نتایج قابل اعتماد مورد نیاز است که این مدل می‌تواند برای شناسایی نیازهای نگهداری در طول دوره تحلیل بکار گرفته شود.

شناسایی تمام هزینه‌های طول عمر راه، به منظور انتخاب طرح مناسب و سیاست نگهداری مناسب با کمترین هزینه اهمیت بسیاری دارد. "تمام هزینه‌ها" شامل هزینه‌های راه، کاربر و هزینه‌های جامعه نظیر تصادفات، محیط زیست و غیره می‌باشد. برآورد هزینه چرخه عمر به عنوان یک ابزار ضروری در تصمیم‌گیری در خصوص سرمایه‌گذاری برای راه‌های جدید و راه‌های موجود در نظر گرفته می‌شود.

هزینه چرخه عمر شامل هزینه‌های تحمیل شده بر اداره راه، کاربران راه و سایر اعضای جامعه، ایمنی راه و محیط زیست می‌باشد.

سیستم‌های محاسبه هزینه‌های چرخه عمر برای تحلیل‌های دستی بسیار پیچیده اند، بنابراین وجود سیستم‌های کامپیوتری ضروری است.

یک سیستم WLC باید شامل مدول‌های مجزا برای محاسبات مختلف باشد و برای اجرا در فضای سیستم عامل ویندوز طراحی شده باشد.

در این مدل، نرخ بهره صفر درصد بیشترین سرمایه‌گذاری راه و کمترین هزینه کاربر و جامعه را در کشور برای طول عمر عادی یک راه ایجاد می‌کند.

امروزه در دنیا برای احداث راه‌ها تمایل به استفاده هرچه بیشتر از تضمین کیفیت و الزامات عملکردی وجود دارد. این امر همچنین ضرورت نسبت دادن مقادیری به این ضرایب و فاکتورها را ایجاد می‌کند.

امروزه در بسیاری از کشورها، یک سیستم WLC به انتخاب اقتصادی‌ترین روش سرمایه‌گذاری، عملیات تعمیر و نوسازی و سیاست‌های نگهداری راه کمک می‌کند.

همچنین یک سیستم WLC می‌تواند کمک بزرگی برای ارزش‌گذاری سود، ناشی از کاربرد مصالح و روش‌های جدید و روش‌های ساختمانی خاص از سوی پیمانکاران، در مناقصه‌ها باشد.



## فهرست انتشارات معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

عنوان	تاریخ انتشار	قیمت (ریال)
<i>الف) گزارش‌های تخصصی</i>		
۱. ممیزی ایمنی راه	تابستان ۸۲	۱۰/۰۰۰
۲. پیشنهاداتی برای آزمایش ژئوتکستایلها	پاییز ۸۲	۱۰/۰۰۰
۳. راهنمایهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه	پاییز ۸۲	۱۰/۰۰۰
۴. روشها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های راه	پاییز ۸۲	۱۰/۰۰۰
۵. آلودگی ناشی از دی اکسید نیتروژن در تونل‌های راه	پاییز ۸۲	۱۰/۰۰۰
۶. ایمنی در تونلها	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۷. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۸. بهینه‌سازی شبکه‌های موجود بین شهری	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۹. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۰. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماعی حمل‌ونقل عمومی	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۱. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راهها	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۲. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۳. قیمت‌های بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوئیل)	بهار ۸۳	۱۱/۰۰۰
۱۴. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال ۲۰۱۰	بهار ۸۳	۱۱/۰۰۰
۱۵. مبانی تحلیل اقتصادی	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۶. گزارش سالانه ژوئیه ۲۰۰۳ GRSP	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۷. راهنمای ممیزی ایمنی راه	بهار ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۸. راهنمای فیلم‌های IRF	تابستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۹. انتخاب مصالح و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت	تابستان ۸۳	۱۶/۰۰۰
۲۰. راههای دسترسی به مناطق برون‌شهری	تابستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۱. روشهای ساده نگهداری راه	تابستان ۸۳	۱۱/۰۰۰
۲۲. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی روسازی راه	تابستان ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۳. ارتقاء و بهبود عملکرد داخلی راهها	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۴. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۵. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۶. بازیافت روسازی‌های انعطاف‌پذیر موجود	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۷. حمل‌ونقل هوشمند	پاییز ۸۳	۱۰/۰۰۰

۱۰/۰۰۰	۸۳	پاییز	۲۸. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی
۱۰/۰۰۰	۸۳	پاییز	۲۹. تقسیم مسئولیت برای داشتن جاده‌های ایمن تر
۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۰. فرآیند تصمیم‌گیری در اعمال سیاست‌های پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای
۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۱. کیفیت خدمات جاده‌ای
۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۲. روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۳. روشهای ارزیابی اقتصادی برای پروژه‌های راه در کشورهای عضو پیارک
۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۴. راهنمای ارزیابی سیستم‌های نگهدارنده خاک
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۵. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۶. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیتهای مهندسی پیش از ساخت
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۷. تضمین کیفیت در عملیات خاکی
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۸. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۹. طبقه‌بندی تونل‌ها، دستورالعمل‌ها، تجربیات موجود و پیشنهادات
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۴۰. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی - اقتصادی در مدیریت راه
۱۰/۰۰۰	۸۴	تابستان	۴۱. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راهها در افریقا
۱۰/۰۰۰	۸۴	تابستان	۴۲. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی
۱۱/۰۰۰	۸۴	پاییز	۴۳. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه
۱۷/۰۰۰	۸۴	پاییز	۴۴. بررسی توسعه حمل‌ونقل در منطقه اسکاپ در سال ۲۰۰۳، آسیا و اقیانوسیه
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۵. تبادل فناوری و توسعه
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۶. راههای دارای رویه بتنی
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۷. تجدید ساختار بخش راه
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۸. حمل‌ونقل کالا
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۹. گزارش سالانه ژوئن ۲۰۰۴ GRSP
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۰. بکارگیری مصالح حاصل از بازیافت رویه‌های آسفالتی و بتن خرد شده در خاکریز
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۱. تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۲. کاربرد بتن غلتکی در راهسازی
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۳. راهنمای تأمین روشنایی راهها
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۴. راهسازی در نواحی بیابانی
۱۰/۰۰۰	۸۵	بهار	۵۵. مدیریت عملکرد پلها
۱۲/۰۰۰	۸۵	بهار	۵۶. سیستم مدیریت ایمنی در صنعت حمل‌ونقل ریلی
۱۰/۰۰۰	۸۵	بهار	۵۷. راهنمای ممیزی سیستم مدیریت ایمنی هوایی
۱۰/۰۰۰	۸۵	بهار	۵۸. توسعه ابزارهای سنجش عملکرد
۳۰/۰۰۰	۸۵	تابستان	۵۹. نگهداری نواحی کنار راه و زهکشی (جلد اول)
۳۰/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۰. تعمیر و نگهداری راههای شوسه (جلد دوم)

۲۵/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۱. تعمیر و نگهداری راههای دارای رویه آسفالتی (جلد سوم)
۱۵/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۲. نگهداری سازه‌ها و ادوات کنترل ترافیک (جلد چهارم)
۱۰/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۳. فناوری و اقدامات ابتکاری کنترل ترافیک در اروپا
۱۰/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۴. معرفی سیستم مدیریت ریسک
۱۲/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۵. تعمیر و مقاوم‌سازی زیرسازه پلها
۲۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۶۶. الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونل‌های جاده‌ای
۲۶/۰۰۰	۸۵	پاییز	۶۷. مدیریت ایمنی راه
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۶۸. مطالعه‌ای بر مدیریت ریسک در راهها
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۶۹. گزارش جهانی در خصوص پیشگیری از صدمات ناشی از تصادفات جاده‌ای
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۷۰. ارزیابی و تأمین بودجه نگهداری راه در کشورهای عضو پیارک
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۷۱. حفاظت کاتدیک عرشه پلها
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۷۲. روش‌های بهبود ایمنی در راههای بین‌شهری
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۳. اندوذهای آب‌بندی آسفالت
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۴. مخلوط‌های آسفالتی با مقاومت بالا در برابر شیارشدگی
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۵. مروری بر مدیریت دارایی در راهها
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۶. مدیریت راه
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۷. بزرگراه آسیایی و توسعه
۱۰/۰۰۰	۸۶	بهار	۷۸. راههای با روسازی انعطاف‌پذیر
۱۰/۰۰۰	۸۶	بهار	۷۹. سیستم‌های مدیریت سوانح رانندگی مورد استفاده در تونل‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۶	بهار	۸۰. نقش و جایگاه اداره راه
۱۰/۰۰۰	۸۶	بهار	۸۱. آسفالت متخلخل
۱۲/۰۰۰	۸۶	تابستان	۸۲. مطالعه تطبیقی فعالیت‌های مدیریت پل
۱۰/۰۰۰	۸۶	تابستان	۸۳. روکش سطحی راه
۱۴/۰۰۰	۸۶	تابستان	۸۴. بودجه و عملیات نگهداری راه (یک دیدگاه آسیایی)
۱۰/۰۰۰	۸۶	تابستان	۸۵. رویکرد چندوجهی برای سیستم حمل‌ونقل
۱۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۸۶. راهنمای انتخاب و انجام آزمایش‌های فرآورده‌های خط‌کشی راه
۱۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۸۷. محدودیتهای وزن و ابعاد وسایل نقلیه- تجارب و روندها
۱۲/۰۰۰	۸۶	پاییز	۸۸. آزمون بین‌المللی هماهنگ‌سازی اندازه‌گیری پروفیل طولی و عرضی راه و گزارش آنها
۶۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۸۹. راهنمای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند- ویراست دوم
۱۰/۰۰۰	۸۷	بهار	۹۰. دستیابی به کیفیت در عملیات راهسازی
۱۰/۰۰۰	۸۷	بهار	۹۱. نکاتی در خصوص راههای برون‌شهری
۱۹/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۲. روند جاری در زمینه ایمنی تونل
۱۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۳. نگهداری تابلوها، خط‌کشی‌ها و سایر تجهیزات ایمنی راه
۲۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۴. آشنایی با مفاهیم اولیه مدیریت و مهندسی ایمنی راه

۴۸/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۵. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) در کشورهای در حال توسعه
۲۳/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۶. مدیریت و ارزیابی پل‌های پس‌کشیده بتنی
۲۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۹۷. انواع سازه‌های منتخب برای پل‌های جدید
۲۶/۰۰۰	۸۸	تابستان	۹۸. راهنمای بازرسی و مرمت آبگذر
۲۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۹۹. چارچوب مفهومی شاخص‌های عملکردی برای بخش راه
۲۲/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۰۰. طرح راهبردی آشتو برای ایمنی راه
۲۸/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۰۱. توصیه‌هایی برای افزایش ایمنی پیشگیرانه در تونل‌ها
۴۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۰۲. روسازی‌های نیمه صلب
۱۵/۰۰۰	۸۹	پاییز	۱۰۳. طراحی مقطع عرضی تونل‌های دوطرفه
۱۶/۰۰۰	۸۹	پاییز	۱۰۴. راهنمای ارزیابی و کاهش سروصدای ناشی از ترافیک
۲۰/۰۰۰	۹۰	بهار	۱۰۵. مشخصات سطح راه
۱۵/۰۰۰	۹۰	بهار	۱۰۶. برآورد هزینه چرخه عمر راه‌ها

### ب) کتب

۱۲۵/۰۰۰	۸۴	پاییز	۱. راهنمای ایمنی راه (پیارک)
۷۵/۰۰۰	۸۵	پاییز	۲. مدیریت پل
۲۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳. روش‌های طراحی و اجرای آسفالت‌های حفاظتی
۱۹/۰۰۰	۸۶	زمستان	۴. تحلیل تصادفات و شناسایی و اصلاح نقاط پرتصادف
۲۲/۰۰۰	۸۷	تابستان	۵. مدیریت ایمنی در صنعت کشتیرانی
—	۸۷	تابستان	۶. مجموعه قوانین و مقررات حفظ حریم راه‌ها
۴۸/۰۰۰	۸۷	پاییز	۷. مهندسی ارزش و چالش‌های عظیم بشر در قرن بیست‌ویکم
—	۸۷	زمستان	۸. مدیریت ایمنی در بنادر
۱۲۵/۰۰۰	۸۸	تابستان	۹. فرهنگ اصطلاحات مهندسی راه، ترافیک و حمل‌ونقل
۲۵/۰۰۰	۸۹	بهار	۱۰. راهبرد ملی ایمنی راه‌های ایران
۱۵/۰۰۰	۸۹	تابستان	۱۱. ایجاد فناوری حمل‌ونقل، موفقیت‌ها، چالش‌ها و نیازها
۲۰/۰۰۰	۸۹	پاییز	۱۲. طرح راهبردی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند

### ج) لوح فشرده

			۱. نشریات Austroads (شامل ۱۸۶ عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)
۳۴/۵۰۰	۸۳	پاییز	۲. فیلم‌های آموزشی راه IRF (شامل ۱۰۷ فیلم در ۴۲ لوح فشرده)
۳۴/۵۰۰ (قیمت واحد)	۸۳	زمستان	۳. نشریات SWOV (شامل ۱۳۸ عنوان از نشریات SWOV, DRI, VTI, NCHRP, در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)
۳۴/۵۰۰	۸۴	بهار	۴. مجموعه ضوابط، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های فنی حمل‌ونقل جاده‌ای
—	۹۰	بهار	

## فهرست انتشارات پژوهشکده حمل و نقل

قیمت (ریال)	تاریخ انتشار	عنوان
<i>الف) پروژه‌های تحقیقاتی</i>		
۱۱/۰۰۰	بهار ۸۳	۱. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوک‌های ساختمانی
۱۳/۰۰۰	بهار ۸۳	۲. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظ‌ها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها
۱۴/۰۰۰	بهار ۸۳	۳. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه‌آهن بدون بالاست
۲۷/۰۰۰	بهار ۸۳	۴. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی
۱۶/۰۰۰	زمستان ۸۳	۵. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور
۱۱/۰۰۰	بهار ۸۴	۶. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک
۱۱/۰۰۰	بهار ۸۴	۷. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه
		۸. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن
۲۴/۰۰۰	تابستان ۸۴	۹. راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آب‌های سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن و فرودگاه (و نقشه‌های اجرایی)
۲۳/۰۰۰	تابستان ۸۴	۱۰. روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور
۱۳/۰۰۰	تابستان ۸۴	۱۱. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها
۱۸/۰۰۰	تابستان ۸۴	۱۲. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید
۱۴/۰۰۰	تابستان ۸۴	۱۳. سیستم‌های هوشمند حمل و نقل ریلی
۲۰/۰۰۰	پاییز ۸۴	۱۴. ظرفیت باربری محوری شمع‌ها
۱۷/۰۰۰	زمستان ۸۴	۱۵. تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها
۱۴/۰۰۰	بهار ۸۵	۱۶. روش‌های نوین تعیین مشخصات و ارزیابی روسازی راه
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۵	۱۷. طرح ضوابط مخلوط‌های آسفالتی برای مناطق گرمسیر، سردسیر و شیب‌های تند جاده‌ها
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۵	۱۸. روش‌های بازیافت سرد و گرم آسفالت و امکان‌سنجی اقتصادی آن در ایران
۱۵/۰۰۰	بهار ۸۵	۱۹. ارائه روش‌های ساماندهی فعالیت عوارضی در آزادراههای کشور
۲۲/۰۰۰	بهار ۸۵	۲۰. کاربرد پلیمر در بهبود خواص قیرها و مخلوط‌های آسفالتی
۱۷/۰۰۰	بهار ۸۵	۲۱. آشنایی با جداسازهای لرزه‌ای و تأثیر آنها بر عملکرد پلها
۲۵/۰۰۰	زمستان ۸۵	۲۲. آب و هوا و ایمنی جاده‌ها
۲۵/۰۰۰	زمستان ۸۵	۲۳. روش‌های ثبت تصادفات و شناسایی نقاط پرتصادف
۳۵/۰۰۰	بهار ۸۶	۲۴. ساعت کار مجاز رانندگان حمل و نقل باری
۲۰/۰۰۰	بهار ۸۶	۲۵. کاربرد CBR غیراشباع در طراحی روسازی

۴۰/۰۰۰	۸۶	تابستان	۲۶. سیستم‌های کنترل هوشمند تونل
۲۰/۰۰۰	۸۶	تابستان	۲۷. راهنمای ایمن‌سازی گلوگاه‌های راه
۴۵/۰۰۰	۸۶	تابستان	۲۸. راهنمای ایمن‌سازی مدارس حاشیه راهها
۱۵/۰۰۰	۸۶	تابستان	۲۹. معیارهای طراحی پل‌های خمیده فلزی
۲۶/۰۰۰	۸۶	پاییز	۳۰. اثر روش تراکم بر میزان قیر بهینه در طرح اختلاط بتن آسفالتی
۴۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۳۱. کاربرد ژئوستتیک‌ها در روکش‌های آسفالتی جهت کنترل ترک‌های انعکاسی
۱۵/۰۰۰	۸۶	پاییز	۳۲. آزمایش‌ها و تحلیل‌های دینامیکی در طراحی و اجرای شمع‌ها
۲۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۳۳. معیارهای فنی طرح مخلوط‌های آسفالتی برای مناطق گرمسیر، سردسیر و شیب‌های تند جاده‌ها
۳۵/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳۴. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد اول)
۵۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳۵. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد دوم)
۲۷/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳۶. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد سوم)
۳۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳۷. راهنمای طراحی و اجرای خط‌کشی راهها
۳۵/۰۰۰	۸۷	بهار	۳۸. بررسی نرم‌افزار تحلیل و طراحی روسازی راه و ارائه گزینه مناسب برای کشور
۲۷/۰۰۰	۸۷	بهار	۳۹. بررسی آزمایشگاهی اثر نوع دانه‌بندی و فضای خالی در بتن آسفالتی و شیار جای چرخ و قیرزدگی در راه‌های کشور
۲۷/۰۰۰	۸۷	تابستان	۴۰. جمع‌آوری و طبقه‌بندی آسیب‌های وارده به پل‌ها در زلزله‌های گذشته
۱۰/۰۰۰	۸۷	تابستان	۴۱. تعیین هدف بهسازی لرزه‌ای پل‌های راه‌آهن
۳۵/۰۰۰	۸۷	تابستان	۴۲. راهنمای طراحی دیوارهای حائل طره‌ای
۱۰/۰۰۰	۸۷	تابستان	۴۳. راهنمای بهسازی لرزه‌ای تکیه‌گاه پل‌ها
۳۵/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۴. راهنمای فعالیت مراکز امدادسانی فنی خودرو در راههای کشور
۱۳/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۵. راهنمای کاربری اراضی اطراف حریم راهها و راه‌آهن
۲۰/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۶. مبانی روشهای طراحی و احداث تونل‌های راه و راه‌آهن در مناطق لرزه‌خیز
۳۵/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۷. راهنمای فعالیت مراکز امدادسانی فنی خودرو در راه‌های کشور
۲۵/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۸. راهنمای بکارگیری سامانه‌های کنترل سرعت هوشمند در جاده‌ها
۴۱/۰۰۰	۸۷	زمستان	۴۹. چارچوب سیستم مدیریت روسازی راهها در ایران
۳۹۰/۰۰۰	۸۷	زمستان	۵۰. مقررات حمل‌ونقل هوایی
۵۵/۰۰۰	۸۷	زمستان	۵۱. الگوی بهینه قیمت‌گذاری و تخصیص پارانه سوخت در بخش حمل‌ونقل زمینی
۴۰/۰۰۰	۸۷	زمستان	۵۲. راهکارهای کاهش هزینه احداث زیرساختهای حمل‌ونقل جاده‌ای
۶۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۵۳. مبانی کاربرد تزریق در سنگ‌های درزه‌دار در تونل‌ها
۷۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۵۴. راهنمای بکارگیری سامانه نظارت تصویری در جاده‌ها
۳۵/۰۰۰	۸۸	بهار	۵۵. ارزیابی اقتصادی انتشار اوراق مشارکت جهت تامین مالی طرح‌های عمرانی وزارت راه و ترابری

۲۷/۰۰۰	۸۸	بهار	۵۶. مبانی فنی و اقتصادی روش‌های حفاری تونل‌های راه و راه‌آهن
۱۲/۰۰۰	۸۸	تابستان	۵۷. طراحی سیستم‌های روشنایی تونل‌های راه
۱۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۵۸. طراحی سیستم‌های ایمنی تونل‌های راه
۲۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۵۹. طراحی سیستم‌های کنترل و برق تونل‌های جاده‌ای
۶۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۶۰. طراحی سیستم‌های تهویه تونل‌های راه
۵۳۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۶۱. مقررات حمل و نقل جاده‌ای
۷۵/۰۰۰	۸۸	تابستان	۶۲. هزینه تصادفات (تئوری و کاربرد)
۲۷۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۶۳. مقررات حمل و نقل ریلی
۱۵/۰۰۰	۸۸	پاییز	۶۴. مبانی نظری تحلیل پل‌های سنگی
۳۵/۰۰۰	۸۸	پاییز	۶۵. بررسی علل بروز خرابی زودرس روسازی‌های آسفالتی
۴۱۰/۰۰۰	۸۸	پاییز	۶۶. مقررات حمل و نقل دریایی
۸۰/۰۰۰	۸۸	زمستان	۶۷. راهنمای طراحی لرزه‌های اسکله
			۶۸. بررسی روش‌های آزمایشگاهی برای کنترل ترک‌های ناشی از بارگذاری و ارائه مدل پیش‌بینی ترک‌های خستگی آسفالت روسازی راه‌های کشور
۴۲/۰۰۰	۸۸	زمستان	
۲۸/۰۰۰	۸۸	زمستان	۶۹. راهنمای جزئیات طرح خط‌کشی در راه‌های برون شهری
۶۴/۰۰۰	۸۸	زمستان	۷۰. پل‌های تاریخی ایران
۸۷/۴۰۰	۸۹	بهار	۷۱. هزینه‌های خارجی حمل و نقل زمینی (شناسایی و بررسی)

### ج) کتب

۱۰۸/۰۰۰	۸۳	تابستان	۱. فرهنگ جامع دریایی
۳۹/۰۰۰	۸۳	تابستان	۲. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)
۷/۰۰۰	۸۳	تابستان	۳. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه
۴۰/۰۰۰	۸۴	پاییز	۴. فرهنگ مصور دریایی (همراه با نسخه الکترونیک)
۱۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۵. اضمحلال راه (در کشورهای در حال توسعه)
۴۵۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۶. مهندسی زلزله مبانی و اصول بارگذاری لرزه‌ای (جلد اول)
			۷. معرفی آثار منتشر شده معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری و پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری
—	۸۶	زمستان	
۵۰/۰۰۰	۸۷	بهار	۸. طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها (جلد اول)
۳۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۹. طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها (جلد دوم)
۷۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۱۰. مدیریت نوین روسازی
۴۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۱. پیام‌های استاندارد در حوادث غیرمترقبه
۴۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۲. طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها (جلد سوم)

### ج) لوح فشرده

۴۷/۵۰۰	۸۴	پاییز	۱. آیین‌نامه ایمنی راهپا (مجموعه هفت جلدی منتشر شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)
۵۰/۰۰۰	۸۴	پاییز	۲. آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران
—	۸۷	تابستان	۳. معرفی آثار منتشر شده (معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری و پژوهشکده حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری)
۵۰/۰۰۰	۸۷	زمستان	۴. تعیین هدف بهسازی لرزه‌ای پل‌های راه‌آهن
۵۰/۰۰۰	۸۷	زمستان	۵. راهنمای بهسازی لرزه‌ای تکیه‌گاه پل‌ها



## فهرست ابلاغیه‌های شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل

عنوان	تهیه کننده	بررسی و تایید	تاریخ انتشار	قیمت
آیین نامه نحوه بارگیری، حمل و مهار ایمن بار وسایل نقلیه باربری جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری	زمستان ۸۴	۵۰/۰۰۰
راهنمای تهیه مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری	زمستان ۸۴	۲۶/۰۰۰
دستورالعمل آزمایشهای استاتیکی شمعه‌ها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ابنیه شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۲۰/۰۰۰
دستورالعمل مطالعات و طراحی سیستمهای ایمنی، روشنایی، تهویه، کنترل و برق تونلهای جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ابنیه شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۲۰/۰۰۰
دستورالعمل تحویل موقت و قطعی راهها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته نظام‌های فنی و اجرایی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۲۰/۰۰۰
راهنمای طراحی و اجرای علائم برجسته راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ایمنی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۶	۳۲/۰۰۰
دستورالعمل بازرسی ایمنی راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ایمنی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۶	۲۲/۰۰۰
راهنمای درزگیری رویه‌های آسفالتی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته زیرسازی و روسازی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۶	۱۱/۰۰۰
راهنمای لکه‌گیری رویه‌های آسفالتی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته زیرسازی و روسازی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۶	۱۶/۰۰۰
دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی طرح‌های حمل و نقل جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته اقتصاد شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۶	۱۲/۰۰۰
دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی طرح‌های حمل و نقل ریلی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته اقتصاد شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۶	۱۲/۰۰۰
راهنمای بکارگیری سامانه‌های هوشمند کنترل سرعت در جاده‌ها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	بهار ۸۷	۲۷/۰۰۰
راهنمای بکارگیری سامانه‌های نظارت تصویری در جاده‌ها هماهنگ با سایر اجزای ITS	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	بهار ۸۷	۱۹/۰۰۰
راهنمای فهرست مطالب مطالعات پلها	دفتر مطالعات فناوری و ایمنی	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۸	۲۲/۰۰۰

عنوان	تهیه کننده	بررسی و تایید	تاریخ انتشار	قیمت
دستورالعمل بازدید ایمنی راه	دفتر مطالعات فناوری و ایمنی	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری- کمیته ایمنی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۹	۲۲/۰۰۰
اولویت های توسعه فنی در امور زیرساختهای جاده ای	دفتر مطالعات فناوری و ایمنی	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری- شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۹	۱۰/۰۰۰

**Ministry of Roads and Transportation  
Deputy of Education Research and Technology**

***Whole Life Costing of Roads  
(Concrete Pavements)***



WORLD ROAD ASSOCIATION – PIARC

ROAD AND TRANSPORTATION MINISTRY  
DEPUTY OF  
EDUCATION, RESEARCH AND TECHNOLOGY  
Web: [www.rahiran.ir](http://www.rahiran.ir)

# Whole Life Costing of Roads (Concrete Pavements)

THE BUREAU OF TECHNOLOGY & SAFETY STUDIES

PIARC SECRETARIAT IN IRAN

90/RRRM/295

ISBN:978-600-5615-21-0



9 786005 615210